

## CONTENIDO

Resumen.....	1
Ambiente, desarrollo sostenible, actividad industrial y gestión ambiental.....	2
La contaminación del ambiente.....	4
La contaminación de la atmósfera.....	5
Contaminantes primarios.....	6
Contaminantes secundarios.....	7
La calidad del aire.....	7
Origen de la contaminación atmosférica.....	8
La calidad del aire en ciudad de Guatemala.....	10
Efectos sobre la salud humana.....	10
La contaminación del agua.....	12
Demanda bioquímica de oxígeno y calidad de agua.....	13
La contaminación del suelo.....	15
Convenios internacionales para mitigar la contaminación atmosférica.....	16
Medidas alternativas para evitar la quema de caña de azúcar, rozar el suelo ..... previamente a la siembra del maíz y medidas para disminuir la contaminación.....	19
Análisis de la legislación de la calidad ambiental en Guatemala.....	21
Manejo tecnológico en actividades industriales generadoras de residuos.....	25
Propuesta sobre el manejo tecnológico industrial.....	27
Industria de curtiembre.....	27
Beneficios de café.....	28
Regeneración de aceite usado.....	28
Producción de azúcar.....	
Propuesta para implementar el uso de tecnologías limpias.....	32
Opinión sobre la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.....	38
Bibliografía.....	40

## RESUMEN

---

En el presente trabajo se examinan, primeramente, los factores deteriorantes o degradantes del ambiente, principalmente aquellos que afectan a sus elementos vitales (organismos vivos, agua, aire, suelo); entre tales factores están la contaminación provocada a los elementos bióticos y abióticos. Se examina el origen de la contaminación atmosférica provocada por fuentes antrópicas y naturales, así como los tipos de contaminantes gaseosos más relevantes; también, los efectos sobre la salud humana. Se indican algunas medidas alternativas, técnicamente viables, en relación a la quema de cañaverales durante la zafra y las rozas previas a la siembra del maíz.

Respecto al elemento agua, se ven sus contaminantes principales así como los tipos relevantes de contaminación, sus causas y efectos. Sobre el recurso suelo, se indican los cambios negativos que sufren sus propiedades.

Se menciona los tratados internacionales tendentes a mitigar la contaminación atmosférica, resaltando la importancia de su contenido en relación al tema objeto de estudio.

Se analiza la legislación de la calidad ambiental en Guatemala, encontrándose que el país mantiene una situación de debilidad en el marco jurídico de protección ambiental.

También se revisa el manejo tecnológico de los procesos productivos de algunas industrias (tenerías, ingenios azucareros, beneficios de café y regeneradores de aceite usado) que producen impacto ambiental alto, y se proponen medidas para la disminución en la generación de residuos contaminantes con un enfoque de eficiencia productiva, de calidad ambiental y desarrollo sostenible.

Se propone la implementación del uso de Tecnologías Limpias en la industria con una base conceptual de minimizar la generación de residuos en su origen y dentro del marco de la gestión ambiental.

Finalmente, sobre la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente se hace ver que ésta no es operacionalizable a la fecha debido a que su respectivo reglamento no está oficializado. Adicionalmente, es necesario emitir los reglamentos para cada uno de los elementos abióticos del ambiente, de los cuales ya existen propuestas.

## **1. AMBIENTE, DESARROLLO SOSTENIBLE, ACTIVIDAD INDUSTRIAL Y GESTIÓN AMBIENTAL**

La Tierra se formó hace unos 4 600 millones de años; la vida apareció hace unos 3 500 millones de años bajo la forma de organismos unicelulares y bacterias, y desde hace 400 millones de años los organismos vivos comenzaron a colonizar los continentes. Finalmente, hace 100 000 años apareció la especie humana y más recientemente hace unos 10 000 años la misma inició el desarrollo de centros poblados, la agricultura y la domesticación de animales y plantas.

Desde ese entonces la población humana mundial ha crecido continuamente y desde principios del siglo XVIII aumentó 8 veces; la expectativa de vida se duplicó y la actividad económica se ha venido globalizando, estimándose una población actual mayor de 6 000 millones de personas. Esto evidencia la evolución de la raza humana desde una posición de influencia despreciable hasta una posición actual de gran significación como agente de cambio global.

La Tierra en su conjunto (agua, aire, suelo y seres vivos) integra un solo cuerpo llamado biósfera. Pese a que no todos los actos del ser humano afectan a la biósfera, éste se considera el principal transformador del ambiente en razón del carácter y alcance de sus actividades relativas al entorno. La actitud humana hacia el ambiente se ha transformado gradualmente desde la exploración hasta la explotación de los recursos del planeta.

La práctica de explotación se generalizó a partir del siglo XVII, dando origen a un proceso de deterioro cada vez más importante del medio natural y del ambiente hasta que, hace algunos años en varias regiones, se empezó a evidenciar el agotamiento de los suelos, los cursos de agua contaminados, algunas especies animales y vegetales a punto de extinguirse, la destrucción de bosques y las ciudades poco habitables (debido principalmente a la disminución de la calidad del aire por efecto de contaminación.)

Por otra parte, la tecnología moderna ha aumentado la cantidad de productos de desecho que se convierten en contaminantes. Incluso algunas de esas sustancias que ayudan al desarrollo agrícola, al industrial y al cuidado de la salud, tienen efectos secundarios adversos que se han reconocido mucho después de haberlas puesto en uso (por ejemplo los freones.)

En síntesis, los componentes de este crecimiento poblacional y la globalización de la actividad humana que tienen un mayor impacto en el medio ambiente son:

- las excretas, propias de la naturaleza del ser vivo,
- la agricultura,
- la energía,
- la industria; en este caso la contaminación es un fenómeno global que afecta al ambiente industrial interno y a los medios receptores externos (agua, aire, suelo.)

El reconocimiento de que la humanidad debe aprender a servirse del ambiente sin destruirlo provocó que en el año 1972 las Naciones Unidas convocaran a una Conferencia Internacional sobre el Medio Ambiente en Estocolmo. En esta reunión surgieron dos posiciones antagónicas: a) la detención de la contaminación para mejorar la calidad de vida, y b) el desarrollo a costa de la contaminación. A partir de ese momento se inició una evolución en la forma de enfocar los asuntos ambientales. En la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, "La Cumbre de la Tierra", celebrada en Río de Janeiro en el año 1992, se señaló al mundo y sus dirigentes la importancia y urgencia

USAC-DIGI

de adoptar medidas para proteger el ambiente y encontrar la manera de que la interacción personas-ambiente asegure el desarrollo sostenible de la sociedad humana. La II Cumbre de la Tierra celebrada en el año 1992 en Nueva York tuvo como principal objetivo constatar el grado de cumplimiento de las decisiones tomadas en Río de Janeiro. Durante ésta se comprobó que los objetivos acordados en la I Cumbre no se habían cumplido, sobre todo en lo referente a emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Entre las nuevas ideas aportadas en esta Cumbre destacan la de crear una Organización Mundial del Medio Ambiente y la de establecer un tribunal internacional para conflictos sobre problemas ecológicos.

El Desarrollo Sostenible se define como «la satisfacción de las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades» (World Commission on Environment and Development -WCED-.) Dentro de este concepto, la protección ambiental además de constituir una condición imprescindible para el crecimiento económico y el bienestar, actúa como motor de desarrollo a causa del gran esfuerzo de gestión, avance tecnológico e inversión que tal protección exige.

El desarrollo sostenible refleja una elección de valores para desarrollar las actividades en el planeta, tales como la igualdad de personas ahora y entre esta generación y las generaciones futuras.

Por otro lado, se trata de un proceso a realizar también con urgencia ya que el mundo está habitado al presente por unos 6 000 millones de habitantes que cada año consumen el 40% de la materia orgánica fijada por fotosíntesis sobre la Tierra y cuya distribución, bienestar e impacto sobre el ambiente varía enormemente entre países.

En cuanto a la industria y el ambiente, se están produciendo cambios sustanciales en las relaciones entre los conceptos *desarrollo industrial* y *protección del entorno natural* considerados antagónicos tiempo atrás. Estos cambios significan pasar de la preocupación por la lucha contra la contaminación a darle cada vez más importancia a su integración con el factor económico.

En efecto, la economía clásica trata a la contaminación derivada de un determinado agente como un efecto negativo de la actividad de ese agente, que no se refleja en sus costos o beneficios internos; es decir, se hace uso gratuito de bienes públicos (agua, atmósfera, suelo) que no tienen precio. Este concepto está cambiando; actualmente se tiende a la modificación y desarrollo de nuevos procesos industriales que reducen drásticamente la contaminación y también la recuperación de subproductos, de agua y de energía (reciclaje.) Hoy la armonización entre la competitividad y la protección ambiental es una condición necesaria para la expansión industrial.

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

- identificar los costos ambientales indeseados generados por el ciclo producción-consumo que perturba al ciclo ecológico natural,
- cuantificar los costos en la medida de lo posible,
- asignar responsabilidades,
- interrumpir el proceso de transferencia de dichos costos.

Como resultado de la gestión ambiental se obtiene en primer lugar una disminución en los costos ambientales; y el esfuerzo de minimizar estos costos desencadena en la industria modificaciones profundas que no sólo afectan a la forma de producir sino que repercuten en la selección de los objetivos sociales, en los procesos de investigación y el desarrollo de nuevos productos, en la estrategia comercial, en los esquemas organizativos y en los sistemas de gestión y control. El resultado final podrá ser el aumento de la competitividad como consecuencia de la integración de la función ambiental a la gestión de la calidad total de la empresa.

## 2. LA CONTAMINACIÓN DEL AMBIENTE

### DEFINICIONES DE AMBIENTE

- i) Conjunto de elementos abióticos (agua, aire, suelo y energía solar) y bióticos (organismos vivos) que integran la biósfera, sustento y hogar de los seres vivos.
- ii) Entorno en el que una organización opera; incluye agua, atmósfera, suelo, recursos naturales, flora, fauna, seres humanos y sus interrelaciones.

### CONTAMINACIÓN Y CONTAMINANTE

**Contaminación** es la polución que produce o puede producir efectos nocivos para los seres vivos y/o afectar la higiene pública.

**Contaminante** es toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía térmica, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido que al incorporarse o actuar con el agua, la atmósfera, el suelo, la flora, la fauna o cualquier elemento ambiental, alteren o modifiquen su composición o afecten la salud humana.

### Factores deteriorantes o degradantes del ambiente natural y construido

Los factores que se consideran susceptibles de deteriorar o degradar el ambiente, principalmente a sus componentes naturales son:

- a) La contaminación del agua, el aire, el suelo, la flora, la fauna u otros componentes básicos del ambiente.
- b) La erosión, salinización, alcalinización, pestización, inundación, sedimentación y desertificación de suelos y tierras.
- c) La tala o destrucción injustificada o indiscriminada de árboles o arbustos; los incendios forestales, las rozas o fuego no practicados bajo la forma de quemas controladas, y la explotación extractiva de bosques, praderas u otras formaciones vegetales.
- d) El sobrecultivo, el monocultivo en áreas inapropiadas, el sobrepastoreo, el regadío defectuoso de los suelos y, en general, cualquier práctica cultural de la que puedan seguirse efectos nocivos para los componentes básicos del ambiente.
- e) La expansión desaprensiva de las fronteras agropecuarias a expensas de suelos con vocación forestal.
- f) La alteración de las condiciones naturales de sedimentación en cursos, masas o depósitos de agua.
- g) Las alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas.

USAC-DIGI

- h) Los cambios nocivos y la utilización indebida del lecho o fondo de las aguas.
- i) La sobreexplotación de la flora silvestre y su recolección más allá de los límites de su regeneración natural sostenible.
- j) La sobreexplotación de la fauna salvaje, su matanza y su captura más allá de los límites de su regeneración natural sostenible.
- k) La eliminación, destrucción o degradación del hábitat de las entidades taxonómicas florísticas o faunísticas consideradas en peligro, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas.
- l) La aplicación masiva o indiscriminada de plaguicidas o de fertilizantes.
- m) La introducción o distribución de variedades vegetales o animales exóticas.
- n) La introducción o propagación de enfermedades o plagas vegetales o animales.
- ñ) La utilización de productos o sustancias de muy lenta biodegradación.
- o) La acumulación o disposición inadecuada de residuos, basuras, desechos o desperdicios.
- p) La producción de ruidos, trepidaciones o vibraciones molestos o nocivos.
- q) La modificación de los elementos o factores que determinen el clima.
- r) La destrucción o alteración innecesaria o antiestética del paisaje.
- s) El establecimiento de asentamientos humanos y la realización de actividades industriales o mineras en áreas silvestres colocadas bajo protección oficial.
- t) El uso y abuso de materiales fisionables.
- u) En general, cualquier acto u omisión que altera negativamente la composición, comportamiento o potencialidad natural de los componentes básicos del ambiente; amenace la viabilidad genética de la tierra o atente contra la vida, salud, integridad o desarrollo del ser humano o de los vegetales o animales.

Los factores que se consideran susceptibles de deteriorar o degradar el ambiente, principalmente a sus componentes construidos son:

- a) La escasez de vivienda y el hacinamiento residencial.
- b) La falta de servicios e instalaciones básicas de la vivienda.
- c) El exceso de asentamientos provisorios.
- d) La mala localización de las áreas industriales.
- e) La falta y mala distribución de las áreas verdes.
- f) El inadecuado sistema de recolección, transporte y disposición final de la basura.
- g) El servicio de transporte público ineficiente.
- h) La escasez, inadecuación y provisión no conmensurada de las infraestructuras.
- i) La inadecuada distribución, localización, cuantía y calidad del equipamiento.
- j) La urbanización en suelos agrícolas escasos y en terrenos inapropiados desde el punto de vista de la resistencia mecánica y el saneamiento.
- k) La destrucción, alteración profunda o falta de prevención del patrimonio histórico y cultural.
- l) Los desequilibrios regionales y la segregación socioespacial que se observan en los asentamientos humanos.

## **2.1 LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA**

### **2.1.1 La atmósfera**

Atmósfera es la envoltura gaseosa de unos 200 kilómetros de espesor que rodea la Tierra. Constituye el principal mecanismo de defensa de las distintas formas de vida. Una de las funciones más importantes que realiza la

atmósfera es proteger a los seres vivos de los efectos nocivos de las radiaciones solares ultravioleta. La Tierra recibe todo un amplio espectro de radiaciones procedentes del Sol, que terminarían con toda forma posible de vida sobre su superficie de no ser por el ozono y el oxígeno de la atmósfera, que actúan como un filtro absorbiendo parte de las radiaciones ultravioleta.

### 2.1.2 La contaminación atmosférica

Se entiende por contaminación atmosférica la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad de la misma, de modo que implique riesgos, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza.

Todas las actividades humanas, el metabolismo de la materia humana y los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la Tierra van acompañados de emisiones de gases, vapores, polvos y aerosoles. Estos, al difundirse a la atmósfera, se integran en los distintos ciclos biogeoquímicos que se desarrollan en la Tierra.

*De la definición de contaminación atmosférica dada arriba, se desprende que el que una sustancia sea considerada contaminante o no, dependerá de los efectos que produzca sobre sus receptores. Se consideran contaminantes aquellas sustancias que pueden dar lugar a riesgo o daño para las personas o bienes en determinadas circunstancias.*

Con frecuencia los contaminantes naturales ocurren en cantidades mayores que los productos de las actividades humanas, los llamados contaminantes antropogénicos. Sin embargo, los contaminantes antropogénicos presentan la amenaza más significativa a largo plazo para la biósfera (cuadro 1.)

**Cuadro 1**  
**CONTAMINANTES NATURALES DEL AIRE**

<b>Fuente</b>	<b>Contaminante</b>
Volcanes	Óxidos de azufre, partículas
Fuegos forestales	Monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas
Vendavales	Polvo
Plantas (vivas)	Hidrocarburos, polen
Plantas (en descomposición)	Metano, sulfuro de hidrógeno
Suelo	Virus, polvo
Mar	Partículas de sal.

Una primera clasificación de estas sustancias, atendiendo a cómo se forman, es la que distingue entre contaminantes primarios y contaminantes secundarios.

#### **Contaminantes primarios:**

Son aquellas sustancias contaminantes que son vertidas directamente a la atmósfera; provienen de muy diversas fuentes dando lugar a la llamada contaminación convencional. Su naturaleza física y su composición química es muy variada, si bien podemos agruparlos atendiendo a su peculiaridad más característica tal como su estado físico (caso de partículas y metales), o elemento químico común (caso de los contaminantes gaseosos.)

Entre los contaminantes atmosféricos más frecuentes que causan alteraciones en la atmósfera se encuentran:

- Aerosoles (en los que se incluyen las partículas sedimentables, en suspensión y los humos).
- Óxidos de azufre, SO<sub>x</sub>.
- Monóxido de carbono, CO.
- Óxidos de nitrógeno, NO<sub>x</sub>.
- Hidrocarburos, CH
- Ozono, O<sub>3</sub>.
- Dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>

Además de estas sustancias, en la atmósfera se encuentran una serie de contaminantes que se presentan más raramente, pero que pueden producir efectos negativos sobre determinadas zonas por ser su emisión a la atmósfera muy localizada. Entre otros, se encuentra como más significativos los siguientes:

- a) Otros derivados del azufre.
- b) Halógenos y sus derivados.
- c) Arsénico y sus derivados.
- d) Componentes orgánicos.
- e) Partículas de metales pesados y ligeros, como el plomo, mercurio, cobre, cinc.
- f) Partículas de sustancias minerales, como el amianto y los asbestos.
- g) Sustancias radiactivas.

### **Contaminantes secundarios:**

Los contaminantes atmosféricos secundarios no se vierten directamente a la atmósfera desde los focos emisores, sino que se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la misma.

Las principales alteraciones atmosféricas producidas por los contaminantes secundarios son:

- a) La contaminación fotoquímica.
- b) La acidificación del medio.
- c) La disminución del espesor de la capa de ozono.

### **La calidad del aire (inmisiones):**

La exigencia de un aire limpio y puro proviene, en principio, del público en general ante su creciente preocupación por los problemas de contaminación atmosférica originados como consecuencia de la evolución de la tecnología moderna y la previsión de que las cada vez mayores emisiones de contaminantes a la atmósfera alteren el equilibrio natural existente entre los distintos ecosistemas, afecten la salud de los humanos y a los bienes materiales o incluso, provoquen cambios catastróficos en el clima terrestre.

La atmósfera terrestre es finita y su capacidad de autodepuración, aunque todavía no es muy conocida, también parece tener sus límites. La emisión a la atmósfera de sustancias contaminantes en cantidades crecientes como consecuencia de la expansión demográfica mundial y el progreso de la industria, han provocado ya concentraciones de

estas sustancias a nivel del suelo que han ido acompañadas de aumentos espectaculares de la mortalidad y morbilidad, existiendo pruebas abundantes de que, en general, las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire atentan contra la salud de los seres humanos.

En la mayoría de los países industrializados se han establecido valores máximos de concentración admisible para los contaminantes atmosféricos más característicos. Estos valores se han fijado a partir de estudios teóricos y prácticos de los efectos que sobre la salud tiene la contaminación al nivel actual y los que puede alcanzar en el futuro. Los efectos se basan principalmente en el examen de factores epidemiológicos.

Para la definición de criterios y pautas de salubridad del aire, se pueden utilizar varios procedimientos. Las técnicas experimentales se basan en el ensayo con animales o en el empleo de muestras de voluntarios en atmósferas controladas. Son muy útiles para el estudio de los efectos fisiológicos, bioquímicos y sobre el comportamiento, producidos por supuestos contaminantes. Los estudios epidemiológicos permiten investigar los efectos producidos por las fluctuaciones de la contaminación atmosférica sobre la totalidad de la población, o sobre grupos seleccionados y definidos.

Determinar los efectos de la contaminación del aire es sumamente complejo, ya que la asociación entre un contaminante y una enfermedad o una defunción puede ser más accidental que causal. Las relaciones existentes entre las enfermedades humanas por la exposición a niveles bajos de contaminación durante un período largo de tiempo no se conocen en la actualidad con exactitud.

En la evaluación de riesgos asociados a la contaminación y para la fijación de normas de calidad del aire lo ideal sería disponer de una serie completa de curvas dosis-respuesta para los distintos contaminantes atmosféricos, para los diferentes efectos y para los distintos tipos de población expuesta. De momento no se dispone de esta información, para todos los contaminantes atmosféricos y aún es más difícil que llegue a reunirse para las combinaciones de sustancias que más frecuentemente se encuentran en el aire.

Para tratar de evitar las lagunas e imprecisiones con que se conocen las relaciones dosis-respuesta y dado que, generalmente, está aceptado que ciertas concentraciones de contaminantes atmosféricos provocan efectos nocivos sobre la salud humana, se suele recurrir a la utilización de un coeficiente de seguridad cuando se fijan las normas sobre la calidad del aire. La magnitud del coeficiente de seguridad adoptado depende de muy diversas consideraciones; puede tratarse de consideraciones políticas en las que se tenga en cuenta, sobre todo, los análisis «beneficio-costos», o de la significación estadística y de la exactitud de los datos, o del grado de protección que se quiere dar a la población.

En la mayoría de los países, las normas de calidad del aire tienen como objetivo inmediato el evitar enfermedades y fallecimientos en aquellos subgrupos de la población más sensibles. Hay que tener en cuenta que el objetivo a largo plazo ha de ser de protección contra todo posible efecto sobre la salud del ser humano, incluidas las alteraciones genéticas y somáticas.

Generalmente, la calidad del aire se evalúa por medio de los denominados niveles de inmisión, que vienen definidos como la concentración media de un contaminante presente en el aire durante un período de tiempo determinado. La unidad en que se expresan normalmente estos niveles son microgramos de contaminante por metro cúbico de aire, medidos durante un período de tiempo determinado.

### **Origen de la Contaminación Atmosférica (emisiones):**

Los contaminantes presentes en la atmósfera proceden de dos tipos de fuentes emisoras bien diferenciadas: las naturales y las antropogénicas. En el primer caso la presencia de contaminantes se debe a causas naturales, mientras que en el segundo tiene su origen en las actividades humanas.

Las emisiones primarias originadas por los focos naturales provienen fundamentalmente de los volcanes, incendios forestales y descomposición de la materia orgánica en el suelo y los océanos. Por su parte, los principales focos antropogénicos de emisiones primarias se clasifican en:

- Focos fijos (procesos industriales, instalaciones fijas de combustión y de calefacción.)
- Focos móviles (aeronaves y buques.)
- Focos compuestos (aglomeraciones industriales, áreas urbanas.)

Los principales focos de contaminación atmosférica de origen antropogénico son las chimeneas de las instalaciones de combustión para generación de calor y energía eléctrica, los tubos de escape de los vehículos automotrices y los procesos industriales que liberan cantidades adicionales de SO<sub>2</sub> o provocan liberación de clorofluorcarbonos (CFC) e incluso metales tóxicos en el aire. Por su parte las actividades agrícolas provocan emisiones de varios gases, por ejemplo:

- la quema de bosques y de biomasa libera dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y metano;
- los suelos tratados con fertilizantes nitrogenados emiten óxidos de nitrógeno.

El resultado de las interacciones atmosféricas entre óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y el ion hidroxilo (OH) es la *lluvia ácida* (ácido nítrico y ácido sulfúrico que se disuelven en el agua atmosférica precipitándose sobre la tierra.)

Con la denominación de *smog* se hace referencia a la mezcla de gases que se forma en las partes bajas de la tropósfera. La radiación solar actúa sobre emisiones antrópicas, en particular NO<sub>x</sub> e hidrocarburos (precursores) de los gases de escape de los vehículos, dando origen a gases reactivos (aldehidos, ozono) que afectan a los organismos vivos. Por lo general se produce en las ciudades y sus alrededores. El ozono es el producto resultante más importante de estas reacciones y es el responsable de irritación a los ojos, mal funcionamiento pulmonar y daño a árboles y cultivos.

En las últimas décadas, el automóvil ha aparecido de forma masiva en las ciudades, contribuyendo a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten por los tubos de escape. Los principales contaminantes lanzados por los automóviles son: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados y compuestos de plomo.

No todos los vehículos lanzan los distintos tipos de contaminantes en las mismas proporciones; éstas dependerán del tipo de motor que se utilice. Los vehículos que emplean gasolina como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y compuestos de plomo.

Los principales contaminantes emitidos por los vehículos que utilizan motores de ciclo diésel (camiones y autobuses, por ejemplo) son partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso procedente del azufre contenido en el combustible.

Entre las distintas fuentes de contaminación atmosférica de origen industrial, el uso de combustibles fósiles para la generación de calor y electricidad ocupa un lugar preponderante, tanto por la cantidad como por los tipos de contaminantes emitidos. Especial atención merecen las centrales térmicas de producción de electricidad. Los combustibles utilizados por este tipo de instalaciones son el carbón y el *fuel-oil*. La producción de contaminantes depende en gran medida de la calidad del combustible, en especial de las proporciones de azufre y cenizas contenidas en el mismo y del tipo de proceso de combustión empleado. Durante el proceso de combustión se libera a la atmósfera el azufre contenido en el combustible en forma de anhídrido sulfuroso; junto con otros contaminantes como óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, metales pesados y una gran variedad de sustancias. Cuando se utiliza como combustible el carbón, se emiten abundantes partículas finas que pueden ser trasladadas a grandes distancias.

La contaminación de origen industrial se caracteriza por la gran cantidad de contaminantes producidos en las distintas fases de los procesos industriales y por la variedad de los mismos. Por otra parte, en los focos de emisión industriales se suelen combinar las emisiones puntuales, fácilmente controlables, con emisiones difusas de difícil control.

Los tipos de contaminantes producidos por los focos industriales dependen fundamentalmente del tipo de proceso de producción empleado, de la tecnología utilizada y de las materias primas usadas.

### **La calidad del aire en ciudad de Guatemala**

Durante el año 1 999 se ejecutó el proyecto de monitoreo del aire en ciudad de Guatemala. Para el año 2 001 se inició un plan piloto de calidad de aire para la república de Guatemala. (Oliva, E., 2 001.).

El laboratorio de monitoreo del aire realiza periódicamente mediciones de algunos de los contaminantes del aire más significativos. Actualmente se miden las partículas totales en suspensión (PTS), las partículas totales en suspensión menores a 10 micrometros PM10, el dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub>, el ozono O<sub>3</sub>, el monóxido de carbono CO.

En Guatemala el parque automotor representa aproximadamente el 70% de las fuentes generadoras de contaminantes del aire; el 30% restante la generan las actividades industriales y domésticas.

Los resultados indican que los contaminantes mayormente presentes en los puntos de muestreo son las PTS y las PM10, las cuales se incrementaron significativamente desde el año 1 995. El comportamiento de los contaminantes gaseosos es altamente susceptible a las condiciones climatológicas como humedad relativa del aire, precipitación pluvial, velocidad y dirección del viento.

Las conclusiones del estudio indican:

- El mayor contaminante son las PTS, las cuales exceden los promedios anuales sugeridos para todas las estaciones de muestreo.
- Las PM10 superan los promedios anuales sugeridos para algunas de las estaciones de muestreo, lo cual representa un riesgo a la salud pública.
- El NO<sub>2</sub> también excede los valores promedio anuales que superan el límite sugerido por la Organización Mundial de la Salud, el cual representa riesgo para el sistema respiratorio.
- El CO y el O<sub>3</sub> no tienen valores promedio que rebasen el límite sugerido por la OMS.

- Desde el año 1 995 hasta el 2 000 se incrementó anualmente la cantidad de PTS y PM10 en ciudad de Guatemala, lo cual es un riesgo para la salud humana, animal y vegetal, así como impide la visibilidad en el valle de la ciudad capital.

### **Efectos producidos por la contaminación atmosférica**

La contaminación atmosférica apareció primero como una molestia grave pero, posteriormente, se ha convertido en una amenaza para la calidad de la vida, ya que una contaminación excesiva puede poner en peligro la salud y llegar a convertir algunas zonas en lugares no aptos para ser normalmente habitados.

Los efectos producidos por la contaminación atmosférica dependen principalmente de la concentración de contaminantes, del tipo de contaminantes presentes, de tiempo de exposición y de las fluctuaciones temporales en las concentraciones de contaminantes, así como de la sensibilidad de los receptores y los sinergismos entre contaminantes. Hay que tener muy en cuenta la graduación del efecto a medida que aumentan la concentración y el tiempo de exposición.

### **EFFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA**

Las relaciones existentes entre las enfermedades humanas y la exposición a la contaminación no son sencillas ni se conocen con exactitud. No obstante, existen pruebas abundantes de que en general las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire son peligrosas para los seres humanos (y animales).

Los efectos que producen sobre la salud se ponen claramente de manifiesto, como se ha observado en Londres, Nueva York y Osaka entre otras ciudades, por el aumento de la mortalidad, sobre todo en las personas de edad avanzada o en los individuos más sensibles por cualquier razón. Más difíciles de discernir son los efectos que, a largo plazo, pueden producir las exposiciones episódicas a elevadas concentraciones medias y bajas de contaminantes.

Se ha comprobado la relación existente entre la contaminación atmosférica, producida por partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso y la aparición de bronquitis crónica caracterizada por la producción de flemas, la exacerbación de catarrros y dificultades respiratorias tanto en los hombres como en las mujeres adultas. Se ha observado igualmente que cuando las concentraciones tanto de SO<sub>2</sub> como de partículas en suspensión superan los 500 microgramos/metro cúbico de aire, como promedio de 24 horas, se produce un aumento de la mortalidad en la población en general, siendo los grupos más sensibles los individuos con procesos cardíacos o pulmonares. Con promedios diarios de 250 microgramos/m<sup>3</sup> de SO<sub>2</sub> y de humos se ha registrado el empeoramiento en los enfermos con afecciones pulmonares.

Hay que destacar que las concentraciones de partículas en suspensión y de SO<sub>2</sub> que pueden provocar la aparición de efectos sobre la salud pueden variar de un lugar a otro según cuáles sean las características físicas y químicas de las partículas, y en función de la presencia en el aire de otros contaminantes que puedan producir efectos sinérgicos con aquellos.

La presencia en el aire de elevadas concentraciones de monóxido de carbono (CO) representa una amenaza para la salud. El CO inhalado se combina con la hemoglobina de la sangre, dando lugar a la formación de carboxihemoglobina, lo que reduce la capacidad de la sangre para el transporte de oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos. Se ha comprobado que una saturación de carboxihemoglobina por encima del 10% puede provocar efectos sobre la función psicomotora que se manifiesta con síntomas de cansancio, cefaleas y alteraciones de la coordinación. Por encima del 5% de saturación se producen cambios funcionales cardíacos y pulmonares y se

aumenta el umbral visual. No se han encontrado pruebas que indique efectos significativos con una concentración de carboxihemoglobina inferior al 2%.

Los óxidos de nitrógeno, NOx, son contaminantes igualmente peligrosos para la salud. La mayor parte de los estudios relativos a los efectos de los NOx se han ocupado, sobre todo, del NO2 ya que es el más tóxico. Los efectos producidos por el NO2 sobre los animales y los seres humanos afectan, casi por entero, al tracto respiratorio. Se ha observado que una concentración media de 190 microgramos de NO2 por metro cúbico de aire, superada el 40% de los días, aumenta la frecuencia de infecciones de las vías respiratorias en la población expuesta.

Otros tipos de contaminantes que afectan a la salud humana son los oxidantes fotoquímicos. Se han realizado estudios epidemiológicos en la ciudad de Los Angeles y no se descubrió ningún aumento de mortalidad como consecuencia de episodios de contaminación fotoquímica, cuando las concentraciones de oxidantes variaban entre 0.5 y 0.9 ppm. No obstante, se ha observado que los oxidantes fotoquímicos tienen efectos nocivos sobre la salud, produciendo irritación de los ojos y mucosas. Los oxidantes fotoquímicos afectan especialmente a las personas con afecciones asmáticas y broncopulmonares, en los que se han observado crisis asmáticas y disminución de la función pulmonar cuando las concentraciones atmosféricas de oxidantes eran superiores a 500 microgramos por metro cúbico de aire.

Los metales tóxicos presentes en el aire representan una amenaza para la salud humana cuando se inhalan en cantidades suficientes, debido a la tendencia que presenta el organismo a su acumulación. Por su importancia, se destacan los efectos producidos por el plomo sobre la salud humana. Los compuestos inorgánicos del plomo atmosférico son absorbidos por los humanos, principalmente a través del sistema respiratorio, alcanzando el torrente sanguíneo aproximadamente el 35% del plomo inhalado por los pulmones. Una vez incorporado el plomo a la corriente sanguínea, una parte se almacena en los huesos y otra se expulsa por la orina, en una continua fase de renovación en el organismo. A partir de ciertas cantidades puede producir efectos adversos en el comportamiento, afectan la inteligencia de los niños y ser causa de anomalías en los fetos de madres gestantes. Los adultos, por lo general, son menos sensibles que los niños a los efectos del plomo, pero una acumulación excesiva en el organismo puede producir serios e irreversibles daños en su sistema nervioso.

Otras sustancias tóxicas presentes en el aire tales como el cadmio, amianto, el cloruro de vinilo, el benzo-a-pireno, varios compuestos orgánicos halogenados y el benceno pueden provocar modificaciones genéticas y malformaciones en los fetos, siendo algunos de ellos cancerígenos.

## **2.2 LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

### **2.2.1 El agua**

El agua es el compuesto más relevante de la Tierra. Permite la aparición y la evolución de la vida y es un constituyente esencial de todos los seres vivos. Es tan importante que el futuro puede verse significativamente afectado si no se logran mejoras mundiales en el manejo de los recursos hídricos. El agua es cada vez más escasa a medida que la población, la industria y la agricultura crecen.

### **2.2.2 Ciclo hidrológico**

El agua migra sin cesar sobre la Tierra. Los océanos y mares que constituyen más del 90% de la hidrosfera liberan vapor de agua que se condensa y cae como lluvia. Esta evaporación y condensación constituyen el ciclo hidrológico de la naturaleza que deja unos 9 000 km<sup>3</sup> de agua disponible para su empleo por la humanidad; volumen suficiente para sustentar a unos 20 000 millones de personas. Sin embargo, como la población mundial y el agua no están distribuidos de una manera uniforme, la disponibilidad local de agua varía ampliamente.

La lluvia es la fuente de todo abastecimiento de agua; una parte de ésta escurre como agua superficial en la forma de arroyos y ríos; otra parte penetra en el suelo y se convierte en agua subterránea; el resto lo toma la vegetación o se evapora. Parte de esas precipitaciones se contaminan con gases y partículas introducidas en la atmósfera como consecuencia de la actividad antrópica. Una vez sobre la superficie de la Tierra el agua escurre y se carga con materiales disueltos y partículas de detritus naturales y de los residuos de la sociedad humana.

### **2.2.3 Impurezas y contaminantes del agua**

En sentido estricto no hay producto químico puro. En el caso del agua, todo lo que se encuentra en ella y no es agua es una impureza; ésta se considera como contaminante cuando su concentración alcanza un valor tal que pueden dañar la salud pública, la vida acuática, o afectar los procesos industriales.

En la naturaleza las impurezas presentes en el agua rara vez superan el 1%, salvo en el agua del mar que contiene alrededor del 3% de sales minerales disueltas, y también en algunos residuos industriales líquidos. La introducción de impurezas o contaminantes en el agua está vinculada a las lluvias, naturaleza geológica del manto por donde percola el agua subterránea y las actividades naturales y antrópicas. Estas sustancias pueden estar disueltas o en suspensión. Los contaminantes más comunes son:

- sales inorgánicas disueltas (producen dureza y pueden causar impotabilidad),
- ácidos y álcalis (modifican el pH),
- sólidos en suspensión y material flotante (reducen la cantidad de oxígeno absorbida del aire y causan el desarrollo de condiciones anaeróbicas),
- materiales tóxicos (dañan la fauna y flora acuáticas)
- corrientes de agua caliente (dañan peces y reducen el contenido de oxígeno disuelto),
- materiales consumidores de oxígeno (compuestos orgánicos que se oxidan consumiendo el oxígeno disuelto en el agua hasta agotarlo.)

### **2.2.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y calidad de agua**

La cantidad de oxígeno disuelto que se encuentra presente es un indicador importante de la calidad del agua. El oxígeno es necesario para los peces y otras formas de vida acuática. Los peces de agua fría necesitan aproximadamente 5 mg/L o ppm (partes por millón) de oxígeno disuelto para poder sobrevivir. A 2 ppm comienza la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. El agua totalmente saturada con aire a 1 atm y 20°C contiene aproximadamente 9 ppm de O<sub>2</sub>. Las bacterias aeróbicas consumen oxígeno disuelto y lo utilizan para oxidar los materiales orgánicos y convertirlos en alimentos que satisfagan sus necesidades energéticas. El material orgánico que las bacterias oxidan se conoce como biodegradable. Esta oxidación se realiza mediante un grupo complejo de reacciones químicas y los materiales orgánicos desaparecen de manera gradual. El carbono, el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno, el azufre y el fósforo se degradan en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, iones nitrato, sulfato y fosfatos en los materiales

biodegradables. Estas reacciones de oxidación algunas veces disminuyen la cantidad de oxígeno disuelto a tal grado que las bacterias aeróbicas no pueden sobrevivir. Las bacterias anaeróbicas pueden sobrevivir en estos procesos de descomposición formando productos tales como metano, ácido sulfhídrico, amoníaco y fosforo de hidrógeno que contribuyen a los malos olores de algunas aguas contaminadas.

Una medida de la capacidad de un desecho para consumir el oxígeno disuelto en agua se conoce como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), y es el factor que se utiliza normalmente para determinar la importancia de un residuo; la DBO es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer toda la materia orgánica biodegradable que se encuentra en el agua. El significado de este término se explica así: la descomposición de la materia orgánica en aguas residuales, llevada a cabo por organismos anaeróbicos, determina la oxidación más o menos completa de la misma. Esta acción es beneficiosa y las aguas resultantes se consideran *estabilizadas*. Los microorganismos presentes en las aguas residuales son aerobios, anaerobios o facultativos. Las bacterias aerobias oxidan la materia orgánica consumiendo oxígeno durante este proceso; la cantidad de oxígeno consumido es proporcional a la materia orgánica presente. En tanto que exista oxígeno disponible en las aguas residuales, la descomposición microbiana aerobia prosigue hasta que la demanda de oxígeno quede satisfecha. Esto indica que los microorganismos aerobios han oxidado toda la materia orgánica que son capaces de oxidar. La cantidad de oxígeno consumido durante este proceso es la DBO.

La prueba de la DBO en el laboratorio se efectúa diluyendo la muestra de aguas residuales con agua que contiene disuelta una cantidad conocida de oxígeno, haciéndose una incubación durante 5 días a 20°C (DBO5); a continuación se determina la cantidad de oxígeno presente y de ella se deduce la cantidad consumida. Los resultados se expresan en partes por millón (ppm.).

Además, la polución total presente se puede estimar mediante la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la cual es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar mediante un compuesto químico oxidante la materia inorgánica y orgánica presente en una muestra de agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

Los efluentes con valores altos de DBO provienen de aguas residuales domésticas e industriales. Un valor bajo de DBO no quiere decir necesariamente que la contaminación del agua sea baja o tolerable, ya que éste puede deberse a que la toxicidad afecte también a los microorganismos depuradores. Además, la contaminación puede ser totalmente química y no biológica, como la producida por metales pesados.

La concentración de un residuo industrial se pone de manifiesto enunciando el número de personas o población equivalente (PE) necesario para producir la misma cantidad de residuos. La PE se expresa en función de: i) volumen medio del efluente diario (m<sup>3</sup>/día); ii) la DBO (mg/L o g/m<sup>3</sup>); iii) un valor medio de 54 g de DBO/persona-día. Así, PE se calcula con la expresión siguiente:

$$PE = \frac{V \times DBO}{54} = [N^{\circ} \text{ de personas}]$$

Para preservar la calidad del agua también se necesita conocer la caracterización de las aguas residuales domésticas (efluente cloacal) así como los tipos relevantes de su contaminación (cuadros 2 y 3.)

**Cuadro 2**  
**Caracterización de aguas residuales domésticas.** (Prando, 1 996.)

Parámetro	Valor
Volumen	225 L/persona-día <sup>1</sup>
DBO5	260 mg/L
Sólidos en suspensión totales	275 mg/L
Sólidos sedimentables (cono Imhoff)	7 ml/L
Carga DBO5	54 g/persona-día

<sup>1</sup> Varía de acuerdo con la disponibilidad de agua, cultura, etc. Se utiliza un valor promedio para América Latina.

**Cuadro 3**  
**Tipos relevantes de contaminación del agua.** (Prando, 1 996.)

Tipo de contaminación	Causas	Efectos
Térmica	Industriales; procesos de enfriamiento	Temperaturas elevadas reducen la cantidad de oxígeno disuelto y aumentan la rapidez de actividades biológicas y químicas.
Sólidos suspendidos	Materiales inertes, cerámicos, efluentes industriales (fibras, etc.)	Depósitos en lechos de río, estuarios, lagos, modificando el ecosistema. El aumento de turbidez dificulta el paso de la luz solar a las plantas acuáticas.
Aceites y grasas	Efluentes industriales, fugas en tanques de almacenamiento, accidentes, etc.	Evita la absorción de oxígeno, lo que determina reducciones en su concentración y puede inhibir la flora y fauna acuáticas. También causa daño Directo a los vegetales y a las plantas.
Nitratos	Arrastres debido al empleo de fertilizantes nitrogenados en la agricultura intensiva. Descomposición de residuos orgánicos.	Causa crecimientos excesivos de algas y vegetales acuáticos. Puede reducir la cantidad de oxígeno disuelto. Puede contribuir a la eutroficación en lagos y estanques.
Fosfatos	Presente en fertilizantes, detergentes y efluentes Industriales.	No considerado directamente como tóxico; las cantidades elevadas están asociadas con la eutroficación.
Residuos orgánicos	Descargas industriales; también debidas a tipos de suelo y geología.	Acidez y/o alcalinidad excesiva que puede ser tóxica a peces, plantas y microorganismos.
Microbiológica	Desagües cloacales e industriales.	Bacterias patógenas que pueden causar enfermedades al ser humano.
Plomo	Cañerías de agua potable; también ocurre naturalmente en el suelo, rocas y agua.	Tóxico. Absorbido por la sangre se acumula en los huesos. Ligado al desarrollo intelectual de las personas.
Microcontaminantes	Descargas industriales, pesticidas, etc.	Tóxicos, en particular si se trata de compuestos orgánicos aromáticos, alifáticos halogenados, AOX, etc.

## **2.3 La contaminación del suelo**

El suelo es el componente sólido de la superficie terrestre en contacto e interacción con los fluidos que lo limitan, agua, atmósfera y con los seres vivos. Es imprescindible para producir la mayoría de los alimentos requeridos por los seres humanos. Paralelamente, la flora y gran parte de la fauna también son dependientes del suelo y su cuidado.

### **2.3.1 Características relevantes**

- Facilita el sustento de los seres vivos y es el sustrato para el desarrollo de los vegetales.
- Constituye el soporte de las construcciones antrópicas.
- Se desempeña como reserva de recursos minerales.
- Permite la disposición de residuos preferentemente sólidos provenientes de las actividades antrópicas.

### **2.3.2 Afectaciones antrópicas negativas relevantes**

En los países en vías de desarrollo predomina el cambio de sus propiedades debido en su gran mayoría a malas prácticas agrícolas, lo que se traduce en desertificación, erosión, salinización, acidificación, tala y quema de bosques.

El carácter de estas afectaciones es puntual y difuso. Las primera comprende por lo general vertimientos que en atención a lo limitado de su radio de acción son relativamente fáciles de controlar. La segunda es de más difícil solución por cuanto involucran preferentemente segmentos sociales tales como la agricultura y la industria.

## **3. CONVENIOS INTERNACIONALES PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

Uno de los derechos humanos básicos es el derecho a un medio ambiente sano. Este se tipifica como un derecho de los pueblos o derechos de solidaridad que entraña deberes y responsabilidades no sólo para el Estado sino para todo ser humano, debido a que todos tenemos el deber de legar a las próximas generaciones un ambiente sano. El derecho al goce de un ambiente sano está directamente relacionado con el cumplimiento de instrumentos relacionados que buscan proteger los elementos abióticos (el aire entre éstos) y bióticos.

El aire es básico para todo ser vivo. Por ello, desde tiempos remotos el hombre ha sido consciente del problema que representa una atmósfera contaminada, como la creada naturalmente por la erupción de un volcán o por él mismo desde el descubrimiento del fuego.

A continuación se mencionan los instrumentos que atañen a la conservación del aire y la prevención de la contaminación atmosférica:

### **3.1 Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono**

Fue suscrito en Viena en el año 1985. Entre las principales justificaciones para su firma están:

- El impacto potencialmente nocivo de la modificación de la capa de ozono sobre la salud humana y el medio ambiente.

- Las medidas para proteger la capa de ozono de las modificaciones causadas por las actividades humanas requieren acción y cooperación internacionales y debieran basarse en las consideraciones científicas y técnicas pertinentes.
- La necesidad de una mayor investigación y observación sistemática con el fin de aumentar el nivel de conocimientos científicos sobre la capa de ozono y los posibles efectos adversos de su modificación y proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos adversos resultantes de las modificaciones de ésta.

### **3.2 Convenio de Basilea**

El Convenio de Basilea es un tratado ambiental global que regula estrictamente el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y estipula obligaciones a las Partes para asegurar el manejo ambientalmente racional de los mismos, particularmente su disposición. Fue adoptado en el año 1 989 y entró en vigor en 1 992. El Convenio es la respuesta de la comunidad internacional a los problemas causados por la producción mundial anual de 400 millones de toneladas de desechos peligrosos para el hombre o para el ambiente debido a su características tóxicas/ecotóxicas, venenosas, explosivas, corrosivas, inflamables o infecciones. El Convenio reconoce que la forma más efectiva de proteger la salud humana y el ambiente de daños producidos por los desechos se basa en la máxima reducción de su generación en cantidad y/o en peligrosidad. Los principios básicos del Convenio de Basilea son:

- El tránsito transfronterizo de desechos peligrosos debe ser reducido al mínimo consistente con su manejo ambientalmente apropiado.
- Los desechos peligrosos deben ser tratados y dispuestos lo más cerca posible de la fuente de su generación.
- Los desechos peligrosos deben ser reducidos y minimizados en su fuente.

Para lograr estos principios, la Convención pretende a través de su Secretaría controlar los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, monitorear y prevenir el tráfico ilícito, proveer asistencia en el manejo ambientalmente adecuado de los desechos, promover la cooperación entre las Partes y desarrollar Guías Técnicas para el manejo de los desechos peligrosos.

### **3.3 Declaración de Río sobre el ambiente y desarrollo**

Suscrita en Río de Janeiro en el año 1 992. Para la adopción de sus principios tomaron en cuenta: i) la Conferencia Internacional sobre el Medio Ambiente de Estocolmo en el año 1 972, reconociéndose que la humanidad debe aprender a servirse del ambiente sin destruirlo; ii) que debería establecerse una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas; también, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial; y reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra, nuestro hogar.

### **3.4 Acuerdo regional sobre el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos**

Suscrito en Panamá en el año 1 992 durante la XIII Cumbre de Presidentes del Istmo Centroamericano. Para dicho Acuerdo se tomó en cuenta que: hay evidencia de gestiones por parte de personas naturales y jurídicas para la importación de desechos peligrosos hacia Centroamérica y reconocieron la necesidad de tomar acciones inmediatas ante el tráfico ilegal de tales desechos debido a los daños irreparables que pueden causarse a la salud humana y a los recursos naturales.

El Acuerdo contempla las obligaciones generales siguientes: i) prohibición de importar desechos peligrosos; ii) prohibición de vertidos de desechos peligrosos en el mar y en aguas interiores.

### **3.5 Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**

Suscrito en el año 1 992. Tiene el objetivo de lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias peligrosas producidas por el ser humano en el sistema climático.

### **3.6 Convenio Regional sobre el Cambio Climático**

Suscrito en Guatemala en el año 1 993 por los ministros de relaciones exteriores de Centroamérica. La parte sustantiva del preámbulo indica: la necesidad de establecer mecanismos regionales de cooperación para la utilización racional del medio ambiente del istmo; que para mejorar la calidad de vida es preciso propiciar el respeto a la naturaleza y a la ley y el rescate de los recursos naturales; que los cambios antropogénicos del clima de la Tierra y sus efectos adversos son una preocupación común de la humanidad; las actividades humanas han ido aumentando sustancialmente las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, y porque ese aumento intensifica el efecto de invernadero natural, lo cual dará como resultado un calentamiento adicional de la superficie y la atmósfera y puede afectar adversamente a los ecosistemas naturales y a la humanidad. Dentro de los principios fundamentales se destaca el objetivo *«los Estados deben proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades y sus capacidades, para asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico de los Estados continúe.»* Este Convenio tiene relación con el Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal sobre protección de la capa de ozono.

### **3.7 Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible**

Se firmó en Guácimo (Costa Rica) en el año 1 994. Entre los principios de esta Alianza están: las acciones para conservar los sistemas que sustentan la vida y los procesos ecológicos que modelan el clima y la calidad del aire y el agua, regulan el caudal de aguas, reciclan elementos esenciales, crean y generan suelos y permiten a los ecosistemas renovarse a sí mismos. Uno de sus Instrumentos (Anexo) es el Ambiental, para reducir los niveles de contaminación del aire, agua y suelo que afectan la calidad de vida.

Dentro de sus compromisos en materia de medio ambiente y recursos naturales está el que se refiere al Control de la Contaminación el cual establece un período de 2 años a partir de la fecha para que todos los firmantes pongan en vigencia reglamentos específicos para el monitoreo y control de la contaminación de: aire, agua, suelo, ruido, visual y otros.

### **3.8 Declaración conjunta Centroamérica-USA (CONCAUSA)**

Se firmó en Miami en el año 1 994. La base de la declaración deriva de la Cumbre Ecológica de Managua y de la Conferencia Internacional de Paz y Desarrollo de Tegucigalpa del año 1 994, en la que los presidentes centroamericanos invitaron a la comunidad internacional a unirseles en la consecución de las metas de la Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible.

Para implementar la Declaración CONCAUSA los Gobiernos centroamericanos y el de Estados Unidos declararon su compromiso político de cooperar, entre otras áreas, en la de Energía, facilitando el desarrollo de proyectos conjuntos

que promoverán lo siguiente: introducir al mercado tecnologías para reducir la emisión de gases que contribuyen al efecto invernadero, lo cual incluye eficiencia energética y tecnologías de energía renovable; reducir el efecto invernadero por emisiones de gas y otros tipos de contaminación.

Los Gobiernos centroamericanos se comprometieron a eliminar gradualmente el plomo de la gasolina y a establecer normas tendientes a la protección de la población de la exposición al plomo.

### **3.9 La Segunda Cumbre de la Tierra**

Celebrada en el año 1997 en Nueva York, tuvo como principal objetivo constatar el grado de cumplimiento de las decisiones tomadas en Río de Janeiro. A ella asistieron representantes de 170 países, quienes pudieron comprobar que los objetivos acordados en la I Cumbre no se habían cumplido, sobre todo en lo referente a emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Entre las nuevas ideas aportadas en esta Cumbre destacan la de crear una Organización Mundial del Medio Ambiente y la de establecer un tribunal internacional para conflictos sobre problemas ecológicos.

### **3.10 Protocolo de Kyoto**

Suscrito en el año 1998. Tiene el objetivo de establecer compromisos legalmente vinculantes de reducción de las emisiones gaseosas de efecto invernadero. Guatemala no es parte de los países del Anexo I de este convenio, por lo que no tiene compromisos legalmente vinculantes de reducción de emisiones gaseosas de efecto invernadero.

## **4. Medidas alternativas para evitar la quema de caña de azúcar, rozar el suelo previo a la siembra del maíz y medidas para disminuir la contaminación provocada por la industria de curtiembre (tenerías)**

### **4.1 El problema de la quema de la caña de azúcar**

La quema de cañaverales es una labor que se efectúa en forma extendida y generalizada en casi toda la superficie sembrada; se hace, según las empresas azucareras, debido a que representa mayor cantidad de caña cortada por hombre y por día de trabajo. Tales quemas producen la llamada pavesa (partes pequeñas que saltan de la materia inflamada y terminan convirtiéndose en ceniza) que se disemina en lugares poblados de la costa sur del país provocando molestias a sus habitantes. Otro problema existente es el riesgo al que se exponen los trabajadores del campo al estar cerca del material durante su combustión, ya que si se le considera como un fuego forestal las emisiones de éste son CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas que dependiendo de la frecuencia y tiempo de exposición pueden afectar la salud humana (tal como se indicó en el apartado *efectos sobre la salud humana* de este trabajo.).

#### **4.1.1 Medidas alternativas para evitar la quema**

Debido a que la quema de cañaverales no está regulada por ley en Guatemala, esta es una práctica que se sigue dando; sin embargo, uno de los ingenios azucareros ha propuesto incorporar medidas que coadyuven a reducir las molestias que provoca la pavesa, las cuales consisten en utilizar un equipo lanzallamas que, de acuerdo con sus estimaciones, permite acelerar la combustión y consiguientemente disminuye el tiempo de quemado. Sin embargo, el problema no se resuelve. Las medidas que se tomen deben hacerse primordialmente en función de evitar la generación de contaminantes evitando así riesgos a la salud pública y a medio ambiente. La ley debe proteger el

recurso suelo y a la vez la salud humana, erradicando estas actividades contaminantes y dejando de lado los intereses de otro tipo que pudiesen haber.

Legislaciones más avanzadas en medio ambiente, como la de Costa Rica, demuestran que desde el año 1994 está prohibido por ley hacer quemas en terrenos de uso agrícola sin contar con una autorización escrita del Ministerio de Agricultura y Ganadería; la quema sólo puede hacerse en la plantación como última opción ante situaciones que están especificadas (plagas, enfermedades o condiciones bajo las cuales los técnicos recomienden esa práctica.) Además, el Sistema de Información del Sector Agropecuario Costarricense -Infoagro- recomienda cortar la materia prima en verde para asegurar buenos rendimientos ya que se ha demostrado que el deterioro de la caña quemada (después de 48 horas) es muy acelerado, en comparación con la caña verde (Ley de la Liga Agrícola e Industrial de la Caña de Azúcar.).

A la fecha aún no se ha realizado algún estudio sobre la contaminación del aire en el departamento de Escuintla, por lo que se ignora las cantidades y concentraciones de los gases contaminantes del aire, así como el tipo de impacto sobre el ambiente producida por dicha contaminación, aunque se reconoce por parte de todos los sectores de la sociedad que es un riesgo para la salud pública de sus habitantes.

#### **4.2 El problema de la roza del suelo previo a la siembra del maíz**

El problema ambiental de esta actividad agrícola es similar al que presenta la quema de cañaverales, indicado en el numeral 4.1 de este trabajo. En esta caso el objetivo de rozar el suelo es limpiarlo de matas y plantas previo a la siembra.

##### **4.2.1 Medidas alternativas para evitar la roza**

Ecológicamente la mejor medida a tomar sería efectuar la limpieza del suelo por medio manual (corte con machete) o con cortadora mecánica. Sin embargo, hay que evaluar los costos de estos métodos sustitutos para determinar si son viables económicamente para los pequeños y medianos agricultores quienes son la mayoría de productores en el país. En todo caso debe prevalecer la prevención de la contaminación del ambiente y el mantenimiento de la salud pública.

#### **4.3 Contaminación provocada por la industria del curtiembre (tenerías)**

La contaminación que produce la industria de la tenería es hídrica y atmosférica. Las aguas de desecho contienen sólidos en suspensión y materia orgánica disuelta (carnaza, pelambre y recortes de cuero.) También sales de cromo, sulfuro de sodio, cal, colorantes, lacas, curtientes libres. Además se producen emisiones gaseosas en forma de sulfuros, y durante la pigmentación la evaporación de lacas y solventes.

El tipo de impacto de esta industria se considera alto. En el año 1997 se reportaban 28 empresas de curtiduría (25 entre pequeñas y medianas) y 3 grandes, distribuidas en la república de Guatemala.

##### **4.3.1 Medidas para disminuir la contaminación provocada por la industria de curtiembre**

Por el momento, sólo se indica que todas las medidas deberán orientarse a la reducción de residuos con el objetivo de desarrollar la mejor y más rentable solución a los problemas de tratamiento y disposición de residuos, aplicables a todas las operaciones unitarias que componen el proceso de producción. Por tratarse de un proceso químico

relativamente complejo en relación a las actividades mencionadas en los numerales 4.1 y 4.2 de este trabajo, el tipo de medidas para disminuir la contaminación se tratarán en el capítulo correspondiente (*propuesta sobre el manejo tecnológico en la industria.*)

#### **4.4 Contaminación por residuos peligrosos**

Residuo peligroso es todo residuo, en cualquier estado físico, que por sus características tóxicas, corrosivas, reactivas, inflamables o radiactivas representan un peligro para el medio ambiente. Son aquellos calificados como tales por el Artículo 1 (hay 45 categorías de desechos peligrosos) del Acuerdo Regional sobre Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos, firmado por los gobiernos de los países centroamericanos.

Los residuos peligrosos constituyen un riesgo de contaminación para el ser humano, el agua, el aire, el suelo, el subsuelo y las aguas subterráneas, la fauna y la flora, por lo que su control estricto es necesario en todas las fases de la vida del residuo, desde su generación hasta su disposición final.

El manejo de estos residuos comprende el conjunto de operaciones de almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, re-uso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final. El manejo de residuos requiere una gran variedad de medidas organizativas y técnicas para la prevención y tratamiento de basuras particulares, que incluyen: la prevención de desechos, tratamiento mecánico, tratamiento biológico, tratamiento termal, tratamiento químico-físico, reciclaje y disposición de desechos.

Los residuos peligrosos más comunes en Guatemala son: aceites minerales (lubricantes e hidráulicos), solventes orgánicos (tolueno, xilol, benceno, etanol, metanol), filtros de aceite y combustible, pesticidas y su empaquetado, biológicos peligrosos, acumuladores de energía (baterías). Todos éstos no se deben desechar junto con los residuos municipales o descargar en el sistema de alcantarillado o en el suelo. El número de generadores (estaciones de servicio) estimado de estos residuos es del orden de varios miles.

## **5. ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN GUATEMALA**

### **5.1 Legislación**

De acuerdo con evaluaciones hechas por la desaparecida Conama, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo -CCAD- y el Sistema de Naciones Unidas en Guatemala, el país enfrenta una situación crónica de debilidad institucional en materia de manejo de recursos naturales, protección del medio ambiente y promoción del desarrollo sostenible; en el tema de protección ambiental y específicamente sobre legislación se encontraron los siguientes aspectos:

- Falta de aplicación y cumplimiento de la legislación ambiental existente.
- Falta de una política nacional ambiental integrada.
- Dispersión en la legislación ambiental.
- Traslapes institucionales y jurisdiccionales, lo cual provoca multiplicidad y contradicción entre los mandatos y funciones que corresponden a cada institución.
- Falta de regulación específica a leyes macro.
- Falta de tipificación de delitos ambientales y sanciones.
- Debilidad de los juzgados de delitos contra el ambiente.

## **5.2 Calidad ambiental**

Se referirá a la calidad de los sistemas que componen el ambiente, entendiéndose éste como el conjunto de elementos abióticos (agua, aire, suelo y energía solar) y bióticos (organismos vivos) que integran la biósfera, sustento y hogar de los seres vivos.

Para decretar la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, el Gobierno consideró que la protección y mejoramiento de éste y los recursos naturales es fundamental para lograr un desarrollo económico y social del país de manera sostenida. También se tomó en cuenta que la situación de los recursos naturales y el medio ambiente en general en Guatemala alcanzó ya niveles críticos de deterioro que inciden directamente en la calidad de vida de los habitantes y ecosistemas del país, obligando a tomar acciones para garantizar un ambiente sano para el futuro. (Para los efectos de esta ley, el medio ambiente comprende: los sistemas atmosféricos (aire), hídrico (agua), lítico (rocas y minerales), edáfico (suelo), biótico (animales y plantas), elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.)

Uno de los principios fundamentales de esta ley (Artículo 5) indica que la descarga y emisión de contaminantes que afectan a los sistemas del medio ambiente deben sujetarse a las normas ajustables a la misma y sus reglamentos. Luego, en el Artículo 10 se lee que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales realizará la vigilancia e inspección que considere necesarias para el cumplimiento de esta ley; y que para el efecto el personal autorizado tendrá acceso a los lugares o establecimientos, objeto de dicha vigilancia e inspección.

La principal carencia de esta ley es su Reglamento, por lo que es necesario emitir las normas reglamentarias que fueren menester para desarrollar y facilitar la aplicación de ésta. Fundamentalmente es necesario emitir reglamentos para cada uno de los elementos o sistemas que integran el ambiente. Además, dentro de la Protección Ambiental que involucra la prevención y el control de la contaminación, deben formularse normas técnicas de calidad ambiental tomando en cuenta que:

- La contaminación no exceda los límites que pongan en riesgo la salud humana o el funcionamiento de los ecosistemas;
- La contaminación no rebase la capacidad de carga de los medios receptores;
- La contaminación de los medios receptores no exceda los límites permisibles para cualquier uso, y para la conservación de la sostenibilidad de los ecosistemas.

## **5.3 Conservación del recurso agua**

Todo proyecto que tiende a un mejor manejo del recurso agua debe orientarse, principalmente, a mejorar la eficiencia del consumo de agua más que a aumentar su suministro. Aumentar el suministro es a menudo más caro y en todos los casos sólo pospone la crisis.

Resulta claro que la prevención de la contaminación y la rehabilitación de fuentes de agua ya contaminadas deben ser acciones prioritarias con respecto al desarrollo de tecnologías de purificación. Éstas con cada vez más complejas y su costo aumenta a medida que el número de contaminantes crece. Por esta razón, las soluciones para los efluentes industriales deben consistir en prácticas de racionalización, reciclado y reuso. Sin embargo el marco legal en Guatemala focaliza las soluciones en los dispositivos destinados al tratamiento de residuos (tecnologías "*end of pipe*" o "*final de tubería*") para obtener en dichos residuos o emisiones la calidad exigida, tal como el Reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas, Decreto N° 60-89.)

Las plantas industriales diseñadas y operadas para minimizar la contaminación del agua mediante la reducción de sus desechos son por lo general más económicas que las que sólo construyen instalaciones de tratamiento para satisfacer los requerimientos normativos aplicables.

Por otra parte, el Reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas es inoperante porque los límites máximos permisibles de contaminación para los parámetros considerados (DQO y DBO5) tienen valores límites superiores muy amplios, por lo que su aplicación no estará cumpliendo con el objeto del Reglamento ya que los efluentes siempre pueden estar contaminando significativamente los cuerpos receptores, aun cuando aparentemente estén dentro de los límites permisibles.

La aplicación de criterios de uso para la protección del recurso agua de las cuencas hidrográficas y mantos acuíferos deben basarse en la calidad, la disponibilidad del recurso y la eficiencia de consumo, así como en enfoques de su uso sostenible.

#### **5.4 Preservación de la atmósfera**

Para prevenir posibles impactos negativos en la atmósfera provocados por las distintas acciones del ser humano hay que decidir sobre las acciones a emprender para preservar la atmósfera, surgiendo como las más sensatas y razonables las siguientes:

- Aumentar la eficiencia global de todos los usos de la energía en procesos industriales;
- Incrementar el uso de energías y recursos renovables;
- Sustituir en lo posible el uso de combustibles fósiles para generar electricidad;
- Hacer más eficiente los procesos de combustión de leña en actividades artesanales (panadería, cal);
- Conservar el suelo y el agua;
- Evitar la quema de biomasa en suelos agrícolas;
- Conservar los bosques y detener su depredación;
- Conservar los suelos y el agua, mejorar el rendimiento del riego y disminuir el uso de biocidas;
- Propender al reciclado de todos los residuos;
- Mantener en buen estado el motor de los vehículos para disminuir la cantidad de contaminantes gaseosos.

#### **5.5 Límites de exposición a la contaminación**

En Guatemala no hay normativa legal para regular el trabajo que se realiza en espacios confinados expuestos a gases tóxicos. Por espacios confinados se entienden los locales industriales o comerciales (bodegas, salas de producción, interiores de buses urbanos, etc.) en los cuales pueden existir problemas de disminución de la cantidad de oxígeno presente en el aire circundante, presencia de gases y/o sustancias tóxicas utilizadas normalmente en las fábricas, originados por el desarrollo de actividades antropogénicas y/o por procesos naturales de degradación de residuos de origen animal u orgánico, etc; por ejemplo: humos de soldadura eléctrica/oxiacetilénica (generando ozono); solventes orgánicos para limpieza; amianto (aislantes); gases normalmente usados en la industria y/o provenientes de emisiones gaseosas de generadores de energía y de vehículos automotores (amoníaco, dióxido de azufre, cloro, ozono, material particulado, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, aldehidos, hidrocarburos). En términos generales, cualesquiera de los gases o sustancias antes mencionados puede afectar la salud de las personas e incluso producir su muerte, dependiendo del tiempo de exposición y del grado de contaminación del aire circundante.

## **5.6 Derecho a la información sobre riesgos**

Las autoridades de Gobierno tiene la obligación de tomar medidas preventivas al respecto, y en concordancia con esto está el Principio 10 de la Declaración de Río de Janeiro sobre el ambiente y desarrollo, en el cual se lee: «En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el ambiente de la que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que ofrecen peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación del público poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes.»

La Agenda Estratégica Nacional de Ambiente y Recursos Naturales 2 002-2 004 indica que los sistemas de información ambiental deberán utilizarse para proporcionar a la sociedad los conocimientos que permitan configurar la percepción correcta del ambiente y recursos naturales.

Además, las universidades deben asegurar una información amplia a la población y a los centros educativos, así como retroalimentar las acciones gubernamentales, los programas de extensión y los cursos de Derechos Humanos a fin de que todos comprendan el alcance de los desafíos para el logro del derecho a un ambiente sano. (Zepeda, 1 997.)

## **5.7 Instrumentos legales en estado de propuesta**

Según la Memoria de Labores 2 001 del MARN, se elaboraron las propuestas de reglamento siguientes:

- Control de emisiones de gases vehiculares.
- Evaluación de estudios de impacto ambiental.
- Prevención y control de la contaminación por ruido
- De aguas residuales.
- Para la explotación de materiales mineros.
- Contaminación visual.
- Desechos sólidos municipales y desechos hospitalarios.

Y, según la misma fuente, estas propuestas se encuentran en proceso de revisión y evaluación por las diferentes instituciones involucradas con los temas.

Además, dentro del proyecto Fortalecimiento de la Gestión Ambiental de Guatemala (ATN/SF-4129-GU) se formuló una propuesta de Reglamento para el Manejo de Residuos Peligrosos en Guatemala, elaborado por el BID, la cual se presentó en el año 2 000 a la entonces Comisión Nacional del Medio Ambiente, de la cual se desconoce su trámite en el plano legal.

## **5.8 Reglamentos pendientes de oficialización**

Los reglamentos siguientes fueron consensuados por los sectores involucrados pero aún no están oficializados. (CIG, 2 000.)

- Reglamento para el manejo de residuos sólidos municipales.
- Reglamento para el manejo de residuos sólidos hospitalarios.
- Reglamento para el manejo de aguas recreacionales y parques de recreación

### **Manejo tecnológico en actividades industriales generadoras de residuos**

El desarrollo sostenible podrá ser realidad cuando se adopten métodos de producción que generen menos residuos y menos emisiones que los procesos industriales tradicionales. En algunas ocasiones el cambio involucra la adopción de tecnologías de producción novedosas o más limpias. Sin embargo, aún sin nuevas tecnologías, las mejoras en el proceso de producción pueden a menudo disminuir significativamente el nivel de la generación de residuos. Un nivel reducido de generación de residuos frecuentemente significa ahorro en costos de producción ya que se desperdicia menos materia prima.

La información precisa sobre el origen y fuente de la generación de residuos es un requisito previo para la reducción efectiva de éstos. Luego de identificar las fuentes, se pueden evaluar las opciones más rentables para evitar, reducir y recuperar residuos.

Con el objeto de prevenir o reducir la generación de residuos se debe examinar el proceso para identificar el origen de los residuos, los problemas operativos inherentes a su proceso y aquellas áreas donde puedan hacerse mejoras.

Una **Auditoría de Residuos** es el primer paso de un programa subsecuente diseñado para alcanzar una optimización máxima de los recursos y un mejor rendimiento del proceso; es un enfoque de sentido común para la identificación del problema y su solución. Una auditoría de residuos brinda una visión global de la planta industrial o proceso para facilitar el entendimiento de los flujos de materiales y dirigir su atención a las áreas donde se generan residuos y en consecuencia ahorrar costos donde sea posible.

Realizar una auditoría de residuos implica observar, medir, registrar datos, recolectar y analizar muestras de residuos. Para que sea efectiva requiere que se haga metódica y exhaustivamente con el apoyo total de la gerencia y los técnicos de la empresa.

Entre los beneficios que trae una auditoría de residuos están:

- Define fuentes, cantidades y tipos de residuos que se generan.
- Compara información sobre operaciones unitarias, materias primas, productos, consumo de agua y residuos.
- Resalta las ineficiencias del proceso y las áreas donde la administración es deficiente.
- Ayuda a establecer metas para reducción de residuos.
- Permite el desarrollo de estrategias rentables de administración de residuos.
- Aumenta el interés de la fuerza laboral con respecto a los beneficios de la reducción de residuos, incrementando su conocimiento sobre el proceso.
- Contribuye a mejorar la eficiencia del proceso.

A nivel de planta industrial los residuos pueden monitorearse en procesos particulares permitiendo la localización de cargas para tratamiento donde sea necesario; y es a nivel de proceso como puede identificarse el origen exacto de los residuos, permitiendo que se establezcan medidas de reducción de éstos.

**Procedimiento general para realizar una auditoría de residuos**

El procedimiento básico consta de 3 fases (sólo se enumerarán los pasos de cada una de las fases); ver cuadro 4:

**Cuadro 4**  
**Fases de una Auditoría de Residuos (PNUMA, 1 994)**

<b>FASE 1: PRE-EVALUACIÓN</b>	<b>FASE 2: BALANCE DE MATERIALES: Entradas y salidas del proceso</b>	<b>FASE 3: SINTESIS: Plan de acción para la reducción de residuos</b>
Paso 1: enfoque y preparación de la auditoría	Paso 4: Determinación de entradas (materias primas, agua, aire, energía, catalizador.)	Paso 15: Examen de las medidas Obvias de reducción de residuos.
Paso 2: Selección de las operaciones unitarias.	Paso 5: Registro de consumo de agua.	Paso 16: Caracterización de residuos problemáticos.
Paso 3: Construcción del diagrama de flujo del proceso.	Paso 6: Medición de niveles actuales de reutilización y/o reciclaje de residuos.	Paso 17: Segregación.
	Paso 7: Cuantificación de salidas del proceso (productos, sub-productos, residuos líquidos y sólidos, emisiones gaseosas, residuos reutilizables.)	Paso 18: Desarrollo de opciones de reducción de residuos a largo plazo.
	Paso 8: Contabilización de aguas de desecho.	Paso 19: Evaluación ambiental y económica de opciones de reducción de residuos.
	Paso 9: Contabilización de emisiones gaseosas.	Paso 20: Desarrollo e implementación de un Plan de Acción: reducción de residuos e incremento en la eficiencia de la producción.
	Paso 10: Contabilización de residuos par disposición fuera de la planta.	
	Paso 11: Estructuración de la información de entradas y salidas para las operaciones unitarias.	
	Paso 12: Obtención de un balance preliminar de materiales para las operaciones unitarias.	
	Paso 13: Evaluación del balance de materiales.	
	Paso 14: Mejora del balance de materiales.	

## I. PROPUESTA SOBRE EL MANEJO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL

### 1. Industria de curtiembre

Clasificación: su Código Industrial Internacional Uniforme CIIU es 3231 *curtidurías y talleres de acabado*.

Las curtidurías y talleres de acabado (tenerías) transforman las pieles de animales (materiales orgánicos de fácil descomposición) en productos duraderos. En el país existen alrededor de 28 empresas de este tipo (3 grandes y 25 entre pequeñas y medianas.) Esta industria está clasificada como de alto impacto ambiental (GESTA, 1 999.)

#### **Operaciones del proceso de curtido al cromo**

Remojo, depilado, desencalado, piquelado, curtido y neutralizado; y los tipos de residuos generados por el proceso de una tenería son los siguientes:

#### **Desechos líquidos:**

- Licores salinos, aguas de desecho alcalinas (conteniendo pelo, suciedad materia orgánica, sal y cal en exceso y sulfuro de sodio), aguas de salmuera y de dilución ácidas, Cr<sup>3</sup> en disolución.

#### **Desechos sólidos:**

- Recortes y carne, sobrantes acidulados, sobrantes y recortes conteniendo Cr<sup>3</sup>.

#### **Desechos gaseosos:**

- Sulfuro de hidrógeno, amoniaco, vapores de solventes.

El tipo de residuos y las cantidades típicas de esta industria para la operación de depilado empleando curtido al cromo y curtido vegetal, son los siguientes: (cuadro 5)

**Cuadro 5**

**Parámetros de contaminación y sus valores medios típicos para una tenería (PNUMA, 1 994)**

<b>Parámetro</b>	<b>Depilado/curtido al cromo/acabado</b>	<b>Remoción de pelo/curtido al cromo/acabado</b>	<b>Remoción de pelo/curtido vegetal/acabado</b>
Volumen del residuo	53 m <sup>3</sup> /t de cuero	63	50
DBO5	95 kg/t de cuero	69	67
DQO	260 kg/t cuero	140	250
Sólidos en suspensión	140 kg/t cuero	145	135
Sólidos totales	525 kg/t cuero	480	345
Cromo total	4.3 kg/t cuero	4.9	0.2
Sulfuros	8.5 kg/t cuero	0.8	1.2
Grasa y aceite	19 kg/t cuero	43	33
Nitrógeno total	17 kg/t cuero	13	9.2
PH	1-13	4-13	2-13

## **Modificaciones en el proceso productivo tendentes a disminuir los desechos**

### 1. Uso eficiente del agua

El flujo de agua de desecho contaminada se puede hacer de 2 formas:

- 1.1 Por reciclado o reuso de las aguas más cargadas provenientes de las operaciones de desencalado y curtido, lográndose una disminución de contaminación orgánica .
- 1.2 Por la separación de flujos contaminantes tóxicos (sulfuros).
- 1.3 Por disminución de agua en los enjuagues.

La reutilización del agua es parte fundamental de la minimización de los desechos y de la carga contaminante final, dando como resultado que la purificación de efluentes ya separados será más fácil.

### 2. Recirculación del agua de la operación de curtido

La recirculación de agua del curtido (o recirculación de baños) es una técnica cuyo fin es la reutilización del cromo residual en el efluente, ahorrando agua y minimizando los residuos.

### 3. Recuperación de cromo

Al final de la operación de curtido al cromo más del 40% del cromo podría descargarse (sin usarse) a las aguas residuales. Existen diversos sistemas de tratamientos de efluentes para cumplir con las normas de descarga que en algunos países oscila entre 1 y 3 mg/L de cromo residual. Entre estos se encuentra el proceso de alto agotamiento cuyo objetivo es generar un efluente final del proceso con una cantidad mínima de cromo. En dicho proceso el contenido residual de óxido de cromo es de 0.3 a 1 g/L

### 4. Reducción de grasas y anilinas agregadas

Se reduce el porcentaje de grasa en el efluente. Se aumenta la retención de la anilina.

### 5. Modificación de la operación de pelambre para la recuperación de pelo

Se logra reducir el caudal de efluentes y sobre todo de la carga orgánica de nitrógeno y otros materiales orgánicos. También se reduce la cantidad de sulfuros en el efluente.

### 6. Oxidación de sulfuros en agua de pelambre

Se logra la eliminación de los sulfuros en el efluente y disminuye la emanación de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S). Aumenta la sedimentación y separación de la materia orgánica.

## **2. Beneficios de café**

Clasificación: su Código Industrial Internacional Uniforme CIU es 3116 *productos de molinería (café pergamino, trigo, maíz.)*

Los beneficios de café húmedos procesan el fruto maduro del cafeto por medio de las operaciones de: despulpado, fermentación, lavado y secado (café en pergamino seco.) Dicho proceso usualmente se realiza en instalaciones o beneficios cercanas a las fuentes de agua en las zonas de cultivo. En toda la república de Guatemala existen alrededor de 3 000 beneficios húmedos de café. Esta industria está clasificada como de alto impacto ambiental (GESTA, 1 999.).

Los desechos del beneficiado húmedo de café más contaminantes son:

- **Pulpa:** Es el desecho mayormente generado, equivalente al 40% del peso total del fruto; en el país la disposición de la pulpa es un serio problema porque ésta se lanza directamente a los ríos contaminándolos; o bien se acumula en promontorios donde se descompone lentamente produciendo olores desagradables y criaderos de moscas. En algunos beneficios se recolecta la pulpa y se degrada para producir abono orgánico, pero en la mayoría no se hace.
- **Agua de despulpado:** También llamada "aguas mieles". Contiene alta cantidad de sólidos sedimentables, azúcares, materia soluble y en general materia orgánica abundante.
- **Agua de lavado de la fermentación:** Contiene gran cantidad de geles coloidales de pectinas y otros productos.

La descarga directa de las aguas de desecho, en los ríos, por de los beneficios húmedos de café tradicionales muestran los parámetros de contaminación indicados en el cuadro 6:

**Cuadro 6**  
**Parámetros de contaminación y sus valores típicos**  
(Anzueto, et. al., 1 998.)

Parámetro	Descarga directa al río
DBO	3 521 mg/L
DQO	7 923 mg/L
Sólidos sedimentables	15 ppm
pH	5.6

La Asociación Nacional del Café propuso una serie de valores como límites máximos permisibles, a cumplirse en 3 etapas durante un período máximo de 9 años, para algunos parámetros de contaminación, como se indica en el cuadro 7:

**Cuadro 7**  
**Parámetros de contaminación con sus límites máximos permisibles**  
**para beneficiado húmedo de café**

Parámetro	Estado actual de descarga promedio	Etapas 1: 0-3° año	Etapas 2: 3°-6° año	Etapas 3: 6°-9° año
DBO	3 200 mg/L	1 500 mg/L	1 000 mg/L	500 mg/L
DQO	8 000 mg/L	3 000 mg/L	2 000 mg/L	1 500 mg/L
Sólidos sedimentables	15 ppm	10 ppm	5 ppm	2 ppm
Sólidos totales	6 ppm	5 ppm	3 ppm	1.5 ppm
pH	4	5-9	6.5-8.5	6.5-8.5

El contenido de la propuesta por cada etapa es la siguiente:

**Etapa 1:**

- Reducción del volumen de agua en el despulpado.
- Transporte mecánico de la pulpa.
- Recirculación del agua usada en el proceso.
- Tratamiento físico del agua residual del beneficio (acequias, fosas de sedimentación y estanques de oxidación.)
- Degradación de la pulpa hacia abono orgánico.
- Investigación sobre pretratamiento fisicoquímico de aguas residuales.

**Etapa 2:**

Implantación de tecnologías limpias:

- Reconversión de los beneficios tradicionales a beneficios tecnificados con bajo consumo de agua.
- Sistemas de pretratamiento físico de aguas residuales (investigados en etapa 1): filtración, floculación, oxigenación.
- Uso de equipo para despulpado en seco.
- Estudio de factibilidad técnico-económico sobre tratamientos de agua anaeróbicos.
- Diseño y evaluación de microplantas para tratamiento de aguas residuales a nivel finca.

**Etapa 3:**

Adopción de tecnologías limpias que comprenden:

- Reconversión de los beneficios húmedos que operan en el país.
- Instalación de microplantas para tratamiento de aguas a nivel de finca.
- Implementación de equipos para despulpado en seco.

**3. Regeneración de aceite usado**

Clasificación: su Código Industrial Internacional Uniforme CIIU es 3530 *derivados del petróleo*.

Es importante considerar esta actividad porque representa el procesamiento de un residuo altamente contaminante en los cuerpos receptores (agua). En la república hay unas 5 empresas dedicadas a esta actividad pero ésta se considera de alto impacto para el medio ambiente.

El objetivo de procesar el aceite usado es recuperar la fracción no degradada del residuo, reconstituirla y reciclarla dentro de los usuarios; sin embargo, los riesgos y desventajas de su uso son los siguientes:

- El aceite residual ya no tiene las propiedades originales tales como viscosidad, capacidad de enfriamiento, entre otras.
- Las fracciones de hidrocarburos separadas y las arcillas decolorantes y filtrantes cargadas de metales pesados que resultan del proceso son considerados residuos tóxicos y peligrosos para la salud pública.
- El uso de aceite residual en lugar de aceites apropiados en las mezclas de combustible con gasolina para motores de 2 tiempos da como resultado un rendimiento bajo, deterioro del motor y excesiva contaminación del aire.
- El uso de mezcla de aceite residual con un volumen grande de diesel para motores deteriora el motor en sistemas de inyección de combustible moderno y aumenta la contaminación del aire.
- El uso de aceite residual para rociar carreteras de grava para reforzar la superficie y reducir emisiones de polvo implica contaminación alta de terreno y agua.

- Su uso como aplicación superficial en la madera en lugar de preservantes apropiados contamina el terreno y el agua debido a su desaparición progresiva.

Una manera de disponer del aceite residual es recolectarlo y usarlo como combustible sustituto en la fabricación de cemento. De esta manera se logra una incineración segura para el medio ambiente.

Los índices de contaminación para esta actividad se muestran en el cuadro 8:

**Cuadro 8**  
**Desechos generados por el reciclaje de aceite usado. (GESTA, 1 999.)**

Residuo	Valor
Aguas residuales	3 a 15 m <sup>3</sup> /t de producto procesado
Aceites degradados	0.3 t/t producto procesado
Tierras decolorantes	50 – 100 kg/t producto procesado (incluye componentes de limpieza del aceite.

#### **4. Producción de azúcar**

- 4.1 El contaminante más significativo generado por el proceso productivo de un ingenio azucarero es la cachaza, la cual es un residuo orgánico-mineral del proceso de clarificación del guarapo formado por una mezcla de sacarosa, fibra, tierra, cera, albuminoides y algunos de los principales nutrientes de los vegetales como nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio; la parte mineral son sulfatos y silicatos. La cachaza representa, como mínimo, el 40% de la concentración contaminante de los efluentes.

La cachaza se puede usar como mejorador de las características físicas y químicas de los suelos con los objetivos siguientes:

- Aumentar el rendimiento de caña producida por unidad de superficie sembrada.
  - Aumentar la longevidad del cultivo.
  - Mejora la fertilidad de suelos.
  - Reducir los costos de producción.
  - Reducir el uso de fertilizantes.
  - Mejorar el aprovechamiento del riego.
- 4.2 Gestión de la reducción de emisiones a la atmósfera: se lograría reducir por lo menos un 85% de las partículas de hollín.
- 4.3 Separación de efluentes: se logra disminuir la carga contaminante en el caudal de desecho y la disminución de la cantidad de sólidos mediante tratamiento primario.
- 4.4 Reutilizar aguas: se reduce el consumo de agua de captación en ríos y se disminuye la carga orgánica del efluente.
- 4.5 Uso de aguas residuales para riego: se reduce el caudal de afluente hacia los ríos.
- 4.6 Colocar trampas de grasa y aceites: se reducen los residuos al efluente.

## II. PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL USO DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS

A continuación se presenta una propuesta general que puede aplicarse a cualesquiera industrias interesadas en evitar la generación de residuos contaminantes desde su origen.

La implementación de la Gestión Ambiental en una organización<sup>1</sup> permite prevenir los impactos ambientales negativos, satisfaciendo al nivel más económico las expectativas crecientes de la sociedad sobre esta temática y, en consecuencia, de los consumidores.

Una de las herramientas que facilitan el logro de lo antes expresado es la aplicación de **Tecnologías Limpias** las cuales se definen como «aplicación continua de una estrategia ambiental integral y preventiva a procesos y productos para reducir riesgos a las personas y al medio ambiente.» Estas abarcan la prevención y reducción en la generación de residuos en las distintas operaciones unitarias que constituyen el proceso de producción de una organización y, su reuso o recuperación, en caso sean posibles.

La prevención de la contaminación implica, entre otros, los siguientes beneficios:

- Reducción de los consumos de materias primas, de agua, de energía, de generación de desechos y de los costos de tratamiento requeridos.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo, de la eficiencia de los sistemas y, por lo tanto, de la competitividad de la organización.

Para llevar a cabo la prevención de la contaminación se requiere identificar el origen de todos los residuos, los problemas operativos (producción, mantenimiento) y de otra naturaleza, asociados a los sistemas de producción y aquellas áreas donde pueden introducirse mejoras para minimizar y/o aprovechar el volumen y tipos de residuos generados.

Antes de iniciar una planificación de prevención, la organización debe primero conocer en qué plano se encuentra la generación y manejo de residuos, para luego implementar un plan de trabajo de mejora continua en esta área. Para ello se requiere realizar una Auditoría de Desempeño Ambiental (o Auditoría de Residuos) en la organización, lo cual implica llevar a cabo las acciones siguientes:

- Definir orígenes, cantidades y tipos de residuos generados (sólidos, líquidos y gaseosos.)
- Sistematizar la información sobre las operaciones unitarias y sus entradas y salidas.
- Detectar ineficiencias.
- Fijar metas cualitativas y cuantitativas de reducción de residuos.
- Desarrollar estrategias efectivas de gestión ambiental.
- Motivar a los trabajadores respecto a los beneficios resultantes de una reducción de los residuos generados.
- Mejorar la productividad y competitividad de la organización.

---

<sup>1</sup> Compañía, corporación, firma, empresa, institución, o bien, parte o combinación de las anteriores, sea sociedad anónima o no, de carácter público o privado que tiene funciones y administración propias. El término se usa principalmente para referirse a una entidad de negocios que tiene por objeto proveer un producto o servicio.

## 1. **Base conceptual**

Minimizar la generación de residuos en su origen y el tratar de reusar o reciclar total o parcialmente los residuos es un proceso de mejora continua de la función ambiental y, en consecuencia, parte integrante del plan estratégico de la gestión ambiental de la organización. Para ser exitoso, debe incluir, entre otros, los componentes siguientes:

- Involucramiento de la gerencia.
- Caracterización cuali-cuantitativa de los desechos que se generan.
- Estimación de costos y evaluación ambiental y económica de las medidas a implementar.
- Benchmarking.<sup>2</sup>

## 2. **Enfoque**

Toda organización que quiera implementar un programa de prevención de generación de residuos contaminantes debe, además de entender sus componentes, prestar atención al procedimiento que emplee para concretarlo. Se recomienda utilizar un enfoque descriptivo que se basa en involucrar al personal que está próximo al proceso o sistema en examen, para definir y estudiar en equipo los problemas de generación de residuos y encontrar sus propias propuestas de reducción o eliminación.

## 3. **Procedimiento**

### 3.1 **Definición del diagrama de flujo y balance de materia y energía del del proceso a estudiar.**

Constituye el punto de partida para entender profunda y completamente al proceso y poder alterarlo en forma efectiva para reducir la generación de desechos.

### 3.2 **Búsqueda de opciones de reducción.**

Se lleva a cabo por medio de un trabajo en equipo, mediante uso de técnicas grupales tales como tormenta de ideas, diagramas causa-efecto y otros. Esto permite que las soluciones se adapten a las características propias del sistema y a la cultura de la organización.

Es importante que en esta fase se mantenga independiente del estudio de factibilidad a realizar en la siguiente etapa.

Hay distintas técnicas para ordenar las diferentes opciones que se sugieran. Entre ellas está el uso de un signo más (+) para las favorables, de menos (-) para las inconvenientes y cero (0) para las indiferentes. De este modo el grupo de trabajo avanzará rápidamente desde varias opciones a una o a muy pocas que aparenten ser ventajosas como para que se analicen y prioricen.

---

<sup>2</sup> Técnica para estudiar la mejor práctica en una organización competidora o en una industria diferente, para permitir a la organización adoptarla o mejorar con base en ella (DIS-ISO 14 004.)

### **3.3 Estudio de factibilidad**

Se realiza teniendo en cuenta los aspectos tecnológicos, ambientales y económicos para priorizar las opciones viables y seleccionar la más conveniente para la organización.

### **4. Implementación**

La prevención de la generación de residuos en las organizaciones involucra a todas las actividades que minimizan o eliminan tal generación y su expulsión al ambiente.

El asumir la posible eliminación de residuos en sus orígenes y la probable aplicación de un buen reciclado implica que no se limita a una mera incorporación de tecnología "fin de tubería". Este enfoque debe conocerlo y aceptarlo la Gerencia, los técnicos y los trabajadores que operan los sistemas involucrados de la organización, así como sus proveedores y clientes.

Para que la prevención sea una herramienta eficaz de la gestión ambiental requiere prestarle atención a los aspectos que se ilustran en el cuadro 9 y que se describen a continuación:

**Cuadro 9**  
**Prevención: Tecnologías Limpias y reducción en origen.**  
**Principales áreas funcionales a tener en cuenta.**

ÁREA	CARACTERÍSTICAS	IMPLEMENTACIÓN	TENDENCIAS SOCIALES RELEVANTES
1. Diseño de productos	Mezcla de productos. Complejidad. Reformulaciones.	Riesgos de toxicidad. Modos de transporte. Reciclabilidad. Degradabilidad. Disposición final. Diseño de envases. Prohibiciones. Restricciones. Impuestos.	Reducción en uso de tóxicos. Reciclado. Capacidad limitada de disposición final. Visión ambiental.
2. Diseño de procesos	Automatización. Condiciones. Complejidad. Planes de mantenimiento. Tecnología. Selección de equipos.	Selección materias primas. Generación y uso de sub-productos. Almacenamiento. Tratamiento de residuos y disposición final. Minimización de pérdidas.	Buen vecino. Información de generación de residuos.
3. Configuración de las plantas	Localización. Integración. Tamaño. Visión ambiental de prácticas aceptadas.	Tamaños más pequeños, con más integración. Reconfiguración de operaciones. Reuso de subproductos.	Restricción y límites legales de generación de residuos. Evaluación de riesgos.
4. Sistemas de información y control	Manejo electrónico de datos. Integración informatizada	Seguimiento de residuos. Monitoreo de procesos.	Acceso público a los datos de residuos.
5. Recursos humanos	Capacitación. Motivación. Incentivos.	Asignar y mostrar que la prevención de la contaminación tiene prioridad alta. Gestión ambiental.	Premio a empresas con preocupación ambiental.
6. Investigación y Desarrollo	Desarrollo de productos y procesos. Evaluación. Ensayos en planta piloto.	Desarrollo de alternativas. Integración. Uso de subproductos.	Entrenamiento académico en prevención de la contaminación. Vinculación Universidad-Industria.
7. Relación y roles proveedores/clientes	Subcontratación. Asociación. Joint ventures.	Ciclo de vida de los residuos. Intercambio de información	Evaluaciones de ciclo de vida totales.
8. Organización	Análisis económico. Objetivos estratégicos.	Gestión estratégica. Apoyo de la Gerencia. Visión ambiental. Trabajo en equipo.	Costos sociales. Soporte del Gobierno. Soporte de Ong's. Industria-Comunidad.

#### 4.1 Diseño de productos

Es imprescindible considerar la importancia de obtener productos menos tóxicos, menos persistentes en el medio y más adecuados para reciclar y, eventualmente tratar y disponer. Con esos objetivos, deben revisarse todos los residuos que se enumera a continuación:

- Materias primas no utilizadas o sin reaccionar.
- Impurezas.
- Subproductos no deseados.
- Productos auxiliares agotados (catalizadores, solventes, etc.)
- Materiales y/o residuos originados por mantenimiento.
- Productos generados durante las fases transitorias de los sistemas (etapas de puesta en marcha y de parada.)
- Descargas originadas por desbordes y/o pérdidas accidentales.
- Materiales generados durante el manejo de productos y residuos, muestreo, almacenamiento y/o tratamiento.
- Pérdidas.

Todos estos residuos pueden clasificarse en variables (varían en función de la producción) y fijos (son constantes y propios de un proceso productivo en particular).

Ejemplos:

- 4.1.1 Pérdida fija de compuestos orgánicos volátiles de un tanque de almacenamiento en función de su cantidad presente en el tanque y a la temperatura y presión ambiente.
- 4.1.2 Pérdida variable en función de los compuestos orgánicos volátiles que se trasiegan mediante bombeo del tanque.

Los residuos también se clasifican en intrínsecos (propios de la configuración de cada operación unitaria) y extrínsecos (asociados con los aspectos operativos de cada una de las operaciones unitarias.) Eliminar o minimizar los residuos intrínsecos implica modificar el sistema reformulando productos, cambiando materias primas, cambios en proceso, incluso en una proporción significativa, lo que requiere tiempo, investigación, inversiones, etc. Por otra parte, controlar y minimizar los residuos extrínsecos es mucho más fácil, sencillo y menos oneroso. Por lo general todo esto se logra mediante capacitación, controles de proceso, optimización del mantenimiento, reciclado simple, cambios menores en los equipos, separación de residuos y tratamiento en el origen.

#### 4.2 Configuración y distribución de planta

Se prefieren plantas de configuración compacta que pueden usar todos o casi todos los subproductos y/o que minimizan los transportes de materia prima, subproductos y residuos. Respecto a la distribución, se busca que las plantas sean fáciles de operar, mantener y ser flexibles con relación a cambios en los sistemas. También se requiere que dispongan de las facilidades necesarias, tanto para las condiciones de operación en régimen estacionario, como en transitorio (puestas en marcha, paradas, roturas.)

Ejemplo:

Vallado de contención de depósitos de combustibles, líquidos peligrosos, etc., que impiden que los derrames originados en caso de fugas o roturas de tanques, válvulas, etc. se extiendan fuera del área de confinamiento proyectada, provocando impactos ambientales negativos significativos más allá de su entorno.

#### 4.3 Información y control

La información y control adecuados permiten entre otros aspectos:

- Monitorear las condiciones de operación de los sistemas para minimizar trastornos.
- Verificar los equipos e instalaciones desde el punto de vista de su mantenimiento (control de pérdidas, etc.)
- Optimizar las operaciones discontinuas (*batch*) para minimizar la limpieza al final de cada ciclo y reducir los residuos potenciales.

#### 4.4 Recursos humanos

- 4.4.1 Motivación: es imprescindible que el personal tome conciencia de que debe ponderar los aspectos de reducción de residuos en el origen, de igual manera que los relativos a la operación del sistema.
- 4.4.2 Capacitación: orientada a reconocer los residuos y paralelamente a desarrollar un sentido crítico e innovador para identificar las oportunidades de reducción y trabajar en equipo.
- 4.4.3 Incentivación: la Gerencia de la organización debe reconocer aquellas mejoras sugeridas por el personal que logren reducir residuos. Algunas organizaciones gratifican al personal con un porcentaje de las economías que se obtengan durante un año como resultado de las sugerencias relativas al ambiente que se implementen.
- 4.4.4 Relación proveedor/clientes: debe ser muy estrecha e involucra tanto a los equipos como a las materias primas.
- 4.4.5 Organización: la prevención requiere involucramiento de todos los niveles de la organización, empezando por la Gerencia. Paralelamente se requiere que la estructura organizativa permita la interacción entre distintas funciones y propicie el trabajo en equipo.

Es imprescindible realizar un seguimiento apropiado de las reducciones en generación y/o reciclado de residuos que se vayan logrando, así como de los beneficios internos resultantes de aquellos.

#### 4.5 Consideraciones finales

La prevención debe encararse como un programa permanente en que se tengan presentes los mayores requerimientos derivados de los marcos legales vigentes y la evolución de los logros ambientales que pone de manifiesto el benchmarking como modo de propender a la competitividad de la organización, (cuadro 10.).

Si bien la rentabilidad es por lo general el factor decisivo para calificar de exitosa la aplicación de esta herramienta, no debe prescindirse de considerar el retorno potencial e intangible que se evidencia bajo la forma de mejores relaciones con la comunidad vecina y la satisfacción de las demandas de los clientes en materia ambiental.

**Cuadro 10**  
**COMPONENTES BÁSICOS DE LOS PROGRAMAS DE PREVENCIÓN**

<b>Capacitación del personal</b>	<b>Mejora en el manejo de materiales</b>	<b>Modificaciones de equipo</b>	<b>Reciclado y reuso</b>	<b>Cambios en las operaciones unitarias</b>
Entrenar supervisores y operarios. Promover preocupación por el medio ambiente.	Adquirir materiales menos tóxicos. Mejorar recepción, almacenamiento y manejo de materiales y materia prima.	Mejorar eficiencia. Eliminar causas de pérdidas y derrames. Optimizar la producción para generar menos residuos. Modificar equipos para poder reciclar. Instalar equipos que producen un mínimo de residuos. Asegurar buen mantenimiento preventivo.	Instalar sistemas cerrados. Separar los residuos peligrosos de los inocuos. Reciclar materiales aptos para reuso. Intercambiar residuos entre industrias.	Optimizar procesos y el uso de las materias primas. Reformular los productos resultantes de modo que sean menos peligrosos. Usar materias primas no peligrosas.

**Opinión sobre la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**  
**(Decreto N° 68-86 del Congreso de la República de Guatemala y sus reformas, Decreto N° 90-2000)**

Previo a expresar una opinión sobre esta ley, se considera oportuno y apropiado definir la Gestión Ambiental, así como analizar brevemente sus antecedentes dentro de la legislación guatemalteca.

**Gestión Ambiental**

Gestión orientada a implementar, examinar y mantener la política ambiental, que para este caso es nacional. Establece los procedimientos, medidas y acciones apropiadas para satisfacer los requerimientos ambientales dentro de un contexto de calidad ambiental. La gestión ambiental involucra establecer una política ambiental y un ente que oriente su actividad para lograrlo plenamente basándose en una legislación ambiental cada vez más rigurosa acompañada de penalidades también más fuertes. El marco legal debe ser totalmente eficaz y eficiente.

**Antecedentes de la gestión ambiental**

Desde la emisión de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, con la consecuente creación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, hasta la emisión del Decreto N° 90-2000 creando el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-, la legislación guatemalteca ha tratado de avanzar en materia de definición de una política nacional ambiental así como de políticas ambientales sectorizadas.

El Decreto N° 90-2000, que modificó al Decreto 68-86, en su último considerando se lee: «Que para el cumplimiento de los mandatos constitucionales enunciados y para el efectivo logro del bien común de los guatemaltecos, a través de la promoción de un ambiente sano, se hace necesario elevar al más alto nivel de la estructura institucional del país al sector ambiental, con lo cual se garantice la adopción de un modelo de desarrollo que logre satisfactoriamente el equilibrio ecológico, sistematice la gestión ambiental, prevenga la contaminación del ambiente y permita la sostenibilidad, conservación, protección y mejoramiento de los recursos naturales, evitando su depredación y agotamiento, todo lo cual, en el actual esquema institucional ha sido difícil de alcanzar por la dispersión orgánica, la

duplicidad funcional que prevalece, la ausencia de políticas ambientales en función de Estado y de una jerarquía decisoria definida, y justifica crear un ámbito institucional propio y específico representado en la figura del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. »

Según lo anterior (subrayado propio) y por la documentación revisada para realizar el presente trabajo:

- 1) La Política Nacional de Ambiente y Recursos Naturales se definió recién el año pasado (1991.)
- 2) Las políticas sectorizadas aún no están definidas totalmente (deberían analizarse a fondo los contenidos y consensuarse con los sectores involucrados.)
- 3) La gestión ambiental aparece como algo nuevo dentro de la legislación nacional. La gestión ambiental debe desarrollarse bajo la coordinación del MARN pero para poderla coordinar deberán crearse primero las normas y preceptos contenidos en la ley respectiva, es decir, hay que emitir un **Reglamento de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**. Pero aunque en el año 2001 se elaboraron siete propuestas de reglamentos por parte del MARN, ninguna se refiere al citado Reglamento, desconociéndose hasta ahora cuál es su estado.

Por otra parte, en Guatemala la contaminación ambiental y la depredación de recursos naturales son hechos que siguen sucediendo porque no ha habido una ley y reglamentos específicos ambientales que regulen, controlen, normalicen, protejan, prevengan y penalicen las actividades y hechos que degraden el medio ambiente. Es prioritario que se emitan reglamentos específicos para la protección y el manejo de los sistemas bióticos (flora y fauna) y abióticos (hídrico, atmosférico, lítico, edáfico, así como de elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

El MARN, debe ser la única instancia gubernamental a quien le corresponda formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo: cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.

La legislación ambiental del país está muy dispersa existiendo alrededor de 130 instrumentos (leyes, reglamentos, códigos y convenios) sobre la temática ambiental. Por ejemplo, sobre la contaminación del agua aparecen prohibiciones en los siguientes instrumentos: i) Código Penal, Decreto N° 17-73; ii) Código de Salud, Decreto N° 90-97; Reglamento de requisitos mínimos y máximos permisibles de contaminación para las aguas servidas, Decreto N° 60-89; y iv) Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente y sus reformas, Decreto N° 90-2000.

Las leyes ordinarias nacionales no tienen incorporada la dimensión ambiental, por lo que resulta difícil tipificar un delito ambiental.

En materia de regulaciones, se deben reglamentar las actividades siguientes:

- Generación, tratamiento y disposición de desechos sólidos.
- Generación y disposición de desechos provenientes de buques.
- Manipulación y disposición de desechos peligrosos.
- Transporte de desechos (con excepción de los nucleares).
- Exportación de desechos.
- Contaminación por ruido y visual.

Finalmente, la Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente podrá operacionalizarse cuando estén completamente definidas las políticas ambientales sectorizadas, así como sus respectivas estrategias; cuando se definan programas y proyectos específicos dirigidos a proteger el medio ambiente, y cuando se formule un reglamento para dicha ley que pueda aplicarse eficaz y eficientemente.

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional. (2 001). Proyecto Industrias más Limpias y Competitivas de Guatemala. Cámara de Industria de Guatemala. Guatemala.
2. Anzuetto, F.; Barrios, A. (1 998.) La reglamentación de aguas servidas del beneficiado húmedo y sus implicaciones para el sector. 9° Congreso Nacional de la Caficultura. Guatemala.
3. Asociación de Azucareros de Guatemala. (1 999.) La Agroindustria Azucarera y el Medio Ambiente. Memoria de seminario taller. Guatemala.
4. Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado. (2 001.) Producción más Limpia en la industria de quesos y tenerías en Centroamérica. Guatemala.
5. Centro Universitario del Sur. (2 001.) Diagnóstico de los principales problemas del Medio Ambiente y acciones concretas a realizar en el departamento de Escuintla. Guatemala.
6. Comisión Nacional del Medio Ambiente. (1 989.) Reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas. Guatemala.
7. Environment Management and Engineering Neubacher & Partners. (2 000.) Estudio de Prefactibilidad para el manejo sostenible de los residuos sólidos tóxicos y peligrosos en Guatemala (informe final.) TC-98-07-11-6-GU. Guatemala.
8. Gestión Ambiental en la Pequeña y Mediana Industria de América Central -GESTA-. (1 999.) Situación Ambiental de la Industria en Guatemala. Serie de publicaciones: N° 03/1999. Guatemala.
9. Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sustentable. (2 000.) Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto N° 68-86 del Congreso de la República de Guatemala. IDEADS. Guatemala.
10. [www.jmarcano.vrg.com](http://www.jmarcano.vrg.com)
11. Menchú, J.F. Manual Práctico de Beneficios de Café. ANACAFE: Boletín N° 13. Guatemala.
12. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2 000.) Agenda Estratégica Nacional de Ambiente y Recursos Naturales 2000-2004. Guatemala.
13. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2 002.) Memoria de Labores 2001. Guatemala.
14. Oliva, P. (2 001.) Calidad del aire en ciudad de Guatemala. Revista Científica, 14, pp. 29-31. Guatemala.
15. Prando, R. (1 996.) Manual de Gestión de la Calidad Ambiental. Piedrasanta. Guatemala.
16. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1 994.) Manual de Auditoría y Reducción de Emisiones y Residuos Industriales. Publicación de las Naciones Unidas: informe técnico N° 7. México.
17. Zepeda, G. (1 997.) Derecho a un Ambiente Sano. Consejo Superior Universitario Centroamericano. Cuadernos Educativos: colección Derechos Humanos N° 9. Costa Rica.