

**MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE
OFICINA DE REGULACIÓN AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD NUCLEAR
CENTRO DE INSPECCIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

**ELEMENTOS BÁSICOS GENERALES PARA EL TRABAJO
DEL INSPECTOR ESTATAL AMBIENTAL**

Autores:

Ing. Jorge Álvarez Álvarez. Director CICA

Lic. Carlos Álvarez Pérez. Inspector Estatal Ambiental CICA

Ing. Tomás Rivera Amarán. Inspector Estatal Ambiental CICA

Colaboradores:

MSc. Yamilka Caraballo Díaz. Especialista CIGEA

Ing. María Nery Urquiza Rodríguez. Especialista CIGEA

2009



Elementos Básicos Generales para el Trabajo del Inspector Estatal Ambiental.

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).
Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA).

Registro CENDA 2303-2009.

ISBN

Autores: Ing. Jorge Álvarez Álvarez.
Lic. Carlos Álvarez Pérez.
Ing. Tomás Rivera Amarán.

Colaboradores: M. Sc. Yamilka Caraballo Díaz.
Ing. María Nery Urquiza Rodríguez.

Diseño de portada:
Diseño de páginas y maquetación:

Este material ha sido publicado con el apoyo financiero del Proyecto 1: "Fortalecimiento de capacidades para el planeamiento, la toma de decisiones, los sistemas regulatorios y la sensibilización/manejo sostenible de tierra en ecosistemas severamente degradados" del Programa de Asociación de País: "Apoyo a la implementación del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Cuba". Este proyecto se desarrolla en el país financiado por el Fondo de Medio Ambiente Mundial, con el Programa Naciones Unidas para el Desarrollo como Agencia de Implementación y con la participación del Fondo de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, como Agencia de Cooperación Técnica.

Los puntos de vistas que en esta publicación se expresan pertenecen a sus autores y no necesariamente representan los del PNUD o los del Sistema de Naciones Unidas.

	<i>Página</i>
• <i>Presentación.</i>	4
• <i>Introducción.</i>	5
• <i>Capítulo I. Marco Institucional.</i>	6
1.1 <i>Sistema Regulador Ambiental</i>	6
1.2 <i>Funciones y atribuciones del Sistema Regulador Ambiental.</i>	6
1.3 <i>Interacción con los Sistemas Reguladores de otros OACEs.</i>	7
• <i>Capítulo II. Principales problemas ambientales. La Estrategia Ambiental Nacional y la Actividad Reguladora Ambiental.</i>	8
2.1 <i>Generalidades</i>	8
2.2 <i>Los problemas ambientales en Cuba. El papel de la actividad reguladora ambiental en su solución.</i>	17
• <i>Capítulo III. La Ética y la Inspección Estatal Ambiental.</i>	20
3.1 <i>Principios éticos.</i>	20
3.2 <i>Controles internos.</i>	21
3.3 <i>Controles externos.</i>	21
• <i>Capítulo IV. Derecho y Legislación Ambiental.</i>	23
4.1 <i>Ley 81 "Del Medio Ambiente" y legislación complementaria. Generalidades.</i>	24
4.2 <i>Responsabilidad Administrativa Ambiental.</i>	30
4.3 <i>Responsabilidad Civil por Daños Ambientales.</i>	30
4.3.1 <i>Modificación de la Ley de Procedimiento Civil, Administrativo y Laboral.</i>	31
4.4 <i>Responsabilidad Penal y Medio Ambiente.</i>	35
• <i>Capítulo V. Sistema de Inspección Estatal Ambiental.</i>	37
5.1 <i>Criterios para planificar las Inspecciones Estatales Ambientales.</i>	39
5.2 <i>Preparación de la Inspección.</i>	39
5.3 <i>Plazos para la preparación.</i>	40
5.4 <i>Papel del Jefe del Equipo de Inspección.</i>	40
5.5 <i>Desarrollo de la Inspección Estatal Ambiental.</i>	40
5.6 <i>El Dictamen de la Inspección.</i>	41
5.7 <i>Conclusiones de la Inspección Estatal Ambiental.</i>	42
5.8 <i>El expediente de las Inspecciones Estatales Ambientales.</i>	43
5.9 <i>Las Reinspecciones Estatales Ambientales.</i>	43
5.10 <i>Las contravenciones ambientales en relación con la Inspección Estatal Ambiental.</i>	44
5.11 <i>Atención a quejas y planteamientos de la población.</i>	45
• <i>Capítulo VI. De las contravenciones en materia de medio ambiente.</i>	47
6.1 <i>Experiencias útiles.</i>	50
6.2 <i>La Imposición de las Multas.</i>	52
• <i>Capítulo VII. Control de la contaminación atmosférica. Ruido.</i>	54
7.1 <i>Aspectos generales.</i>	54
7.2 <i>Efectos de la contaminación.</i>	60
7.3 <i>Tratamientos utilizados para el control de emisiones.</i>	61
7.4 <i>Regulaciones asociadas.</i>	68
7.5 <i>Ruido.</i>	69

• Capítulo VIII. Sustancias y productos químicos. Sustancias agotadoras de la capa de ozono.	71
8.1 Generalidades y compromisos internacionales.	71
8.2 Control ambiental de los productos químicos tóxicos y las SAOs.	73
• Capítulo IX. Desechos Peligrosos.	78
9.1 Generalidades.	78
9.2 Términos y definiciones.	78
9.3 Compromisos internacionales.	81
9.4 Tratamiento y disposición final de desechos peligrosos.	81
9.5 Regulaciones nacionales y control ambiental.	88
• Capítulo X. Residuos Sólidos Urbanos.	93
10.1 Generalidades.	93
10.2 Rellenos Sanitarios.	94
10.3 Control Ambiental.	99
• Capítulo XI. Control de la contaminación de las aguas. Residuales líquidos.	102
11.1 Contaminación.	102
11.2 Tratamientos utilizados.	111
11.3 Regulaciones asociadas y control de su cumplimiento.	127
11.4 Aspectos a controlar en los sistemas de tratamiento de residuales, durante las inspecciones.	129
• Capítulo XII. La actividad reguladora ambiental y la protección de los suelos y la cobertura forestal, así como el control de la actividad minera.	134
12.1 Suelos.	134
12.1.1 Generalidades.	134
12.1.2 Manejo Sostenible de Tierra. Medidas para contrarrestar los efectos de la degradación del suelo.	140
12.1.3 Control ambiental para la protección de los suelos.	142
12.2 Actividad Minera.	143
12.2.1 Regulaciones Ambientales.	149
12.3 Cobertura Forestal.	151
12.3.1 Cobertura Forestal. Generalidades.	151
12.3.2 Control ambiental para la protección del patrimonio forestal.	154
• Capítulo XIII. El control ambiental en la zona costera.	158
13.1 Generalidades.	158
13.2 Regulaciones ambientales en la zona costera.	162
• Capítulo XIV. La Inspección Estatal Ambiental y la protección de la diversidad biológica, las áreas protegidas y otras áreas naturales.	168
14.1 Generalidades.	168
14.2 Regulaciones Ambientales. Control de su cumplimiento.	175
14.3 Turismo de Naturaleza.	181
• Bibliografía	183
	188
Anexo I. Representación gráfica de los límites de la zona costera.	191
Siglas Usadas	197

PRESENTACIÓN

El objetivo de este material es dotar a los nuevos profesionales que se incorporen a la actividad de Inspección Estatal Ambiental que ejecuta el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, de los conocimientos básicos que le permitan el ejercicio eficiente de sus funciones. De igual forma, el material puede resultar útil para los inspectores estatales de otros Organismos cuya actividad repercute sobre la protección del medio ambiente, tales como los del Ministerio de la Agricultura (Actividades de Suelos y Forestal), Ministerio del Interior (Cuerpo de Guardabosques), Ministerio de la Industria Alimentaria (Inspección Pesquera), Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y otros, algunos de ellos acreditados para aplicar, además de sus instrumentos contravencionales, el Decreto Ley 200/99 "De las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente".

La actividad de la Inspección Estatal Ambiental es muy compleja por el amplio espectro de temas que incluye, además la misma es realizada por un colectivo de inspectores con una formación académica muy diversa, es por eso que en la formación básica de los inspectores estatales ambientales es necesario priorizar el conocimiento de las normas legales y técnicas que en materia ambiental están vigentes y como complemento de esto, los conocimientos técnicos elementales que en cada uno de los temas pueden necesitar.

El presente documento está dividido en 14 Capítulos e incluye las nociones elementales sobre la legislación ambiental, el marco institucional, los aspectos éticos, los procedimientos para realizar las Inspecciones Estatales Ambientales y para aplicar las contravenciones ambientales.

Otros Capítulos se dedican a los principales problemas que afectan a los componentes del medio ambiente, en especial a los problemas que afectan a los suelos, la cubierta forestal y las aguas, por la interrelación que entre estos componentes ambientales existe y por la prioridad que para el país tiene el enfrentamiento a los problemas que afectan a los mismos. El material puede contribuir a fortalecer el papel que debe ejercer el Sistema Regulador Ambiental del CITMA en el manejo adecuado de los recursos naturales, incluyendo conceptos actuales como el Manejo Sostenible de Tierras que involucra las interacciones entre dichos recursos, contribuyendo con el cumplimiento de las acciones previstas en los planes de conservación y de rehabilitación de los suelos, así como en la protección de la cubierta forestal, la reforestación en las áreas que lo requieran y la protección y el manejo sostenible de los recursos hídricos

En todas las materias que el documento contiene, los enfoques parten de lo que establece nuestra legislación ambiental y en los casos en que se requieren, se sintetizan además los conocimientos técnicos elementales que ayuden al inspector estatal ambiental en el desempeño de sus funciones. En el mismo se resumen las experiencias acumuladas por el CICA durante los últimos 10 años en los procesos de inspección, autorizaciones y de aplicación de las contravenciones ambientales.

Este material ha sido publicado con el apoyo financiero del Proyecto 1: "Fortalecimiento de capacidades para el planeamiento, la toma de decisiones, los sistemas regulatorios y la sensibilización/manejo sostenible de tierra en ecosistemas severamente degradados" del Programa de Asociación de País: "Apoyo a la implementación del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Cuba".

Este proyecto tiene como uno de sus componentes de actuación el marco legal, cuyo objetivo general de trabajo es contribuir al fortalecimiento del ordenamiento jurídico del país para el manejo sostenible de tierra. En tal sentido, las direcciones principales de trabajo

*están dirigidas a apoyar los procesos de construcción jurídica de nuevas regulaciones que conciben un enfoque de Manejo Sostenible de Tierra; facilitar la formación y capacitación de los integrantes de los cuerpos regulatorios y la difusión y entendimiento de la legislación por parte de la sociedad en sentido general y de los diferentes actores claves para la implementación de la legislación; así como contribuir a la definición y establecimiento de mecanismos de coordinación intersectorial con u enfoque de Manejo Sostenible de Tierra entre las diferentes autoridades relacionadas con la regulación del medio ambiente. Por esta razón, el Manual **“Elementos básicos generales para el trabajo del inspector estatal ambiental”**, constituye una herramienta de elevada importancia para la capacitación de los inspectores ambientales estatales de las diferentes autoridades regulatorias, ya sean propiamente ambiental o de carácter sectorial, como en materia de agua, suelo, recursos minerales, entre otras, en tanto contribuye a focalizar la problemática ambiental en su conjunto, no limitado a un enfoque sectorial de acuerdo a su alcance de actuación.*

INTRODUCCIÓN.

Se entiende por medio ambiente al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida sino que también abarca a los seres vivos, los objetos, el agua, el suelo, el aire y las relaciones entre ellos, así como elementos tan intangibles como la cultura. La producción de bienes materiales y servicios constituye la esencia del sistema de relaciones que se establecen entre la sociedad y la naturaleza, lo que determina que la sociedad se comporte como generadora de alteraciones en los ecosistemas y a la vez, como receptor de las consecuencias por las modificaciones antrópicas introducidas en ellos.

La Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, y la creación del Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente propiciaron un marco internacional adecuado para la concertación de acciones encaminadas a la protección del medio ambiente. En las conclusiones de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, efectuada en 1987, se definió el Desarrollo Sostenible como el proceso que permite satisfacer las necesidades de la población actual sin comprometer las de las generaciones futuras. Desde 1959 Cuba ha venido actuando para armonizar el desarrollo socio-económico del país con la preservación del medio ambiente. Nuestro país tuvo una participación activa en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, efectuada en 1992, promoviendo cambios en la estructura institucional nacional para la gestión ambiental. En 1994 se constituye el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), organismo encargado de proponer la política ambiental y dirigir su ejecución sobre la base de la coordinación y el control de la gestión ambiental en el país.

La Ley 81 "Del Medio Ambiente" consagra el derecho elemental de la sociedad y de los ciudadanos a un medio ambiente sano y entre sus principios declara que "el medio ambiente es patrimonio e interés fundamental de la nación" siendo un deber del Estado proteger el medio ambiente mediante el ejercicio de acciones ambientales en armonía con el desarrollo económico y social del país. En tal sentido, la Ley plantea entre sus objetivos "la regulación del desarrollo de actividades de evaluación, control y vigilancia sobre el medio ambiente".

La política ambiental cubana se ejecuta mediante una adecuada gestión en la que intervienen actividades, mecanismos e instrumentos que constituyen un sistema integrado y entre los que se destacan la legislación ambiental, la licencia ambiental, la evaluación de impacto ambiental, el sistema de inspección estatal ambiental y el régimen de responsabilidad administrativa. Estos instrumentos constituyen el soporte y expresión del ejercicio de la función estatal reguladora que, en representación del Estado, realiza el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, a través de los órganos reguladores en la instrumentación de las políticas y estrategias en materia de protección del medio ambiente.

El Sistema Regulador Ambiental a nivel nacional se encuentra en una etapa de fortalecimiento en sus acciones de regulación, control, vigilancia y prevención, estando vinculada la eficacia de sus actuaciones al fortalecimiento de capacidades donde desempeña un importante papel la formación de conocimiento. El objetivo de este material es el de contribuir a este último aspecto y dotar a los inspectores estatales ambientales del Sistema

Regulador del CITMA de los conocimientos elementales para un desempeño eficaz de sus funciones.

CAPÍTULO I.

MARCO INSTITUCIONAL

1.1 El Sistema Regulador Ambiental.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) se constituye en 1994. Este organismo crea, el 6 de marzo de 1995, al Centro de Gestión e Inspección Ambiental (CGIA), al cual le encarga la misión de dirigir y controlar las medidas encaminadas a garantizar la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales y supervisar el cumplimiento de la política ambiental trazada por el Ministerio.

La experiencia del trabajo desarrollado por el CGIA, demostró la conveniencia de separar el ejercicio de las funciones de supervisión, inspección y control, de aquellas otras que corresponden a la gestión ambiental decidiéndose crear, el 25 de febrero de 1999, una nueva organización técnica especializada en el control del cumplimiento de la legislación ambiental, denominada Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA), adscrita en ese momento a la Agencia de Medio Ambiente.

El continuo y creciente trabajo y el perfeccionamiento de la actividad de control ambiental, unido al de otras actividades de control que son competencias del CITMA (Seguridad Biológica, Seguridad Nuclear y de la Autoridad Nacional para la Prohibición de las Armas Químicas), motivó la creación el 18 de marzo del 2002, de una Oficina de Regulación Ambiental y de Seguridad Nuclear (ORASEN) como órgano superior de dirección y control de toda la actividad reguladora que dirige el Ministerio, motivo por el cual a partir de ese momento el CICA pasó a formar parte de la mencionada Oficina.

El Sistema Regulador Ambiental a cargo del CITMA está compuesto por el CICA, perteneciente a la ORASEN y los Órganos Reguladores existentes en las 15 Delegaciones Territoriales del CITMA.

1.2 Funciones y atribuciones del Sistema Regulador Ambiental.

- 1. Controlar el cumplimiento de las disposiciones que regulan la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales.*
- 2. Organizar, dirigir y ejecutar la Inspección Estatal Ambiental (IEA), adoptando las medidas que correspondan y controlando su cumplimiento.*
- 3. Solicitar o aplicar en su caso, las sanciones previstas en la legislación ambiental vigente.*
- 4. Promover, en el ámbito de su competencia, la actuación judicial a tenor de lo que establece la legislación ambiental vigente.*
- 5. Realizar y dictaminar sobre la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), proponiendo la habilitación de las entidades ejecutoras de los Estudios de Impacto Ambiental.*
- 6. Conceder, renovar, suspender y cancelar las licencias y otros permisos ambientales que en materia de protección del medio ambiente y uso racional de los recursos naturales sean competencia del CITMA.*

7. *Elaborar y proponer las normas legales y técnicas que contribuyan al perfeccionamiento y completamiento de la legislación ambiental.*

8. *Establecer, mantener y controlar, según corresponda, los registros relacionados con la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales o con el cumplimiento de los convenios, protocolos y compromisos internacionales contraídos por Cuba, que sean competencia del CITMA.*

9. *Elaborar y proponer los instrumentos metodológicos que permitan perfeccionar los procesos de IEA y EIA, así como los de los otros permisos ambientales.*

10. *Revisar y dictaminar sobre proyectos o actividades de inversiones, planes de ordenamiento territorial y otras actividades que así lo requieran.*

11. *Atender las quejas, planteamientos y preocupaciones ambientales de la población.*

1.3 Interacción con los Sistemas Reguladores de otros OACEs.

La Ley de Medio Ambiente concibe al Sistema de Inspección Ambiental como un Sistema compuesto por la Inspección Estatal Ambiental a cargo del CITMA, en la que participan los organismos y órganos convocados por este y las inspecciones estatales que desarrollan otros órganos y organismos del Estado, cuya actividad repercute sobre la protección del medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo explicado en el punto anterior, para el ejercicio de sus funciones reguladoras, el Sistema Regulator Ambiental del CITMA interactúa con los órganos reguladores de los Organismos de la Administración Central del Estado que tienen a su cargo la rectoría, control estatal, uso y administración de recursos naturales, en cumplimiento de sus deberes, atribuciones y funciones específicas relativas a la protección del medio ambiente. Estos Órganos son numerosos, pudiéndose destacar entre ellos al:

- *Cuerpo de Guardabosques del Ministerio del Interior (MININT).*
- *Servicio Estatal Forestal del Ministerio de la Agricultura (MINAG).*
- *Inspectores de Suelos del MINAG.*
- *Oficina de Regulación Pesquera del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL).*
- *Unidad Nacional de Salud Ambiental del Ministerio de Salud Pública (MINSAP).*
- *Oficina Nacional de Recursos Minerales del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS).*
- *Inspectores del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) del Ministerio de la Construcción (MICONS).*
- *Instituto de Planificación Física (IPF).*
- *Inspectores Integrales de los Gobiernos Locales (Municipales y Provinciales)*
- *Fiscalía General de la República*

CAPÍTULO II

PRINCIPALES PROBLEMAS AMBIENTALES. LA ESTRATEGIA AMBIENTAL NACIONAL Y LA ACTIVIDAD REGULADORA AMBIENTAL.

2.1 Generalidades.

Nuestra legislación define al medio ambiente como el conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire), bióticos (organismos vivos) y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades.

Los componentes del medio ambiente son:

La atmósfera: Protege a la tierra del exceso de radiación ultravioleta y permite la existencia de la vida. Es una mezcla gaseosa de nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua, otros elementos y compuestos, y partículas de polvo. Es calentada por el sol y la energía radiante de la tierra. La atmósfera circula en torno al planeta y modifica las diferencias térmicas.

El agua: Un 97% de la misma se encuentra en los océanos, un 2% es hielo y el 1% restante es el agua dulce de los ríos, los lagos, las aguas subterráneas y la humedad atmosférica y del suelo.

El suelo: Es el delgado manto de materia que sustenta la vida terrestre. Es producto de la interacción del clima y del sustrato rocoso o roca madre y de la vegetación.

Los organismos vivos: Las plantas se sirven del agua, del dióxido de carbono y de la luz solar para convertir materias primas en carbohidratos por medio de la fotosíntesis. La vida animal, a su vez, depende de las plantas en una secuencia de vínculos interconectados conocida como red trófica.

Estos componentes a su vez se encuentran interrelacionados y para reflejar dichas interacciones se utiliza en la actualidad el concepto de Tierra que incluye al suelo, la topografía, los depósitos superficiales, el agua, el clima, los recursos biológicos y la sociedad. Se habla entonces de gestión integrada de los recursos naturales.

Durante su larga historia, nuestro planeta ha cambiado lentamente. La deriva continental (resultado de la tectónica de placas) separó las masas continentales, los océanos invadieron tierra firme y se retiraron de ella, y se alzaron y erosionaron montañas, depositando sedimentos a lo largo de las costas. Los climas se caldearon y enfriaron, y aparecieron y desaparecieron formas de vida al cambiar el medio ambiente.

El más reciente de los acontecimientos medioambientales importantes en la historia de la Tierra se produjo en el cuaternario, durante el pleistoceno (entre 1,64 millones y 10.000 años atrás), llamado también periodo glacial. El clima subtropical desapareció y cambió la faz del hemisferio norte. Grandes capas de hielo avanzaron y se retiraron cuatro veces en América del Norte y tres en Europa, haciendo oscilar el clima de frío a templado, influyendo en la vida vegetal y animal y, en última instancia, dando lugar al clima que hoy conocemos. Nuestra era recibe, indistintamente, los nombres de reciente, post glacial y holoceno. Durante este tiempo el medio ambiente del planeta ha permanecido más o menos estable.

El hombre ha sido capaz de modificar el medio ambiente con sus actividades. Aunque los primeros humanos sin duda vivieron más o menos en armonía con el medio ambiente, como los demás animales, su alejamiento de la vida salvaje comenzó en la prehistoria, con la primera revolución agrícola. La capacidad de controlar y usar el fuego les permitió modificar o eliminar la vegetación natural, y la domesticación y el pastoreo de animales herbívoros llevó al sobre pastoreo y a la erosión del suelo. El cultivo de plantas originó también la destrucción de la vegetación natural para dar lugar a las cosechas y la demanda de leña condujo a la denudación de las montañas y al agotamiento de bosques enteros. Los animales salvajes se cazaban por su carne y eran destruidos en caso de ser considerados plagas o depredadores.

Mientras las poblaciones humanas siguieron siendo pequeñas y su tecnología modesta, su impacto sobre el medio ambiente fue solamente local. No obstante, al ir creciendo la población y mejorando y aumentando la tecnología, aparecieron problemas más significativos y generalizados. El rápido avance tecnológico producido tras la edad media culminó en la Revolución Industrial, que trajo consigo el descubrimiento, uso y explotación de los combustibles fósiles, así como la explotación intensiva de los recursos minerales.

Fue con la Revolución Industrial cuando los seres humanos empezaron realmente a cambiar la faz del planeta, la naturaleza de su atmósfera y la calidad de su agua. Hoy, la demanda sin precedentes a la que el rápido crecimiento de la población humana y el desarrollo tecnológico someten al medio ambiente está produciendo un declive cada vez más acelerado en la calidad de éste y en su capacidad para sustentar la vida.

Principales problemas ambientales de carácter global:

- *Calentamiento Global.*

La atmósfera es prácticamente transparente a la radiación solar de onda corta, la cual es absorbida por la superficie de la Tierra. Gran parte de esta radiación se vuelve a emitir hacia el espacio exterior con una longitud de onda correspondiente a los rayos infrarrojos, pero es reflejada de vuelta por gases como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los clorofluorocarbonos (CFC) y el ozono, presentes en la atmósfera. Este efecto de calentamiento (efecto invernadero) es la base de las teorías relacionadas con el calentamiento global.

Uno de los impactos que el uso de combustibles fósiles ha producido sobre el medio ambiente terrestre ha sido el aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera. La cantidad de CO₂ atmosférico había permanecido estable, aparentemente durante siglos, pero desde 1750 se ha incrementado en un 30% aproximadamente. Lo significativo de este cambio es que puede provocar un aumento de la temperatura de la Tierra a través del proceso conocido como efecto invernadero, efecto que se incrementa además con la desaparición de los bosques.

El efecto neto de estos incrementos podría ser un aumento global de la temperatura, estimado entre 1,4 y 5,8 °C entre 1990 y 2100. El calentamiento global significativo de la atmósfera tendría graves implicaciones sobre el medio ambiente. Aceleraría la fusión de los casquetes polares, haría subir el nivel de los mares, cambiaría el clima regional y globalmente, alteraría la vegetación natural y afectaría a las cosechas, así como la disponibilidad de agua apta para el consumo, entre otros problemas ambientales. Estos cambios, a su vez, tendrían un enorme impacto sobre la civilización humana, en especial la de los pequeños estados insulares que son mucho más vulnerables a estos cambios climáticos.

- *Lluvia ácida.*

Es la precipitación, normalmente en forma de lluvia, pero también en forma de nieve, niebla o rocío, que presenta un pH del agua inferior a 5,65. El problema de la lluvia ácida tuvo su origen en la Revolución Industrial, y no ha dejado de empeorar desde entonces. Hace tiempo que se reconoce la gravedad de sus efectos a escala local, como ejemplifican los periodos de smog ácido en áreas muy industrializadas, así como su gran capacidad destructiva en zonas alejadas de la fuente contaminante.

La lluvia ácida está directamente asociada también al uso de combustibles fósiles, la acidificación se debe a la emisión de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno por las centrales térmicas y por los escapes de los vehículos de motor. Estos compuestos interactúan con la luz del sol, la humedad y los oxidantes produciendo ácido sulfúrico y nítrico, que son transportados por la circulación atmosférica y caen a tierra, arrastrados por la lluvia y la nieve durante la llamada lluvia ácida, o en forma de depósitos secos, partículas y gases atmosféricos.

La lluvia ácida es un importante problema global. La acidez de algunas precipitaciones en el norte de Estados Unidos y Europa es muy elevada. La lluvia ácida corroe los metales, desgasta los edificios y monumentos de piedra, daña y mata la vegetación y acidifica lagos, corrientes de agua y suelos, sobre todo en ciertas zonas del noreste de Estados Unidos y el norte de Europa. En estas regiones, la acidificación lacustre ha provocado la muerte de poblaciones de peces. Hoy también es un problema en el sureste de Estados Unidos y en la zona central del norte de África. La lluvia ácida puede retardar también el crecimiento de los bosques; se asocia al declive de éstos a grandes altitudes tanto en Estados Unidos como en Europa.

Como se ha dicho, la mayor parte de las sustancias acidificantes vertidas al aire son el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno. En el caso del azufre por ejemplo, una gran parte del dióxido de azufre es oxidado a trióxido de azufre, que es muy inestable y pasa rápidamente a ácido sulfúrico. La oxidación catalítica del dióxido de azufre es también rápida. Se cree que en las gotas de agua se produce la oxidación implicando oxígeno molecular y, como catalizadores, sales de hierro y manganeso procedentes de la combustión del carbón. Además, puede producirse oxidación fotoquímica por la acción del ozono. En cualquier caso, la consecuencia es la formación de niebla con alto contenido en ácido sulfúrico.

La lluvia ácida provoca impactos ambientales importantes. Ciertos ecosistemas son más susceptibles que otros a la acidificación, por ejemplo los ecosistemas caracterizados por suelos poco profundos, no calcáreos, formados por partículas gruesas que yacen sobre un manto duro y poco permeable de granito, gneis o cuarcita. En estos ecosistemas puede producirse una alteración de la capacidad de los suelos para descomponer la materia orgánica, interfiriendo en el reciclaje de nutrientes. En cualquier caso, además de los daños a los suelos, hay que resaltar los producidos directamente a las plantas, ya sea a las partes subterráneas o a las aéreas, que pueden sufrir abrasión (las hojas se amarillean), como ocurre en una buena parte de los bosques de coníferas del centro y norte de Europa y en algunos puntos de la cuenca mediterránea. Además, la producción primaria puede verse afectada por la toxicidad directa o por la lixiviación de nutrientes a través de las hojas. No obstante, existen algunos casos en que se ha aportado nitrógeno o fósforo al medio a través de la precipitación ácida en los que la consecuencia ha sido el aumento de producción ya que ese elemento era limitante.

Hay también evidencias de daños producidos en los ecosistemas acuáticos de agua dulce, donde las comunidades vegetales y animales han sido afectadas, hasta el punto de que las poblaciones de peces se han reducido e incluso extinguido al caer el pH del agua por debajo de 5, como ha ocurrido en lagos del sur de Suecia y Noruega. Estos efectos se atenúan en aguas duras (alto contenido en carbonatos), que amortiguan de modo natural la acidez de la precipitación. Así, de nuevo, los arroyos, los ríos, las lagunas y los lagos de zonas donde la roca madre es naturalmente de carácter ácido son los más sensibles a la acidificación. Uno de los grandes peligros de la lluvia ácida es que su efecto en un ecosistema particular, además de poder llegar a ser grave, es altamente impredecible.

- *Destrucción de la capa de ozono.*

En las décadas de 1970 y 1980, los científicos empezaron a descubrir que la actividad humana estaba teniendo un impacto negativo sobre la capa de ozono, una región de la atmósfera que protege al planeta de los dañinos rayos ultravioleta. Si no existiera esa capa gaseosa, la vida sería imposible sobre nuestro planeta. Los estudios mostraron que la capa de ozono estaba siendo afectada por el uso creciente de clorofluorocarbonos (CFC, compuestos de flúor), que se emplean en refrigeración, aire acondicionado, disolventes de limpieza, materiales de empaquetado y aerosoles.

El cloro, un producto químico secundario de los CFC ataca al ozono, que está formado por tres átomos de oxígeno, arrebatándole uno de ellos para formar monóxido de cloro. Éste reacciona a continuación con átomos de oxígeno para formar moléculas de oxígeno, liberando moléculas de cloro que descomponen más moléculas de ozono.

Al principio se creía que la capa de ozono se estaba reduciendo de forma homogénea en todo el planeta. No obstante, posteriores investigaciones revelaron, en 1985, la existencia de un gran agujero centrado sobre la Antártida; un 50% o más del ozono situado sobre esta área desaparecía estacionalmente. En 2003, el tamaño máximo alcanzado por el agujero de la capa de ozono sobre el Polo Sur fue de unos 28 millones de kilómetros cuadrados.

El adelgazamiento de la capa de ozono expone a la vida terrestre a un exceso de radiación ultravioleta, que puede producir cáncer de piel y cataratas, reducir la respuesta del sistema inmunitario, interferir en el proceso de fotosíntesis de las plantas y afectar al crecimiento del fitoplancton oceánico. Debido a la creciente amenaza que representan estos peligrosos efectos sobre el medio ambiente, muchos países intentan aunar esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, los CFC pueden permanecer en la atmósfera durante más de 100 años, por lo que la destrucción del ozono continuará durante décadas.

- *Sustancias tóxicas. Hidrocarburos clorados.*

Las sustancias tóxicas son productos químicos cuya fabricación, procesado, distribución, uso y eliminación representan un riesgo elevado para la salud humana y el medio ambiente. La mayoría de estas sustancias tóxicas son productos químicos sintéticos que penetran en el medio ambiente y persisten en él durante largos periodos de tiempo. En los vertederos de productos químicos se producen concentraciones significativas de sustancias tóxicas. Si éstas se filtran al suelo o al agua, pueden contaminar el suministro de agua, el aire, las cosechas y los animales domésticos, y han sido asociadas a defectos congénitos humanos, abortos y enfermedades orgánicas.

Se estima que han sido fabricados más de 4 millones de productos químicos sintéticos nuevos en un periodo de quince años, y se crean de 500 a 1.000 productos nuevos más cada año.

El uso extensivo de pesticidas sintéticos derivados de los hidrocarburos clorados en el control de plagas ha tenido efectos colaterales desastrosos para el medio ambiente. Estos pesticidas órgano clorados son muy persistentes y resistentes a la degradación biológica, son muy poco solubles en agua, se adhieren a los tejidos de las plantas y se acumulan en los suelos, el sustrato del fondo de las corrientes de agua, los estanques, y la atmósfera. Una vez volatilizados, los pesticidas se distribuyen por todo el mundo, contaminando áreas silvestres a gran distancia de las regiones agrícolas, e incluso en las zonas ártica y antártica.

Aunque estos productos químicos sintéticos no existen en la naturaleza, penetran en la cadena alimentaria. Los pesticidas son ingeridos por los herbívoros o penetran directamente a través de la piel de organismos acuáticos como los peces y diversos invertebrados. El pesticida se concentra aún más al pasar de los herbívoros a los carnívoros. Alcanza elevadas concentraciones en los tejidos de los animales que ocupan los eslabones más altos de la cadena alimentaria.

Los hidrocarburos clorados interfieren en el metabolismo del calcio de las aves, produciendo un adelgazamiento de las cáscaras de los huevos y el consiguiente fracaso reproductivo. Como resultado de ello, algunas grandes aves depredadoras y piscívoras se encuentran al borde de la extinción. Debido al peligro que los pesticidas representan para la fauna silvestre y para los seres humanos, y debido también a que los insectos han desarrollado resistencia a ellos, el uso de hidrocarburos halogenados como el DDT está disminuyendo con rapidez en todo el mundo, aunque siguen usándose en algunos países en vías de desarrollo. A comienzos de la década de 1980, el EDB o dibromoetano, un pesticida halogenado, despertó también gran alarma por su naturaleza en potencia carcinógena, y fue finalmente prohibido.

Existe otro grupo de compuestos vinculados al DDT que son los bifenilos policlorados (PCB). Se han utilizado durante años en la producción industrial, y han acabado penetrando en el medio ambiente. Su impacto sobre los seres humanos y la vida silvestre ha sido similar al de los pesticidas. Debido a su extremada toxicidad, el uso de PCB ha quedado restringido a los aislantes de los transformadores y condensadores eléctricos.

El TCDD es el más tóxico de otro grupo relacionado de compuestos altamente tóxicos, las dioxinas o dibenzo-para-dioxinas. Las dioxinas son compuestos químicos obtenidos a partir de procesos de combustión que implican al cloro. El término se aplica indistintamente a las policlorodibenzofuranos (PCDF) y las policlorodibenzodioxinas (PCDD). Son estables químicamente, poco biodegradables y muy solubles en las grasas, tendiendo a acumularse en suelos, sedimentos y tejidos orgánicos, pudiendo penetrar en la cadena alimentaria.

Las dioxinas se han hecho muy conocidas en los últimos años porque preocupa su presencia en el ambiente ya que se encuentran en muchos lugares, aunque en bajas concentraciones, y algunas de ellas son extremadamente tóxicas. Junto con las dioxinas se suelen encontrar furanos que son unos compuestos químicos similares. Las dioxinas y los furanos no se sintetizan deliberadamente, excepto en pequeñas cantidades para trabajos de investigación. Se producen como derivados del proceso de fabricación de algunos pesticidas, conservantes, desinfectantes o componentes del papel; así como cuando se queman a bajas temperaturas materiales como algunos productos químicos, gasolina con plomo, plástico, papel o madera.

Hay varios cientos de dioxinas y furanos pero en su mayoría sólo son ligeramente o nada tóxicos. Pero una docena de ellos están entre las sustancias más tóxicas que se conocen.

Una simple dosis de 6 millonésimas de gramo de la dioxina más letal, la 2,3,7,8-TCDD, puede matar a una rata. Todavía no se sabe bien como afectan a los humanos estas sustancias. Se ha podido observar la acción de estos compuestos cuando alguna persona ha quedado expuesta por accidente a ellas, pero en estos casos sólo se puede conocer la dosis que han recibido de forma muy aproximada. Por esto es arriesgado pronunciarse sobre los efectos que producen las distintas dosis, especialmente cuando hablamos de contacto con estas sustancias durante periodos de tiempo largos. La dioxina 2,4,5-T es uno de los componentes del Agente Naranja, arma química utilizada por Estados Unidos en la Guerra de Vietnam.

Las dioxinas proceden principalmente de las emisiones de incineradores y otras fuentes de combustión. Su formación se produce como consecuencia de procesos químicos que ocurren durante la combustión, principalmente a partir de compuestos químicos relacionados como clorobenzenos, clorofenoles y policloruros de bifenilo.

- *Afectaciones a los suelos.*

Un número cada vez mayor de seres humanos empieza a cercar las tierras vírgenes que quedan, incluso en áreas consideradas más o menos a salvo de la explotación. La insaciable demanda de energía ha impuesto la necesidad de explotar el gas y el petróleo de las regiones árticas, poniendo en peligro el delicado equilibrio ecológico de los ecosistemas de tundra y su vida silvestre.

La pluvisilva y los bosques tropicales, sobre todo en el sureste asiático y en la Amazonia, están siendo destruidos a un ritmo alarmante para obtener madera, despejar suelo para pastos y cultivos, para plantaciones de pinos y para asentamientos humanos. En la década de 1980 se llegó a estimar que las masas forestales estaban siendo destruidas a un ritmo de 20 ha por minuto. Otra estimación daba una tasa de destrucción de más de 200.000 km² al año. En 1993, los datos obtenidos vía satélite permitieron determinar un ritmo de destrucción de casi 15.000 km² al año, sólo en la Cuenca Amazónica.

Esta deforestación tropical podría llevar a la extinción de hasta 750.000 especies, lo que representaría la pérdida de toda una multiplicidad de productos: alimentos, fibras, fármacos, tintes, gomas y resinas. Además, la expansión de las tierras de cultivo y de pastoreo para ganado doméstico en África, así como el comercio ilegal de especies amenazadas y productos animales podría representar el fin de los grandes mamíferos africanos.

- *Erosión del suelo.*

La erosión del suelo se está acelerando en todos los continentes y está degradando unos 2.000 millones de hectáreas de tierra de cultivo y de pastoreo, lo que representa una seria amenaza para el abastecimiento global de víveres. Cada año la erosión de los suelos y otras formas de degradación de las tierras provocan una pérdida de entre 5 y 7 millones de hectáreas de tierras cultivables.

En el Tercer Mundo, la creciente necesidad de alimentos y leña ha tenido como resultado la deforestación y cultivo de laderas con mucha pendiente, lo que ha producido una severa erosión de las mismas. Para complicar aún más el problema, hay que tener en cuenta la pérdida de tierras de cultivo de primera calidad debido a la industria, los pantanos, la expansión de las ciudades y las carreteras. La erosión del suelo y la pérdida de las tierras de cultivo y los bosques reducen además la capacidad de conservación de la humedad de los suelos y añade sedimentos a las corrientes de agua, los lagos y los embalses.

- *Demanda de agua.*

Los problemas de erosión descritos más arriba están agravando el creciente problema mundial del abastecimiento de agua. La mayoría de los problemas en este campo se dan en las regiones semiáridas y costeras del mundo.

Las poblaciones humanas en expansión requieren agua para su abasto, sistemas de irrigación y agua para la industria; esto está agotando hasta tal punto los acuíferos subterráneos que empieza a penetrar en ellos agua salada a lo largo de las áreas costeras en Estados Unidos, Israel, Siria, los estados árabes del golfo Pérsico y algunas áreas de los países que bordean el Mar Mediterráneo (España, Italia y Grecia principalmente). Algunas de las mayores ciudades del mundo están agotando sus suministros de agua y en metrópolis como Nueva Delhi o México D.F. se está bombeando agua de lugares cada vez más alejados. En áreas tierra adentro, las rocas porosas y los sedimentos se compactan al perder el agua, ocasionando problemas por el progresivo hundimiento de la superficie; este fenómeno es ya un grave problema en Texas, Florida y California.

El mundo experimenta también un progresivo descenso en la calidad y disponibilidad del agua. En el año 2000, 508 millones de personas vivían en 31 países afectados por escasez de agua y, según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente 1.100 millones de personas carecían de acceso a agua no contaminada. En muchas regiones, las reservas de agua están contaminadas con productos químicos tóxicos y nitratos. Las enfermedades transmitidas por el agua afectan a un tercio de la humanidad y matan a 10 millones de personas al año.

- *Producción de biocombustibles y problemas asociados.*

Es un nuevo problema global con indiscutible incidencia en el medio ambiente en general y en el más importante ser vivo en particular y que tiene una interrelación directa con los problemas antes explicados. Se denomina Biocombustible a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa, organismos recientemente vivos o sus desechos metabólicos, tales como el estiércol de la vaca. Los combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo en combustibles fósiles tradicionales, como el petróleo o el carbón.

Los biocombustibles más usados y desarrollados son el bioetanol y el biodiesel.

- *El bioetanol, también llamado etanol de biomasa, se obtiene a partir de maíz, sorgo, caña de azúcar, remolacha o de algunos cereales como trigo o cebada. En el 2006, Estados Unidos fue el principal productor de bioetanol (36% de la producción mundial), Brasil representa el 33,3%, China el 7,5%, la India el 3,7%, Francia el 1,9% y Alemania el 1,5%. La producción total de 2006 alcanzó 55 mil millones de litros.*
- *El biodiesel, se fabrica a partir de aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar. En este último caso se suele usar raps, canola, soja o jatrofa, los cuales son cultivados para este propósito. El principal productor de biodiesel en el mundo es Alemania, que concentra el 63% de la producción. Le sigue Francia con el 17%, Estados Unidos con el 10%, Italia con el 7% y Austria con el 3%.*

Otras alternativas como son el biopropanol y biobutanol son menos populares, pero no pierde importancia la investigación en estas áreas debido al alto precio de los combustibles fósiles y su eventual término.

Rendimientos de los principales cultivos utilizados para producir biocombustibles:

<i>CULTIVO</i>	<i>L/HA/AÑO</i>	<i>TIPO</i>
<i>Palma</i>	<i>5500</i>	<i>biodiesel</i>
<i>Cocotero</i>	<i>4200</i>	<i>biodiesel</i>
<i>Higuerilla</i>	<i>2600</i>	<i>biodiesel</i>
<i>Aguacate</i>	<i>2460</i>	<i>biodiesel</i>
<i>Jatropha</i>	<i>1559</i>	<i>biodiesel</i>
<i>Colza</i>	<i>1100</i>	<i>biodiesel</i>
<i>Soja</i>	<i>840</i>	<i>biodiesel</i>
<i>Caña azúcar</i>	<i>9000</i>	<i>bioetanol</i>
<i>Remolacha</i>	<i>5000</i>	<i>bioetanol</i>
<i>Yuca</i>	<i>4500</i>	<i>bioetanol</i>
<i>Sorgo dulce</i>	<i>4400</i>	<i>bioetanol</i>
<i>Maíz</i>	<i>3200</i>	<i>bioetanol</i>

Al comenzar a utilizarse suelo agrario para el cultivo directo de biocombustibles, en lugar de aprovechar exclusivamente los restos de otros cultivos (en este caso, se trata de "biocombustibles de segunda generación"), se ha comenzado a producir un efecto de competencia entre la producción de alimentos y la de biocombustibles, resultando en el aumento del precio de los primeros.

Un ejemplo de este efecto se ha dado en Argentina, con la producción de carne de vaca. Las plantaciones para biocombustible dan beneficios cada seis meses, y los pastos en los que se crían las vacas lo dan a varios años, con lo que se comenzaron a usar estos pastos para producir biocombustibles. La conclusión fue un aumento de precio en la carne de vaca, duplicando o incluso llegando a triplicar su valor en Argentina.

Otro de estos casos se ha dado en México, con la producción de maíz. La compra de maíz para producir biocombustibles para Estados Unidos ha hecho que en el primer semestre de 2007, la tortilla de maíz -que es la comida básica en México- duplique o incluso llegue a triplicar su precio.

En el mundo unos 923 millones de seres humanos -73 millones más en sólo un año- están subalimentados de ellos, unos 50 millones (parece una cifra conservadora) en América Latina y el Caribe. La situación es aún peor que en años anteriores. Los altos precios de los alimentos y combustibles continúan aumentando las tasas de inflación, impactando negativamente en el bienestar de la población, y el desarrollo de los biocombustibles, sólo hace más ricos a los ricos y poderosos y más pobres a los pobres y hambrientos.

Estimaciones de la FAO indican que 6 millones de personas podrían haberse sumado en el 2007 a la población que padece hambre en América Latina y el Caribe, a raíz del desajuste – o mejor dicho, desastre- de los precios de los productos alimentarios en el mercado internacional. Ello elevaría la población total de hambrientos a 51 millones en el área.

Los elevados precios de los alimentos han invertido la tendencia positiva para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio de reducir a la mitad la cantidad de personas hambrientas en el mundo para el 2015. En la actualidad, parecen objetivos inalcanzables, a pesar de que el hambre y la pobreza constituyen los problemas sociales más acuciantes que afronta el mundo de hoy.

El uso de biocombustibles tiene impactos ambientales negativos y positivos. Los impactos negativos hacen que, a pesar de ser una energía renovable, no sea considerado por muchos expertos como una energía no contaminante y, en consecuencia, tampoco una energía limpia o verde. Una de las causas es que, pese a que en las primeras producciones de biocombustibles sólo se utilizaban los restos de otras actividades agrícolas, con su generalización y fomento en los países desarrollados, muchos países subdesarrollados, especialmente del sureste asiático, están destruyendo sus espacios naturales, incluyendo selvas y bosques, para crear plantaciones para biocombustibles. La consecuencia de esto es justo la contraria de lo que se desea conseguir con los biocombustibles: los bosques y selvas limpian más el aire de lo que lo hacen los cultivos que se ponen en su lugar.

Algunas fuentes afirman que el balance neto de emisiones de dióxido de carbono por el uso de biocombustibles es nulo debido a que la planta, mediante fotosíntesis, captura durante su crecimiento el CO₂ que será emitido en la combustión del biocombustible. Sin embargo, muchas operaciones realizadas para la producción de biocombustibles, como el uso de maquinaria agrícola, la fertilización o el transporte de productos y materias primas, actualmente utilizan combustibles fósiles y, en consecuencia, el balance neto de emisiones de dióxido de carbono es positivo.

Otras de las causas del impacto ambiental son las debidas a la utilización de fertilizantes y agua necesarios para los cultivos; el transporte de la biomasa; el procesado del combustible y la distribución del biocombustible hasta el consumidor. Varios tipos de fertilizantes tienden a degradar los suelos al acidificarlos. El consumo de agua para el cultivo supone disminuir los volúmenes de las reservas y los caudales de los cauces de agua dulce.

Algunos procesos de producción de biocombustible son más eficientes que otros en cuanto al consumo de recursos y a la contaminación ambiental. Por ejemplo, el cultivo de la caña de azúcar requiere el uso de menos fertilizantes que el cultivo del maíz, por lo que el ciclo de vida del bioetanol de caña de azúcar supone una mayor reducción de emisiones de gases de efecto invernadero respecto al ciclo de vida de combustibles fósiles con más efectividad que el ciclo del bioetanol derivado del maíz. Sin embargo, aplicando las técnicas agrícolas y las estrategias de procesamiento apropiadas, los biocombustibles pueden ofrecer ahorros en las emisiones de al menos el 50% comparando con combustibles fósiles como el gasóleo o la gasolina.

El uso de biocombustibles de origen vegetal produce menos emisiones nocivas de azufre por unidad de energía que el uso de productos derivados del petróleo. Debido al uso de fertilizantes nitrogenados, en determinadas condiciones el uso de biocombustibles de origen vegetal puede producir más emisiones de óxidos de nitrógeno que el uso de productos derivados del petróleo.

Una solución real pero aún no disponible es la utilización de residuos agroindustriales ricos en hemicelulosas. De esta forma no se utilizarían áreas de cultivos nuevas ni se utilizarían alimentos para la producción de biocombustibles. Un ejemplo de esto es la utilización de coseta de remolacha, la paja de trigo o de maíz ó las cortezas de árboles. La hidrólisis de estos compuestos es más compleja que la utilización de almidón para la obtención de azúcares libres fermentables, por lo tanto, requiere de una mayor cantidad de energía inicial para procesar los compuestos antes de la fermentación, sin embargo, el costo de producción es casi nulo al considerar que se trata de residuos.

2.2 Los problemas ambientales en Cuba. El papel de la actividad reguladora ambiental en su solución.

En 1997 se aprobó por nuestro Gobierno la Estrategia Ambiental Nacional, la que sirvió de marco y fundamento para el desarrollo de las Estrategias Ambientales Territoriales y Sectoriales, constituyendo una herramienta clave del accionar ambiental en el país, que ha contribuido a introducir la dimensión ambiental en todos los ámbitos en que se requiere.

La Estrategia Ambiental Nacional es el documento rector de la política ambiental cubana, estableciendo los principios del quehacer ambiental nacional. Esta estrategia caracteriza los principales problemas ambientales del país y propone vías, instrumentos y metas para su solución, prevención o minimización con vistas a mejorar la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales, en aras de alcanzar las metas de desarrollo sostenible.

La Estrategia Ambiental Nacional identifica como los principales problemas ambientales del país:

- *La degradación de los suelos.*
- *Las afectaciones a la cobertura forestal.*
- *La contaminación.*
- *La pérdida de la diversidad biológica.*
- *La carencia de agua.*

Estos problemas se explican con más detalles en los capítulos correspondientes de este material. En relación con la Actividad Reguladora Ambiental, la Estrategia Ambiental Nacional recoge el papel de los cinco instrumentos de la política y la gestión ambiental cuya implementación y control competen al Sistema Regulador Ambiental. Estos son:

- *El Ordenamiento Ambiental: Comprende, entre otros elementos, un proceso de evaluación destinado a asegurar la introducción de la dimensión ambiental en los Planes y Programas de Desarrollo, a fin de garantizar el desarrollo ambientalmente sostenible del territorio, sobre la base del análisis integral de sus recursos bióticos y abióticos, en la interacción con los factores socio-económicos.*

En este tema, la Estrategia se propone como objetivo específico el lograr la interrelación entre el Ordenamiento Ambiental y el Territorial, a fin de que el desarrollo socio económico del país se combine con un planeamiento ambiental adecuado, para posibilitar una gestión ambiental responsable de los recursos naturales, la protección y rehabilitación del medio ambiente, mejorar el nivel y la calidad de vida de la población, para contribuir al desarrollo sostenible de los territorios.

Para lograr este objetivo la Estrategia se propone como meta la integración del ordenamiento ambiental y el territorial, y el perfeccionamiento del marco legal mediante la introducción de la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial.

- *La Legislación Ambiental: Es fuente de la política ambiental y al mismo tiempo es un instrumento para su ejecución. Esta particularidad impone un nuevo enfoque en el diseño e implementación de la legislación, y la necesidad de materializar la eficiencia de ésta, en tanto pretende la transformación de conductas y prácticas que provocan impactos negativos sobre el medio ambiente o propenden a un uso irracional de los recursos naturales.*

En relación con la legislación ambiental, la Estrategia se plantea el objetivo de profundizar en la aplicación de la Ley y el completamiento de los vacíos legales existentes, entre estos últimos, los correspondientes a la protección de la atmósfera, a las legislaciones de suelo, agua y flora y fauna, así como la inclusión de las prescripciones ambientales en el Código Civil y en el Código Penal.

- *La Evaluación de Impacto Ambiental: Es el procedimiento que tiene por objeto evitar o mitigar la generación de impactos ambientales negativos, provocados por programas y proyectos de obras o actividades, mediante la estimación previa de las modificaciones del ambiente que traerían consigo tales obras o actividades y, según proceda, la denegación de la licencia necesaria para realizarlos o su concesión bajo ciertas condiciones. Incluye una información detallada sobre el sistema de monitoreo y el control para asegurar su cumplimiento y las medidas de mitigación que deben ser consideradas.*

En relación con la Evaluación de Impacto Ambiental, la Estrategia se traza el objetivo de afianzar a este proceso como instrumento de la política y del control ambiental, proponiéndose entre sus metas para lograrlo, la aplicación de la Evaluación de Impacto Ambiental Estratégica de Planes y Programas. Igualmente se propone que el 100% de las nuevas obras y proyectos que lo requieren se someten al proceso y se cumplen las medidas de prevención y mitigación, la inclusión en la Evaluación de Impacto Ambiental del enfoque de Producción Más Limpia y la generalización de la consulta pública dentro de este proceso.

- *La Licencia Ambiental: Es el documento oficial, que sin perjuicio de otras licencias, permisos y autorizaciones que de conformidad con la legislación vigente corresponda conceder a otros órganos y organismos estatales, es otorgado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente para ejercer el debido control al efecto del cumplimiento de lo establecido en la legislación ambiental vigente y que contiene la autorización que permite realizar una obra o actividad. La introducción de la Licencia Ambiental debe ser fruto de un proceso armónico y objetivo, que tome especial cuidado en no entorpecer los requerimientos de una dinámica nacional, enmarcada por un proceso inversionista cada vez más significativo.*

En este tema la Estrategia se propone como objetivo específico el armonizar las disposiciones jurídicas para el otorgamiento de las licencias, estableciendo procedimientos ágiles y efectivos para la emisión y el control de las mismas.

- *La Inspección Estatal Ambiental: Tiene a su cargo el control, la fiscalización y la supervisión del cumplimiento de las disposiciones y normas jurídicas vigentes en materia de protección del medio ambiente y uso racional de los recursos naturales, con vistas a evaluar y determinar la adopción de las medidas pertinentes para garantizar dicho cumplimiento.*

En el caso de la Inspección Estatal Ambiental la Estrategia se propone su fortalecimiento, para lo cual se ha trazado las siguientes metas:

-Cada territorio del país cuenta con el cuerpo de inspectores estatales ambientales requerido.

-Se encuentran incluidos en los sistemas de inspección de los OACEs, los aspectos requeridos para garantizar la protección del medio ambiente.

-Se consolida la vinculación del resultado de la Inspección Estatal Ambiental al sistema de verificaciones fiscales de la Fiscalía General de la República.

-Se encuentran facultados los inspectores del MIP, MINAG, MITRANS, MINSAP, INRH y MININT (CGB) para exigir la responsabilidad administrativa en materia ambiental en sus esferas de competencia correspondientes.

-Se ha definido el ámbito de actuación y prerrogativas de los inspectores populares en materia ambiental.

CAPÍTULO III

LA ÉTICA Y LA INSPECCIÓN ESTATAL AMBIENTAL.

Como parte del proceso de fortalecimiento del sistema regulador, se han venido desarrollando acciones encaminadas a estimular el desarrollo de los recursos humanos que intervienen en las funciones estatales de regulación y control sobre la base, no solo de la elevación de su nivel técnico – profesional, sino prestando atención especial a su conducta moral y ética en la práctica constante de la actividad.

Como parte de este objetivo, mediante la Resolución 80/2003 de la ORASEN se puso en vigor el Código de Ética para el Ejercicio de la Actividad Reguladora, el cual debe ser de total conocimiento, compromiso y de aplicación permanente en el actuar de los Inspectores estatales ambientales, por lo que se ha decidido dedicar este Capítulo del material a puntualizar los aspectos más importantes de la Ética que se deben mantener en la actividad de Inspección Estatal Ambiental.

3.1 Principios éticos.

- o *Conducta política, moral y social, acorde con los principios de nuestra sociedad.*
- o *Respeto y trato adecuado con los representantes de las entidades objeto de inspección.*
- o *Cumplir y hacer cumplir en todo momento la legislación ambiental.*
- o *Cumplir con los términos y plazos de los procesos.*
- o *Mantener la debida discreción en el manejo de la información a la que se accede durante el desempeño de las funciones.*
- o *Sinceridad y honestidad.*
- o *Profesionalidad en el actuar, verificando e investigando exhaustivamente cualquier violación que se detecte, antes de adoptar medidas y sanciones.*
- o *Denunciar, combatir y abstenerse de realizar cualquier actividad que pueda constituir manifestación de indisciplina, corrupción o ilegalidad.*
- o *Rechazar cualquier ofrecimiento que pueda atentar contra la dignidad personal y colectiva, o implique a cambio, las promesas de dávidas, favores o beneficio personal.*
- o *Informar de inmediato cualquier posible manifestación delictiva.*
- o *Contribuir en todo momento al eficaz desarrollo del trabajo.*
- o *Mantener una adecuada disciplina.*
- o *Respetar las decisiones y criterios de los demás actores involucrados en las inspecciones.*

- o *Asumir el cumplimiento de las tareas con rigor, profesionalidad, responsabilidad y compromiso con los principios de la política ambiental del país.*
- o *Capacitación y autosuperación constante.*
- o *Mantener una apariencia personal adecuada.*

El modo de fomentar los principios anteriores es cultivando valores éticos, políticos y morales de forma constante en nuestros inspectores estatales ambientales, pero a la misma vez manteniendo el control estricto de los procesos que los inspectores ejecutan, mediante controles que pueden ser tanto internos como externos.

3.2 Controles internos.

Con este objetivo se recomiendan desarrollar acciones como:

- o *No permitir el desarrollo de procesos unipersonales, tratando que participen siempre más de dos inspectores en los mismos.*
- o *Tener debidamente escritos los procedimientos de los procesos, con registros que permitan seguir cada etapa del desarrollo de los mismos. Controlar periódicamente el cumplimiento de estos procedimientos y la información de los registros.*
- o *Realizar la evaluación y el análisis sistemático de la actuación de los inspectores ante la detección de infracciones de la legislación ambiental. Es recomendable el análisis caso a caso de cada violación de la legislación detectada (tipificada como una contravención) y el actuar de los inspectores ante las mismas.*
- o *En relación con lo planteado en el punto anterior, se debe evaluar el rigor en el actuar de los inspectores, en especial con la imposición de multas. No se trata de una meta o cantidad de multas a imponer, si no de analizar que todas las que se requirieron fueron debidamente impuestas.*
- o *Estar siempre alertas ante posibles preferencias de los inspectores por determinadas actividades o entidades.*
- o *Analizar de forma crítica cualquier error o deficiencia que se presente en los procesos reguladores.*

3.3 Controles externos.

Deben constituir un complemento de los controles internos. Se recomienda buscar mecanismos adecuados de retroalimentación de la opinión y la valoración del trabajo de nuestros inspectores por parte de representantes de otros OACEs reguladores que participan en nuestros controles, e incluso de entidades seleccionadas, que hayan sido objeto de inspección. Por supuesto estas acciones deben realizarse de forma cuidadosa y con el tacto que se requiere para obtener criterios e informaciones verídicas y útiles.

También resulta una vía importante los resultados de las Inspecciones Estatales Ambientales de carácter nacional que ejecuta el CICA de conjunto con las Delegaciones Territoriales del CITMA, así como los señalamientos que se realizan durante los controles internos nacionales a la actividad reguladora ambiental.

Como parte de los controles externos se deben tener en cuenta también el conocimiento de los resultados de Inspecciones Estatales que realicen los otros OACEs del territorio en materia de control ambiental y de protección de los recursos naturales en sus esferas de competencia.

También se deberán analizar profundamente aquellos casos en que no es posible cobrar las multas impuestas y las mismas se cancelan en las Oficinas de Cobro de Multas, debido datos mal puestos o incompletos, problemas en el número de carné de identidad o de otro tipo, en el talón que se entrega a esta Oficina. En estos casos es importante determinar y erradicar las causas, y estar alertas ante posibles reincidencias.

CAPÍTULO IV.

DERECHO Y LEGISLACIÓN AMBIENTAL.

En los últimos 50 años en Cuba se ha prestado especial atención a que el desarrollo económico y social del país se armonice con la protección del medio ambiente, es decir ha sido una prioridad para el Estado Cubano implementar un modelo de desarrollo sostenible. Para materializar ese objetivo ha sido necesario el desarrollo de un marco legislativo que soporte al mismo.

La labor legislativa en Cuba en materia ambiental a partir de 1959 puede dividirse en dos etapas. La primera etapa se enmarca de 1959 a 1994. Durante esta etapa se convirtió en voluntad política la conservación de la naturaleza. La segunda etapa se inicia en 1994 con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y se caracteriza por el fortalecimiento, completamiento y modernización de los instrumentos legales en materia de protección, conservación del medio ambiente y del uso racional de los recursos naturales.

Principales momentos de la primera etapa:

- *Reconocimiento por el artículo 27 de la Constitución de la República (aprobada en 1976), del deber del Estado, sus órganos y los ciudadanos de velar por el uso racional de los recursos naturales.*
- *Creación del Sistema Nacional de Protección del Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales en 1981, con la aprobación de la Ley 33 *De Protección del Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales* y su posterior Institucionalización en el año 1990 cuando se aprueba el Decreto Ley 118 *Estructura, Organización y Funcionamiento del Sistema Nacional de Protección del Medio Ambiente y su Órgano Rector*, creándose la COMARNA (Comisión Nacional de Protección del Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales). Ambos instrumentos legales fueron posteriormente derogados con la aprobación de la Ley 81.*
- *Reforma Constitucional de 1992, que modificó al artículo 27, armonizándolo con las nuevas concepciones internacionales sobre el tema. Este artículo quedó redactado como: *El Estado protege al Medio Ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y de todo el uso potencial de la naturaleza*.*

Principales momentos de la segunda etapa:

- *Creación del CITMA. En 1994 se promulga el Decreto Ley 147, de la Reorganización de la Administración Central del Estado y se adopta el Acuerdo 2823 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros. Mediante estos instrumentos legales se extinguió a la COMARNA y se creó al Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), como el organismo de la Administración Central del Estado encargado de proponer la política ambiental y dirigir su ejecución sobre la base de la coordinación y el control de la gestión ambiental del país, propiciando su integración coherente para contribuir al desarrollo sostenible. A este organismo le corresponde, entre otras funciones, la de*

aprobar o proponer, según sea el caso, así como evaluar y exigir, el cumplimiento de las regulaciones establecidas para la protección del medio ambiente, demandando la realización de las acciones que a esos fines correspondan.

- *Aprobación en 1997 de la Ley 81, Ley Del Medio Ambiente, que tiene por objeto establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado, las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger al medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible del país.*

Nuestra legislación se encuentra en un proceso de revisión y actualización constante como vía que permita dar respuesta a las nuevas necesidades y las adecuaciones a los avances que esta materia tiene tanto a nivel nacional como internacional. Dentro de los aspectos prioritarios que actualmente se revisan se encuentran las normas que regulan el acceso a las áreas naturales y a la diversidad biológica, especialmente las relacionadas con el listado de especies de especial significado, la identificación de cayos frágiles en los que no se permitirá intervención alguna y la modernización de las normas legales para la protección de los suelos y las aguas interiores. También se trabaja en la adecuación de las Resoluciones emitidas por el CITMA, armonizándolas con el perfeccionamiento funcional e institucional que este organismo ha realizado.

En el presente Capítulo se abordan los aspectos más generales que se establecen en nuestra legislación ambiental que deben ser del conocimiento del Inspector estatal ambiental, tratándose con un mayor nivel de detalles a los relacionados con el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, porque el resto de las regulaciones ambientales se tratan de forma diferenciada y específica en los restantes Capítulos de este material.

4.1 Ley 81 “Del Medio Ambiente” y legislación complementaria. Generalidades.

La Ley 81 define que el medio ambiente es patrimonio e interés fundamental de la nación y que su protección constituye un factor relevante a los fines de la defensa nacional y una garantía para nuestra soberanía, en tanto contribuye a asegurar la disponibilidad de los recursos naturales indispensables para la satisfacción de las necesidades básicas de la población y facilita la existencia de hábitat temporales para grandes núcleos poblacionales, lo que puede devenir factor relevante ante situaciones excepcionales.

El artículo 13 de la Ley “Del Medio Ambiente” establece que los Organismos de la Administración Central del Estado, en cumplimiento de sus deberes, atribuciones y funciones específicas relativas a la protección del medio ambiente, deben entre otras acciones:

- a) Incorporar y evaluar los requerimientos de la protección del medio ambiente en sus políticas, planes y programas de desarrollo.*
- b) Ejecutar proyectos con vistas a garantizar la sostenibilidad de su gestión y contribuir al desarrollo de la vida en un medio ambiente adecuado, valorando científicamente los factores ambientales.*
- d) Dictar disposiciones y velar por su cumplimiento.*
- e) Cumplir y hacer cumplir, en la esfera de su competencia, las disposiciones establecidas en materia de protección del medio ambiente.*

Lo antes explicado también se puede aplicar a las empresas, de acuerdo a lo que plantea el artículo 14.

De las Licencias Ambientales:

En el artículo 24 de la Ley se establece que: "Toda actividad susceptible de producir efectos significativos sobre el medio ambiente o que requiera de su debido control a los efectos del cumplimiento de lo establecido por la legislación ambiental, estará sujeta al otorgamiento de una Licencia Ambiental por el CITMA...."

En el artículo 28 se definen los nuevos proyectos de obras y actividades que con carácter obligatorio hay que someter al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, proceso que concluye con el otorgamiento o la denegación de una Licencia Ambiental. En el artículo 29 se aclara que también podrán someterse a este proceso las actividades existentes, en expansión, modificación tecnológica o reanimación o aquellas actividades que no se encuentren en esos casos pero lo justifique los impactos que causan.

De este Capítulo de la Ley se derivan como legislación complementaria, entre otras, las siguientes Resoluciones del CITMA, las que se explicarán más adelante:

- 132/2009 "Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental".
- 136/2009 "Reglamento para el Manejo Integral de los Desechos Peligrosos"
- 111/96 "Regulaciones sobre la Diversidad Biológica".
- 108/2004 "Control del Bromuro de Metilo".
- 34/96 "Normas para la Evaluación y Aprobación de Propuestas de Ejecución de Expediciones, Investigaciones y Visitas de Carácter Científico Técnico de Interés Ambiental".
- 87/97 "Reglamento para el Cumplimiento de los Compromisos Internacionales Contraídos por la República de Cuba en la Convención CITES".
- 116/2005 "Cronograma para el Control de las SAOs".

En relación con el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, la Resolución 132/2009 del CITMA "Reglamento para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental", establece:

- El procedimiento del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), definiendo al mismo como un proceso **preventivo**, así como la información necesaria para llevar a cabo este proceso.
- Que este proceso es realizado por el CICA o las Delegaciones Territoriales del CITMA (Autoridad Responsable), en función de las competencias establecidas.
- Que es necesario para iniciar el proceso presentar, dentro de la documentación de solicitud de la licencia ambiental, la micro localización de la obra, definiendo además que para aquellos proyectos que respondan al proceso inversionista establecido en el país, la licencia ambiental se solicita en la fase de preinversión, una vez que se ha aprobado el estudio de factibilidad de acuerdo a lo que establezca al efecto el MEP.

- *Que las solicitudes de licencia ambiental para la operación de instalaciones con peligro mayor deben acompañarse del correspondiente informe de seguridad, precisando el contenido y alcance de este informe, el cual es evaluado por la ORASEN, la que emite un dictamen vinculante sobre la pertinencia de dicho Informe para garantizar la operación segura de la instalación.*
- *Que la licencia ambiental caducará si transcurre un año a partir de otorgada y no se inicia la obra o actividad, excepto en los casos que se haya acreditado ante la Autoridad Responsable la falta de financiamiento y esta autoridad conceda la prórroga correspondiente. También la licencia ambiental caduca para aquellas obras o actividades cuya ejecución haya sido detenida por más de dos años.*
- *El procedimiento para determinar si la obra o actividad requiere de un Estudio de Impacto Ambiental, lo cual es decidido por la Autoridad Responsable.*
- *El contenido y alcance de los Estudios de Impacto Ambiental, los que solo podrán ser realizados por entidades debidamente acreditadas por el CITMA, definiendo el proceso para solicitar, analizar y obtener dicha acreditación.*
- *Los plazos para concluir el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental: 10 días hábiles para revisar la información contenida en la solicitud, 5 días hábiles más para registrar y 30 días hábiles si no se requiere de Estudio de Impacto Ambiental (contados a partir de la fecha de registro) y 60 días hábiles en caso de que se requiera este Estudio (contados a partir de que se presente el mismo).*
- *La posibilidad de otorgar las licencias ambientales por fases o etapas en aquellos casos que contribuya a facilitar el mecanismo de control, acorde con la envergadura y complejidad de las etapas del proyecto.*
- *Las responsabilidades de otros Organismos de la Administración Central del Estado de evaluar y emitir los criterios que en el proceso de evaluación le sean solicitados y que ante la falta de respuesta se puede asumir el silencio como aceptación positiva.*
- *La posibilidad de los titulares de los proyectos de solicitar la modificación de las medidas o requisitos de la licencia ambiental siempre que no impliquen cambios sustanciales de los proyectos que conlleven a la necesidad de una nueva evaluación. Esta posibilidad de solicitud, no está sujeta a ningún término de tiempo.*
- *La posibilidad de suspender o revocar la licencia ambiental si durante la ejecución de la actividad o el proyecto se producen impactos ambientales negativos de significación no previstos inicialmente.*
- *Los procedimientos ante las inconformidades que se presentan en un plazo máximo de 10 días hábiles ante el Director General de la ORASEN, salvo que la desición impugnada haya sido de él, en cuyo caso se presenta ante el Ministro del CITMA.*
- *El carácter público del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental y de toda su documentación, salvo la que sea declarada confidencial acorde a lo establecido en el país.*
- *La existencia de un Libro Registro que permita seguir la trazabilidad del proceso de EIA.*

- *La obligatoriedad, por parte del inversionista, de pagar la cuota establecida por la realización del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.*
- *Un Capítulo dedicado a la Evaluación de Impacto Ambiental y el otorgamiento o no de las licencias ambientales a los "Proyectos de Obras y Actividades a Pequeña Escala", definiendo como tales a las obras o actividades que por lo general son ejecutadas por personas naturales o personas jurídicas locales y que no implican grandes cantidades de recursos materiales para su ejecución por lo que para la realización de la evaluación de los impactos ambientales de los mismos y el establecimiento de las medidas de mitigación correspondientes no se requiere el mismo nivel de información que para el resto de las solicitudes de licencias ambientales establecidas por esta Resolución, lo que simplifica el proceso desde el punto de vista de información requerida y se garantiza un proceso de evaluación más expedito, definiendo que el mismo solo se ejecutará a nivel territorial.*
- *Que estos procesos no requieren de un Estudio de Impacto Ambiental y de no disponerse de las autorizaciones de otros organismos competentes, se otorga la Licencia Ambiental y se pone como medida la obtención de estas autorizaciones previo al inicio de la actividad.*
- *Un mecanismo de Licencia Ambiental Marco y Dictamen Anexo Particular para los Proyectos de Obras y Actividades a Pequeña Escala que responden a un Programa o Esquema de Desarrollo, definiendo un mecanismo de autocontrol sobre todo el Programa o Esquema de Desarrollo por parte de la persona jurídica responsable del mismo.*

De las contravenciones ambientales estatales en relación con las licencias ambientales:

Las violaciones de la legislación ambiental relacionadas con los procesos de licenciamiento, se tipifican en el artículo 5 del Decreto Ley 200/99, el cual establece:

- a) No someter al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) a aquellos procesos que lo requieren (artículo 28 de la Ley 81 y 5 de la Resolución CITMA 132/2009). Se sancionan con multas de 250 y 5000 pesos.*
- b) Realizar otras actividades sin Licencia Ambiental. Aplicable para otras Licencias que no sean las derivadas del proceso de EIA (de acuerdo con el artículo 24 de la Ley 81). Se sancionan con multas de 250 y 5000 pesos.*
- c) No someter al proceso de EIA las expansiones, modificaciones, reanimaciones u otras actividades en curso que lo requieran (de acuerdo con el artículo 29 de la Ley 81 y 3 de de la Resolución CITMA 132/2009). Esto debe haber sido comunicado previamente por la autoridad ambiental al titular del proyecto o actividad. Se sancionan con multas de 200 y 2250 pesos.*
- d) Incumplir las medidas de las Licencias Ambientales, tanto de las otorgadas mediante un proceso de EIA, o por el resto de las Resoluciones que el CITMA ha emitido a partir de lo que establece el artículo 24 de la Ley 81. Se sancionan con multas de 200 y 5000 pesos.*
- e) No entregar la información requerida, ocultar datos o entregar información inexacta. Se sancionan con multas de 200 y 5000 pesos.*

El primer valor se corresponde con la multa a las personas naturales y el segundo a las jurídicas. En cualquier caso se podrán aplicar también cualquier otra medida prevista en el Decreto Ley 200/99.

Sistema de Inspección Estatal Ambiental:

Como se explicó, la Ley 81 concibe esta actividad como un sistema compuesto por la Inspección Estatal Ambiental a cargo del CITMA y las Inspecciones Estatales que desarrollan otros órganos y organismos del Estado, cuya actividad repercute sobre la protección del medio ambiente.

Las entidades que sean objeto de la Inspección Estatal Ambiental están obligadas a permitir a la Autoridad Competente el acceso al lugar a ser inspeccionado, así como a proporcionar la información necesaria para la verificación del cumplimiento de las disposiciones ambientales vigentes.

Este sistema se define en el Capítulo VI de la Ley 81 y se implementa mediante la Resolución 103/2008 "Reglamento de la Inspección Estatal Ambiental de la Actividad Reguladora Ambiental".

Protección y uso sostenible de la Diversidad Biológica:

En este capítulo se regula la obligación de los órganos, organismos y las personas naturales y jurídicas de adoptar, en sus esferas de competencia, acciones y medidas que aseguren la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes. Define la protección especial del Estado a las especies endémicas, amenazadas, en peligro o en vía de extinción, las que tengan alguna connotación y los ejemplares representativos de los diferentes tipos de ecosistemas.

La protección y uso de la Diversidad Biológica se implementa además, mediante la Ley 85 de 1998 "Ley Forestal" y su Reglamento (Resolución 330/99 del MINAG), el Decreto Ley 164/96 "Reglamento de Pesca" y las Resoluciones del CITMA 111/96, 87/97 y 34/96, entre otras.

Sistema Nacional de Áreas Protegidas:

Este sistema se instituye con el objetivo de mantener muestras representativas de las regiones biogeográficas y de las bellezas naturales más importantes del país, incluyendo los sitios de importancia para la migración de las especies. Las áreas protegidas constituyen una vía para conservar in situ la flora y la fauna, mantener y manejar los recursos bióticos, conservar y manejar los suelos, los recursos hídricos y los forestales, conservar y rehabilitar los paisajes y propiciar la educación ambiental de las comunidades locales. Este capítulo se implementa mediante el Decreto Ley 201 de 1999.

Aguas y Ecosistemas Acuáticos:

En este capítulo se establece en su artículo 92 inc. a "La obligación de todas las personas naturales y jurídicas sobre la protección y conservación de las aguas y los ecosistemas acuáticos"

En el artículo 93 inc. b se establece que "Todas las descargas en los cursos de aguas y en las bahías, aguas costeras y lacustres, represadas, subterráneas o de cualquier otro tipo, de sustancias susceptibles de provocar contaminación, de afectar otros usos previstos o

previsibles o de alterar el equilibrio de los ecosistemas, deberán ser objeto de tratamiento adecuado.”

Finalmente en el artículo 95 se reitera que las aguas residuales de la actividad económica y social antes de ser vertidas al medio ambiente, tienen que recibir el tratamiento correspondiente para que no contaminen los embalses y cuerpos de aguas terrestres y marítimas.

De este Capítulo de la Ley se derivan, como legislación complementaria, el Decreto Ley 138/93 “De las Aguas Terrestres”, complemento de la Ley 33, y el Decreto Ley 212/2000 “Gestión de la Zona Costera”. Igualmente, resultan un complemento importante dos normas técnicas, una relacionada con el vertimiento de residuales al alcantarillado y a las aguas interiores, y la otra relacionada con el vertimiento de residuales a la zona costera.

Suelos:

En este Capítulo de la Ley se establece la obligatoriedad de los que usan o explotan los suelos, de hacer su actividad compatible con las condiciones de estos, manteniendo su integridad física y su capacidad productiva, también obliga a adoptar las medidas que correspondan para evitar y corregir las acciones que favorezcan la erosión, salinización y otras formas de degradación.

Con el objetivo de proteger los suelos, es deber de todas las personas naturales y jurídicas utilizar prácticas correctas en la generación, manejo y tratamiento de los desechos (domésticos, industriales y agrícolas) y en el uso de cualquier sustancia química. Especial atención se prestará a la prohibición de disposición de desechos en terrenos baldíos (rurales y urbanos) y en zonas aledañas a las vías de comunicación.

El complemento de este Capítulo lo constituye también una legislación derivada de la Ley 33, el Decreto 179/93 “Protección, Uso y Conservación de los Suelos”.

Atmósfera:

En el artículo 118 de la Ley 81 se establece que los órganos y organismos cuya actividad incide sobre la atmósfera, asegurarán que la contaminación de ésta no sobrepase los niveles permisibles por las normas y reducirán y controlarán las emisiones de contaminantes a la atmósfera para asegurar la calidad del aire de conformidad con las normas que la regulan.

Desechos Peligrosos y Productos Químico Tóxicos:

Estos capítulos se implementan mediante la Resolución 136/2009 sobre el manejo integral de los desechos peligrosos y la Resolución 96/2004 relativa a restricciones a determinados productos químicos.

Otros Aspectos de Interés:

*La Ley 81 establece en su artículo 147 la prohibición de emitir, verter o descargar sustancias o disponer desechos, **producir sonidos, ruidos**, olores, vibraciones y otros factores físicos que afecten o puedan afectar a la salud humana o dañar la calidad de vida de la población.*

En el artículo 160 se define la obligación de todo empleador de asegurar condiciones ambientales que no afecten o pongan en riesgo la salud o la vida de los trabajadores, así como desarrollar las actividades laborales en armonía con el medio ambiente. En el 161 se

*aclaran las obligaciones del empleador de poner en práctica medidas para la protección del medio ambiente y para salvaguardar la salud y la vida de los trabajadores y la población circundante, entre estas, el buen estado de conservación, uso y funcionamiento de todas las instalaciones destinadas a prevenir y corregir los riesgos del ambiente laboral y **evitar la acumulación de desechos o residuos que constituyan un riesgo para la salud, efectuando la limpieza y desinfección periódica pertinente.***

4.2 Responsabilidad Administrativa Ambiental.

La Responsabilidad Administrativa Ambiental se encuentra establecida en su carácter más general en el Decreto Ley 200 "De las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente", porque existen también otras normas legales que tipifican conductas contravencionales relacionadas con el medio ambiente, que son aplicadas por los otros organismos reguladores antes mencionados, que conforman el Sistema Regulador Ambiental.

Esta norma legal define las contravenciones aplicables en materia de medio ambiente, sin perjuicio de las disposiciones vigentes o que oportunamente se establezcan, en lo relativo a determinados sectores de protección ambiental.

El Decreto Ley 200/99 significó un importante salto cualitativo en la regulación administrativa-sancionadora ambiental, pues conjugó esta acción, sin exención de la exigencia de las responsabilidades civil y penal cuando proceden, con las particularidades económicas y sociales existentes en el país desde finales del siglo pasado.

4.3 Responsabilidad Civil por Daños Ambientales.

La obligación de reparar el daño se dispone en el artículo 70 de la Ley 81, que establece que "toda persona natural o jurídica que por su acción u omisión dañe al medio ambiente está obligada a cesar su conducta y reparar los daños o perjuicios que ocasione." Las disposiciones sobre este tema en la Ley 81 son escuetas y su contenido en cuanto al alcance de la responsabilidad se refiere es limitado, en comparación con la Ley 59, Código Civil.

En materia de responsabilidad civil se puede aseverar que no existe conflicto entre las dos normas mencionadas. La aplicación de las formas de reparación previstas en el Código Civil no contradice el espíritu de la Ley de Medio Ambiente, sino que por el contrario lo complementa y lo refuerza, por lo que es perfectamente aplicable el principio de supletoriedad.

El mayor mérito de la Ley 81 en este tema es el de haber sido la primera norma que estableció en el ordenamiento jurídico cubano una definición del daño ambiental, definiendo en su artículo 8 que debe entenderse por daño ambiental "toda pérdida, disminución, deterioro o menoscabo significativo, inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes, que se produce contraviniendo una norma o disposición jurídica."

La definición del daño precitada y lo que se establece en el artículo 70 permite la inclusión de los daños ambientales personales, patrimoniales y ecológicos. La Ley de Medio Ambiente establece la legitimación en sus artículos 70 y 71. En el primero de ellos, al imponer la obligación de la reparación del daño ambiental a quien ha causado el daño, no deja lugar a dudas de que será aquel el demandado. El artículo 71 identifica a las personas que pueden exigir la reparación de los de los daños ambientales. En primera instancia el precepto acude a la Fiscalía General de la República, institución encargada en el país de velar por el cumplimiento de la legalidad, que la convierte en el principal garante de los intereses colectivos. Seguidamente se recurre al CITMA como órgano de la administración central del

Estado encargado de la protección del medio ambiente. Por último se reconoce la legitimación de los perjudicados es decir, quien haya sufrido personalmente el daño o perjuicio.

Las principales experiencias en cuanto a la aplicación de la responsabilidad civil ambiental en nuestro país, se relacionan con las reclamaciones ante el derrame de hidrocarburos provocados por buques. En estos casos, debido a las dificultades prácticas para cuantificar el daño ambiental, el monto de las reclamaciones por los daños provocados por contaminación, se ha determinado a partir del costo de las medidas preventivas, incluyendo la limpieza y la rehabilitación/restauración del entorno deteriorado.

También existen otras experiencias en el país de este tipo de procesos, ante afectaciones por contaminación a las aguas provocadas por algunas industrias y en estos casos las cuantías de las indemnizaciones se han determinado a partir de los daños a la propiedad o de las pérdidas económicas.

4.3.1 Modificación de la Ley de Procedimiento Civil, Administrativo y Laboral.

Un paso de avance en cuanto a la reclamación por daños ambientales en Cuba lo ha significado la puesta en vigor del Decreto Ley 241, de fecha 26 de septiembre del 2006, publicado en la Gaceta Oficial Extraordinaria el 27 de septiembre del propio año.

A partir de la experiencia acumulada en la práctica jurisdiccional de las Salas de lo Económico de los Tribunales Populares en la solución de los conflictos que se producen en la vía económica, se evidenció la necesidad de introducir cambios en las normas procesales que regían hasta este momento la actividad de solución de conflictos, introduciendo un procedimiento que pasara a formar parte de la Ley de Procedimiento Civil, Administrativo y Laboral.

El artículo 741 del referido Decreto Ley establece lo siguiente: “Corresponde asimismo a las Salas de lo Económico de los tribunales populares, conocer y resolver los litigios que surjan con motivo del incumplimiento de las regulaciones sobre la protección del medio ambiente y los recursos naturales, o relacionados con los daños ambientales, resultantes de actividades económicas desarrolladas por personas jurídicas o naturales, cubanas o extranjeras, en el territorio nacional, comprendidas las aguas interiores, el mar territorial, la zona económica exclusiva y la plataforma continental.”

“Son del conocimiento de las salas de lo Económico de los Tribunales Populares, las acciones resarcitorias o de cumplimiento para la preservación del medio ambiente y la protección de los recursos naturales, que se promuevan por personas jurídicas o naturales cubanas, o, en su caso, por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, la Fiscalía General de la República o el Ministerio de la Agricultura, este último en materia de Patrimonio Forestal.”

De la lectura de este artículo se debe destacar que:

- 1. Se puede recurrir a la Sala de lo Económico de los Tribunales por el mero hecho de incumplir una disposición legal vigente en materia ambiental sin que necesariamente se haya provocado un daño al medio ambiente, por ejemplo en los casos en que la autoridad ambiental haya requerido reiteradamente a una persona natural o jurídica el cumplimiento de una disposición legal (puede ser el cumplimiento de una medida de una Licencia Ambiental, de una Inspección Estatal Ambiental o incluso el cumplimiento de una contravención impuesta) y esta se abstenga de cumplirla.*

2. Si como resultado del incumplimiento de las disposiciones legales o por otras razones se produce un daño al medio ambiente puede recurrirse también ante la misma Sala con el fin de obligar al infractor a que repare el daño causado.
3. Estas acciones pueden ser ejercidas por cualquier persona natural o jurídica que haya sido o que pudiera ser afectada, así como por el CITMA, la Fiscalía General de la República y el MINAG.
4. Se establece como única limitante para ejercer la acción de demandar, que el incumplimiento de las medidas o el daño causado se produzca como resultado de una actividad económica.
5. La Autoridad Ambiental puede ser también demandada cuando incumpla una disposición legal vigente (no realice una Inspección, no otorgue una Licencia Ambiental en los casos que corresponda o no aplique una contravención existiendo una violación).
6. Se pueden presentar demandas para instar a una persona natural o jurídica (incluida la Autoridad Ambiental) a que cumpla una determinada regulación ambiental.

Por su parte el artículo 746 inciso d, establece que las Salas de lo Económico de los tribunales provinciales populares son las competentes para conocer las demandas que se promuevan con motivo del incumplimiento de las regulaciones sobre la protección del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales o de la producción de daños ambientales causados por una actividad económica.

En el artículo 748 expone que los conflictos sobre la protección del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales los conoce y resuelve la Sala de lo Económico del Tribunal correspondiente al lugar en que ocurrió el evento dañoso o violatorio de la normativa ambiental.

Pueden ser parte (reclamante o reclamado) en los procesos económicos:

- a) Las empresas, uniones y demás organizaciones económicas estatales, cualesquiera sean las formas que adopten conforme con la ley;
- b) Los órganos y organismos del Estado y demás unidades presupuestadas;
- c) Las sociedades mercantiles y civiles de servicio;
- d) Las instituciones financieras;
- e) Las organizaciones políticas, sociales y de masas y entidades que les están subordinadas;
- f) Las asociaciones, fundaciones y demás organizaciones de carácter social;
- g) Las empresas mixtas y personas jurídicas o naturales extranjeras, autorizadas a operar en el territorio nacional;
- h) Las cooperativas de producción agropecuaria, las cooperativas de créditos y servicios, las unidades básicas de producción cooperativa o cualquier otro tipo autorizado por la ley;
- i) Los agricultores pequeños, propietarios o usufructuarios de tierras;
- j) Cualquier otra entidad o persona natural que autorice expresamente la ley.

Como ya se explicó anteriormente también pueden ser parte en los procesos que se promuevan por incumplimiento de las regulaciones sobre protección del medio ambiente y los recursos naturales, la Fiscalía General de la República y el CITMA y en el caso del patrimonio forestal, el MINAG.

Las partes pueden comparecer en el proceso económico por sí mismas o representadas por abogado. Cuando lo hagan por sí mismas deben ser dirigidas por un abogado (artículo 754).

Las personas jurídicas actuarán mediante quién las represente, de acuerdo a las disposiciones legales por las cuales se rijan, presumiéndose que el presidente, gerente, director general o funcionario que ejerza la máxima autoridad está facultado para representarlas.

No obstante en los casos en que la representación de la persona jurídica deba recaer en una persona natural distinta a las mencionadas en el párrafo anterior se deben cumplir los requisitos siguientes:

- 1. Si la persona natural es ajena a la entidad (persona jurídica) la representación se debe hacer constar mediante documento notarial (poder especial).*
- 2. Si la persona natural pertenece a la propia entidad debe acreditarse la representación mediante una resolución en la cual se hagan constar tal delegación y en la cual deben constar claramente los fundamentos que autorizan tal delegación.*
- 3. Si la representación se hace mediante abogados de bufetes colectivos o de consultoría jurídicas estatales, la representación debe acreditarse mediante el contrato de servicios jurídicos.*

Los escritos de demanda y contestación se deben formular por escrito y en el mismo se expresarán entre otros los aspectos siguientes:

- 1. Las generales del actor y el demandado, en cuanto a este último por lo menos su nombre y domicilio o paradero y de ignorar estos el último conocido. En los casos de las personas jurídicas deben comprender además el órgano u organismo del que dependan.*
- 2. Los hechos en que se base, numerados y sucintamente relatados.*
- 3. Los fundamentos de derecho, enumerados y expuestos concreta y brevemente, con señalamiento de las normas que lo establezcan.*
- 4. La pretensión o pretensiones que concretamente se deduzcan.*
- 5. Se deben presentar y proponer los documentos justificativos de la representación y el carácter con que se comparece, los documentos en que el actor o el demandado funde el derecho alegado. Si no se tienen a su disposición, debe designarse el archivo, oficina o lugar en que se encuentran los originales.*
- 6. Las pruebas que se requieren practicar, en los casos que procedan.*
- 7. Cualquier otro documento que las partes consideren importante y necesaria para la mejor solución del conflicto.*

Aspecto importante a tener en cuenta la constituye lo relacionado con la solicitud al tribunal de embargo y otras medidas cautelares.

Constituye una medida cautelar aquellas acciones que el demandante considera necesarias realizar con el fin de evitar que el demandado con su actuar pueda producir un daño o que continúe lesionando el medio con la realización de esa acción. Es importante recalcar que procederá la adopción de medida cautelar cuando concurren circunstancias, debidamente acreditadas, que evidencien el riesgo cierto de daño irreparable para la parte actora (demandante) de no adoptarse la misma.

La solicitud de medida cautelar se puede realizar antes o al interponer la demanda principal o en cualquier momento del proceso y debe ser presentada ante el tribunal competente para conocer de la demanda principal.

Pueden ser presentadas como medidas cautelar entre otras las siguientes:

- 1. El embargo preventivo de bienes;*
- 2. El secuestro de bienes en litigio;*
- 3. La anotación preventiva en registro público;*
- 4. El depósito temporal de bienes;*
- 5. El aseguramiento de medios probatorios;*
- 6. La suspensión o abstención de actividad o conducta determinada;*
- 7. Cualquier otra medida orientada a garantizar la eficacia del proceso.*

Las medidas cautelares impuestas podrán ser sustituidas, modificadas o revocadas, a instancia de cualquiera de las partes, cuando hayan variado o cesado las circunstancias que determinaron su adopción. En su defecto la medida cautelar se mantiene hasta la terminación del proceso principal.

Otro de los aspectos importante que establece el Decreto Ley 241/06 es el relacionado con la sentencia en el proceso medioambiental al referir que las sentencias dictadas en este tipo de proceso no causa estado de cosa juzgada, quedando legitimado el perjudicado para ejercer nuevas acciones reclamatorias por la continuidad de los efectos del mismo evento dañoso que haya dado lugar a dicha sentencia.

Por último debe conocerse que esta vía procede solo cuando la vía administrativa haya sido agotada, o sea que con anterioridad se hayan tomado por parte de la Autoridad Ambiental todas las medidas administrativas correspondientes (contravenciones) contra el infractor.

A modo de resumen, se pueden destacar los siguientes aspectos y conclusiones que de este Decreto Ley se derivan:

- Puede contribuir a incrementar la efectividad y la eficacia del trabajo regulador ambiental del CITMA, al facilitar la incidencia de los Tribunales Provinciales sobre factores, fundamentalmente subjetivos (negligencias, desconocimiento, etc), que incidan en el cumplimiento de la legislación ambiental, creando una capacidad de coerción adicional.*
- No se requiere que se produzca, demuestre y cuantifique un daño ambiental, lo cual en la mayoría de los casos es muy complejo, al establecer la figura "acción de cumplimiento".*
- Para poder llevar a la Sala de lo Económico de los Tribunales Provinciales Populares un caso por "acción de cumplimiento" solo se requiere demostrar la violación de una norma ambiental y que se ha agotado la vía administrativa.*

- *En estos momentos estos procesos solo se pueden presentar en los Tribunales Provinciales, por lo que por el Sistema Regulador Ambiental del CITMA, los mismos deben ser presentado por las Delegaciones Territoriales.*

4.4 Responsabilidad Penal y Medio Ambiente.

En materia penal, la Ley 81 establece en su artículo 75 que las acciones u omisiones socialmente prohibidas por la Ley bajo conminación penal, que atentan contra la protección del medio ambiente, serán tipificadas y sancionadas a tenor de a tenor de lo que dispone la legislación penal vigente. Sin embargo, la Ley 62 que puso en vigor el Código Penal cubano no prevé la penalización del llamado delito ambiental, solo tipifica algunas conductas lesionadoras del medio ambiente, asociadas a la protección de la salud, los bienes de las personas y la economía nacional.

En el Título III de este Código "Delitos Contra la Seguridad Colectiva", se encuentran un conjunto de capítulos que no tienen como bien jurídico protegido al medio ambiente, pero amparan a la ciudadanía en circunstancias en que se vea afectada la salud de las personas. Dentro de este Título está el Capítulo IV sobre la infracción de las normas referidas al uso y conservación de las sustancias radioactivas y otras fuentes de radiaciones ionizantes; el Capítulo V sobre los delitos contra la salud pública, acerca de la propagación de epidemias, exhumaciones ilegales, contaminación de las aguas y la atmósfera y otras conductas que implican riesgos contra la salud pública.

De igual forma, en el Título V, "Delitos Contra la Economía Nacional", en el Capítulo XIV se tipifican la infracción de las normas para prevenir y combatir enfermedades y plagas de animales y plantas, en el Capítulo XV acerca de la contaminación de las aguas y en el XVII sobre las actividades ilícitas contra los recursos naturales. En el caso de estos dos últimos Capítulos, que pudieran presentar una mayor relación con el trabajo de los inspectores estatales ambientales, se establece que:

"ARTÍCULO. 194.1: Se sanciona con privación de libertad de 3, meses a 1 año o multa de 100 a 300 cuotas o ambas al que:

a) arroje en las aguas potables objetos o sustancias nocivas para la salud;

b) contamine cuencas de abasto de aguas superficiales o subterráneas que se utilizan o puedan ser utilizadas como fuente de abastecimiento para la población;

c) omita cumplir las disposiciones legales tendentes a evitar la contaminación de la atmósfera con gases, sustancias o cualquier otra materia dañina para la salud provenientes de industrias u otras instalaciones o fuentes;

ch) teniendo a su cargo la operación de una instalación de abastecimiento de agua potable a la población, por negligencia o incumplimiento de las normas establecidas, dañe la calidad del agua, poniendo en peligro la salud de la población;

d) teniendo a su cargo la operación de una instalación para el tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales o agropecuarias, por negligencia o incumplimiento de las normas establecidas, cause la contaminación de corrientes de aguas superficiales subterráneas o del mar.

2. La sanción prevista en el apartado anterior se impone siempre que el hecho no constituya un delito de mayor entidad.

ARTÍCULO. 238.1. Se sanciona con privación de libertad de 3 meses a 1 año o multa de 100 a 300 cuotas o ambas al que:

a) arroje objetos o sustancias nocivas en ríos, arroyos, pozos, lagunas, canales, o en lugares destinados abreviar el ganado o las aves, poniendo en peligro su salud o su vida;

b) arroje objetos o sustancias nocivas a aguas pesqueras o en criaderos de especies acuáticas.

2. Si, como consecuencia de los hechos a que se refiere el apartado anterior, se causa la muerte o el daño en la salud de las especies referidas, la sanción es de privación de libertad de 6 meses a 2 años.

ARTÍCULO. 239: El que vierta, derrame o descargue sustancias perjudiciales para la economía nacional o residuos que contengan tales sustancias, en las aguas territoriales o en la Zona Económica Marítima de la República, incurre en sanción de multa de 1000 a 10000 cuotas.

ARTÍCULO. 241.1: El que, sin la debida autorización, realice cualquier acto con el fin de explotar los recursos naturales, tanto vivos como no vivos, del lecho y subsuelo marinos y los existentes en las aguas suprayacentes inmediatas a las costas fuera del mar territorial y zona contigua, en la extensión que fija la ley, incurre en sanción de multa de 100 a 10 000 cuotas.

2. En el caso a que se refiere el apartado anterior podrá imponerse como sanción accesoria, además de la que corresponda, el comiso de equipos y de los recursos naturales extraídos de lecho y subsuelo marinos."

Por último, son previstos en el Título VI sobre "Delitos Contra el Patrimonio Cultural", los daños a bienes de este patrimonio (Capítulo I), la extracción ilegal del país de dichos bienes (Capítulo II), la transmisión y tenencia ilegal de los mismos (Capítulo III) y la exploración arqueológica ilegal (Capítulo IV).

En materia penal-ambiental, el delito que se ha empleado con mayor frecuencia por las autoridades ambientales es el de desobediencia. Al respecto nuestro Código Penal establece:

"Artículo 134. El funcionario judicial o administrativo que no dé cumplimiento a resolución firme u orden dictada por tribunal o autoridad competente y revestida de las formalidades legales, incurre en sanción de privación de libertad de tres meses a un año o multa de cien a trescientas cuotas."

Este delito se ha aplicado ante funcionarios que de forma reiterada e injustificada han incumplido medidas de Licencias Ambientales, Inspecciones Estatales Ambientales y otras medidas administrativas, derivadas de la aplicación del Decreto Ley de Contravenciones Ambientales.

CAPÍTULO V.

SISTEMA DE INSPECCIÓN ESTATAL AMBIENTAL.

La Ley 81/97 "Ley del Medio Ambiente" establece en su artículo 12 inciso c que: "Corresponde al CITMA, en coordinación con otros órganos y organismos competentes, coordinar e integrar la introducción de los aspectos requeridos para la protección del medio ambiente en las acciones de los órganos y organismos estatales, a cuyos fines podrá solicitar y obtener la información correspondiente y formular las recomendaciones pertinentes al propio órgano u organismo o al Consejo de Ministros, según proceda."

En relación con lo antes explicado, y en especial con el Sistema de Inspección Ambiental, este instrumento legal plantea en sus artículos 39 y 40:

"ARTÍCULO 39.- La Inspección Estatal Ambiental se concibe como un sistema compuesto por:

a) La Inspección Estatal Ambiental a cargo del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y en la que participan los órganos y organismos convocados por este.

b) Las inspecciones estatales que desarrollan otros órganos y organismos del Estado, cuya actividad repercute sobre la protección del medio ambiente.

ARTÍCULO 40.- Los órganos y organismos estatales que participan en el Sistema de Inspección Estatal Ambiental incluirán en sus sistemas de inspección los aspectos requeridos para garantizar la protección del medio ambiente en sus respectivas esferas, para lo cual actuarán en coordinación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente."

La Ley 81 también define claramente las facultades de la Inspección Estatal Ambiental y las obligaciones de las entidades objeto de la inspección, al efecto establece:

"ARTICULO 41.- Las personas naturales o jurídicas que sean objeto de la Inspección Estatal Ambiental estarán obligadas a permitir a la autoridad competente el acceso al lugar o los lugares a ser inspeccionados así como a proporcionar toda clase de información que conduzca a la verificación del cumplimiento de esta Ley y demás disposiciones ambientales vigentes, salvo aquella legalmente reconocida como confidencial, a la que sólo se accederá en los términos y condiciones establecidos en la legislación correspondiente.

ARTÍCULO 42.- La autoridad competente señalará cuando sea preciso, en base al resultado de la inspección, las medidas correctivas de adecuación a las disposiciones ambientales y el plazo fijado para cumplirlas y pondrá en conocimiento de los órganos de la Fiscalía General de la República aquellas acciones u omisiones detectadas que pudieran resultar constitutivas de delito.

ARTICULO 43.- Cuando se detecten situaciones de peligro o daño al medio ambiente, la autoridad competente podrá disponer, conforme a los niveles que para el ejercicio de estas facultades se establezcan y previo el cumplimiento de los demás requisitos legalmente establecidos, la paralización de procesos o actividades, el decomiso de productos, materiales o sustancias contaminantes y la clausura parcial o total de las instalaciones, así como promover cuantas medidas sean pertinentes para dar solución a las situaciones detectadas, incluyendo la rehabilitación de las condiciones previas al peligro o daño.

Contra la decisión de la autoridad competente caben los recursos que franquea la ley."

Finalmente, en el tema de la Inspección Estatal Ambiental, la Ley 81 establece:

“ARTICULO 44.- El Sistema de Inspección Estatal Ambiental promueve acciones de concertación, la autorregulación y los compromisos voluntarios por parte de las personas naturales o jurídicas, cuya actividad pueda repercutir de manera significativa sobre el medio ambiente.

ARTÍCULO 45.- Para los trabajos de inspección, la autoridad competente podrá apoyarse en organizaciones, asociaciones y otras instituciones reconocidas por la ley y en los ciudadanos en general que, con carácter de inspectores populares y previa determinación de su idoneidad, tendrán por misión colaborar en la vigilancia del cumplimiento de la presente Ley y demás disposiciones ambientales vigentes.”

La Inspección Estatal Ambiental se implementa mediante la Resolución 103/2008 “Reglamento de la Inspección Estatal Ambiental de la Actividad Reguladora Ambiental”, la que define a esta actividad como el control, la fiscalización y la supervisión del cumplimiento de las disposiciones y las normas jurídicas vigentes en materia de protección del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales. La Inspección Estatal Ambiental es realizada por el CICA y las Delegaciones Provinciales del CITMA (Autoridad Responsable).

Esta Resolución establece:

- *Los objetivos de la Inspección Estatal Ambiental.*
- *Las atribuciones de la Autoridad Responsable en el desarrollo de las inspecciones y sus competencias (nacional o territorial).*
- *La clasificación de los inspectores estatales ambientales en profesionales (los acreditados del CITMA) y eventuales (los acreditados de otros OACEs convocados a las Inspecciones Estatales Ambientales), así como los requisitos para ser inspector estatal ambiental.*
- *Los deberes y obligaciones de los inspectores estatales ambientales y del jefe del equipo de inspección.*
- *Las obligaciones y deberes de los sujetos de la Inspección Estatal Ambiental.*
- *La obligación de los inspeccionados de facilitar la información actualizada que posibilite el diagnóstico de la situación ambiental de la entidad.*
- *La clasificación de las Inspecciones Estatales Ambientales, por criterios de planificación, por su alcance, por sus objetivos u otras particularidades.*
- *El procedimiento para realizar las Inspecciones Estatales Ambientales, su organización y desarrollo, incluyendo las etapas del proceso de inspección y la necesidad de la emisión de una disposición expresa para su ejecución.*
- *El contenido del informe y el expediente de la inspección y su estructura.*
- *La reinspección estatal ambiental, su objetivo y alcance y evaluación de las medidas.*

- *La obligación de la Autoridad Responsable de entregar al inspeccionado, en un plazo máximo de 30 días, el informe de la inspección, con las deficiencias detectadas y las medidas impuestas para su solución.*
- *Los procedimientos ante inconformidades.*

Del contenido de la Resolución 103, el cual debe ser de total conocimiento del inspector estatal ambiental, resulta importante puntualizar los siguientes aspectos:

- *Si se detecta una infracción con carácter de delito, la misma se debe poner en conocimiento de las autoridades competentes (PNR y órganos de la Fiscalía General de la República).*
- *El inspector puede solicitar, en los casos que proceda, el inicio de un proceso disciplinario contra dirigentes, funcionarios y trabajadores presuntamente responsables de violaciones de la legislación ambiental.*
- *Las Inspecciones Estatales Ambientales podrán ser avisadas o sorpresivas, en función de sus objetivos, pero en cualquier caso para su ejecución se requerirá de la presentación de una disposición expresa dictada por la autoridad facultada.*
- *Toda inspección constará de una reunión de conclusiones, la que se podrá efectuar al concluir la inspección en la entidad o en un plazo máximo de 30 días. En cualquier caso, el equipo de inspectores antes de retirarse de la entidad inspeccionada, le hará al funcionario que lo atendió, un resumen relacionando todos los hechos detectados.*

5.1 Criterios para planificar las Inspecciones Estatales Ambientales.

- *Se planificarán a partir de las prioridades ambientales (nacionales y territoriales) y se deberá optimizar la cantidad de las mismas.*
- *Se deberá priorizar la realización de inspecciones integrales (ecosistemas, cuencas hidrográficas, sectores costeros, bahías, ramas o sectores económicos y municipios), sobre las puntuales. Este tipo de inspección tiene como ventajas el permitir un análisis integral y comparativo de los problemas, optimizar los recursos materiales requeridos para la inspección y facilitar el seguimiento directo de los resultados, por las autoridades de gobierno.*
- *Se deberá incluir el control del cumplimiento de los requisitos de las licencias ambientales.*
- *Se deberá prever la participación de inspectores de los OACEs rectores (inspectores eventuales) que se requieran.*

5.2 Preparación de la Inspección.

- *Se elaborará un escrito fundamentado (disposición expresa) disponiendo la inspección, el cual debe incluir:*
 1. *Fundamentos de hecho y de derecho de la inspección.*
 2. *Generales de la persona objeto de la inspección.*

3. *Objetivos de la inspección.*
 4. *Nombre del jefe de la inspección.*
 5. *Clasificación y alcance de la inspección.*
 6. *Fecha de la inspección.*
 7. *Nombre, cargo y firma de la autoridad responsable que dispone la inspección.*
- *Carta informando al nivel de gobierno pertinente (especialmente en las inspecciones integrales).*
 - *Carta convocando a los OACEs correspondientes.*
 - *Plan de la inspección.*

5.3 Plazos para la preparación.

- *En las Inspecciones Estatales Ambientales planificadas se deberán realizar las notificaciones a los inspeccionados, la información al gobierno y la convocatoria a los OACEs, 30 días antes del inicio de la inspección.*
- *En las no planificadas se realizarán en el máximo plazo que la situación lo permita.*
- *En las sorpresivas (casos excepcionales que normalmente obedecen a quejas y denuncias), la notificación al inspeccionado se realiza al iniciar la inspección.*

5.4 Papel del Jefe del Equipo de Inspección.

Será siempre un inspector estatal ambiental profesional y se tratará de que sea un compañero con experiencia en la actividad. Deberá:

- *Orientar y controlar el trabajo de los inspectores y el desarrollo de las tareas con profesionalidad.*
- *Gestionar y controlar los medios materiales necesarios.*
- **Cumplir y hacer cumplir el código de ética.**
- *Elaborar el informe de la inspección.*
- *Controlar la confección y el completamiento del expediente de la Inspección.*

5.5 Desarrollo de la Inspección Estatal Ambiental.

- *Reunión inicial del equipo de inspectores (opcional).*
- *Identificación al llegar a la entidad, presentando el escrito fundamentado (disposición expresa) que dispone la ejecución de la Inspección Estatal Ambiental.*
- *Reunión previa en cada entidad para revisar la documentación que corresponda y organizar los recorridos.*

- *Ejecución de los recorridos de inspección.*
- *Detección de violaciones de la legislación ambiental (hechos), tanto durante la reunión previa como en los recorridos, lo que debe ser comunicado al Jefe del Equipo de Inspección y al inspeccionado, aclarando si constituye una contravención ambiental.*
- *Identificación de posibles impactos ambientales positivos derivados de acciones de cumplimiento de la legislación ambiental ejecutadas por el sujeto de la inspección.*
- *Toma de fotos y otras pruebas.*
- *Reunión resumen en la entidad, puntualizando:*
 1. *Hechos detectados.*
 2. *Medidas inmediatas.*
 3. *Aplicación de contravenciones.*
- *Reunión de conclusiones.*
- *Elaboración de los informes de los inspectores participantes (5 días hábiles después de finalizada la inspección), en los casos en que corresponda.*
- *Confeción del informe.*
- *Confeción del expediente.*

5.6 El Informe de la Inspección.

- *Se distribuirá en un plazo máximo de 30 días después de concluida la inspección.*
- *El borrador se circulará entre todos los inspectores participantes y otras personas para criterios y modificaciones.*
- *Siempre se entregará una copia al inspeccionado. De igual forma, en función de los resultados, se enviarán copias o un resumen ejecutivo a los niveles de dirección superiores del inspeccionado, al Gobierno Local, otros OACEs reguladores involucrados y a cuanta persona resulte útil conocer de los resultados.*
- *Todas sus páginas estarán numeradas y serán firmadas y acuñadas.*
- *Tendrá la estructura siguiente:*
 1. **Introducción:** *Recogerá el amparo jurídico dado por la Ley 81, la Resolución 103 y el escrito fundamentado (disposición expresa) de la inspección, la fecha de la misma, el alcance, el cumplimiento del plan de inspección, los objetivos inspeccionados y el equipo de inspección.*
 2. **Valoración General:** *Será equivalente a un Resumen Ejecutivo. Incluirá, entre otros aspectos, un resumen de los principales problemas detectados incluyendo los impactos ambientales negativos o riesgos, que los hechos detectados provocan o pueden provocar, así como los impactos ambientales*

positivos derivados de acciones de cumplimiento de la legislación ambiental ejecutadas por el sujeto de la inspección.

3. **Hechos:** *Contendrán una descripción precisa del problema, las violaciones de la legislación ambiental y de las normas técnicas detectadas (referenciando el artículo e instrumento legal o técnico). Serán ordenados por cada entidad inspeccionada. En los casos en que resulte posible se explicará el impacto ambiental negativo que provocan.*
4. **Medidas:** *Se impondrán en correspondencia con los hechos detectados. Se agruparán por entidades. Se definirá el plazo y el responsable del cumplimiento. Las medidas se redactarán de forma clara, precisa y medible y su alcance se dirigirá a eliminar la infracción de la legislación ambiental que la originó, lo cual se debe conseguir con su cumplimiento.*
5. **Otros pronunciamientos,** *que incluirá:*

- Una relación de las medidas administrativas (contravenciones) aplicadas.

- La facultad que posee el inspeccionado para apelar, precisando ante quién presentar el recurso y el término.

-Posibles solicitudes de imposición de medidas laborales a los infractores o denuncias de posibles delitos efectuadas.

-Referencia que prevenga al inspeccionado sobre la obligatoriedad del cumplimiento de las medidas del dictamen y la posible aplicación del Decreto Ley 200 ante su incumplimiento.

-Fecha de confección del informe y firma por la autoridad responsable.

- *Anexos (fotos u otras pruebas tomadas).*

5. 7 Conclusiones de la Inspección Estatal Ambiental.

- *Se efectuarán en un plazo máximo de 30 días posteriores a la inspección aunque se recomienda realizarla inmediatamente después de concluida la misma.*
- *Se levantará un acta, firmada por el jefe de inspección (o la autoridad responsable) con un listado de participantes adjunto, debidamente firmado por cada participante.*
- *En el caso de las Inspecciones Estatales Ambientales individuales (a una sola entidad), la reunión de conclusiones puede ser la del resumen en la entidad.*
- *El Jefe de Inspección o la Autoridad Responsable abordará:*
 1. *Organización y preparación.*
 2. *Cumplimiento del plan y de los objetivos de la inspección.*
 3. *Resumen de los principales problemas detectados y los impactos negativos o riesgos que los mismos provocan o pueden provocar.*

4. *Impactos ambientales positivos.*
5. *Problemas por entidades.*
6. *Medidas inmediatas.*
7. *Aplicación de contravenciones.*

5.8 El expediente de las Inspecciones Estatales Ambientales.

- *Contendrá los siguientes documentos:*
 1. *Escrito Fundamentado (disposición expresa) disponiendo la inspección*.*
 2. *Carta convocando a los inspectores de otros OACEs.*
 3. *Carta informando al gobierno.*
 4. *Plan de la inspección.*
 5. *Informe de inspectores participantes (fundamental en los casos de inspectores de otros OACEs).*
 6. *Informe de la inspección*.*
 7. *Acta de la reunión de conclusiones*.*
 8. *Solicitudes de apelaciones y modificaciones de medidas, con sus respuestas correspondientes.*
 9. *Notificaciones y aplicaciones del Decreto Ley 200.*
 10. *Cualquier otro generado en el proceso.*

**Documentos obligatorios para todos los expedientes.*

- *Para cada inspección se confeccionará un expediente.*
- *El archivo y custodia es responsabilidad de la autoridad responsable.*
- *Se mantendrán en archivo durante al menos 5 años.*
- *Existirá una salva digital de todos los dictámenes de inspección.*

5.9 Las Reinspecciones Estatales Ambientales.

Se definen como las Inspecciones Estatales Ambientales cuyo objetivo es el de verificar el cumplimiento de las medidas impuestas por la Autoridad Responsable durante una inspección realizada con anterioridad. Se realizan en un plazo no mayor de un año, contado a partir de la fecha de terminada la inspección. La Autoridad Responsable puede realizar cuantas reinspecciones considere necesarias.

La Autoridad Responsable debe contar con un mecanismo que la permita verificar el cumplimiento de las medidas de inspección, al vencerse los plazos dados a las mismas (válido también para las obligaciones de hacer lo que impida la continuidad de la conducta infractora). Al efecto el mecanismo óptimo sería el de realizar las reinspecciones de acuerdo al criterio anterior. Este mecanismo tiene en contra los problemas objetivos que con la logística se confrontan, por lo que se recomiendan utilizar las alternativas siguientes o una combinación de ellas:

1. Tratar de agrupar las fechas de cumplimiento de las diferentes medidas impuestas en una inspección, para hacerlas coincidir en el tiempo, minimizando por tanto el número de reinspecciones.
2. Utilizar, en los casos que sea posible, a los Especialistas Municipales, cuyo trabajo puede ser útil para verificar las medidas que están cumplidas, porque en cualquier otro caso se requiere de la presencia de un inspector estatal ambiental.
3. Solicitar a la entidad inspeccionada, que al vencerse el plazo de la medida, informe a la Autoridad Ambiental el estado de cumplimiento de la misma, lo que deberá hacer mediante un informe oficial debidamente firmado y acuñado (mecanismo de autocontrol).

Durante la reinspección se evalúa el estado de cumplimiento de las medidas impuestas en la inspección, de acuerdo con las categorías siguientes:

- a) Cumplida
- b) Ejecución en fecha
- c) Parcialmente cumplida
- d) No cumplida
- e) No evaluada

En los casos de los incisos "c" y "e" se debe explicar de forma precisa, la situación detectada y las causas que originaron esa evaluación.

Para evaluar una medida como «parcialmente cumplida» no basta solamente con que el responsable haya ejecutado acciones para su cumplimiento, sino que se requiere además que como resultado de esas acciones se haya resuelto en parte el problema ambiental que originó la imposición de la medida.

5.10 Las contravenciones ambientales en relación con la Inspección Estatal Ambiental.

A este tema el Decreto Ley 200/99 le dedica el artículo 6, el cual sanciona las conductas siguientes:

- a) Dificultar o impedir el acceso de los inspectores (200 y 2250 pesos).
- b) Incumplir las medidas de inspección (200 y 2250 pesos).
- c) No proporcionar información o proporcionarla de forma inexacta (200 y 2250 pesos).
- d) Continuar con el desarrollo de una actividad paralizada (250 y 5000 pesos).

El primer valor se corresponde con la multa a las personas naturales y el segundo a las jurídicas. En cualquier caso se podrán aplicar también cualquier otra medida prevista en el Decreto Ley 200/99.

5.11 Atención a quejas y planteamientos de la población.

La atención a las quejas, denuncias y planteamientos de carácter ambiental que realiza la población se relaciona directamente con la actividad de los inspectores estatales ambientales. La Ley de Medio Ambiente de Cuba reconoce de forma clara el derecho de participación de la ciudadanía en el uso, disfrute, protección y control del medio ambiente. Al respecto el artículo 4 de la Ley plantea: "Las acciones ambientales para un desarrollo sostenible se basan en los requerimientos del desarrollo económico y social del país y están fundadas en los principios siguientes:

e) Toda persona debe tener acceso adecuado, conforme a lo legalmente establecido al respecto, a la información sobre medio ambiente que posean los órganos y organismos estatales.

k) El conocimiento público de las actuaciones y decisiones ambientales y la consulta de la opinión de la ciudadanía, se asegurará de la mejor manera posible; pero en todo caso con carácter ineludible.

l) Toda persona natural o jurídica, conforme a las atribuciones que la Ley le franquee, debe contar con los medios adecuados y suficientes que le permitan accionar en la vía administrativa o judicial, según proceda, para demandar el cumplimiento de lo establecido en la presente Ley y en sus disposiciones complementarias.

m) El papel de la comunidad es esencial para el logro de los fines de la presente Ley, mediante su participación efectiva en la toma de decisiones y el desarrollo de procesos de autogestión orientados a la protección del medio ambiente y la elevación de la calidad de vida de los seres humanos."

Este derecho se recoge también dentro de los objetivos de la Ley, donde uno de ellos es el de "Promover la participación ciudadana en la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible" (artículo 9, inciso c).

Este derecho ciudadano que establece la Ley 81/97 está implementado en el CITMA mediante la Resolución 128/2006 "Metodología y Procedimiento para la atención a quejas planteamientos y denuncias de los trabajadores y la población en el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (modificada por la Resolución 21/2009)."

Esta Resolución establece el procedimiento a seguir, la clasificación de las quejas denuncias o planteamientos, el contenido del Registro y de los expedientes.

En el tema resulta importante puntualizar en los siguientes aspectos:

- *La atención a las quejas, planteamientos y denuncias de carácter ambiental no requerirá obligatoriamente de la ejecución de una Inspección Estatal Ambiental, de hecho el Decreto Ley 200/99 reconoce a la denuncia como una de las vías a partir de la cual pueden actuar los inspectores estatales ambientales. La realización de una Inspección Estatal Ambiental extraordinaria se requerirá especialmente, para aquellos casos en que la posible violación de la legislación ambiental que se denuncia no se encuentre tipificada como una contravención en el Decreto Ley 200/99, pues en estos casos, solo es posible imponer medidas de carácter obligatorio para resolver el problema, mediante el informe de la Inspección Estatal Ambiental.*

- *Se involucrará en el proceso a los otros OACEs rectores de recursos naturales o de actividades relacionadas con la protección del medio ambiente, que correspondan.*
- *La respuesta al promovente se debe hacer en un plazo máximo de 60 días. Si, por causas justificadas (investigación, plazos de cumplimiento de medidas, etc) no resulta posible cumplir con ese término se deberá informar al efecto al promovente, de la atención y marcha de su planteamiento, antes de que se venzan los 60 días.*
- *En cualquier caso, en los expedientes de atención a las quejas, planteamientos y denuncias existirá evidencia de la respuesta al promovente y cuando corresponda, de la información al mismo de las prórrogas para dichas respuestas.*
- *En el caso de quejas, denuncias o planteamientos de carácter ambiental, cuya responsabilidad, acorde con nuestra legislación, corresponda a otro OACE rector de algún recurso natural u otra actividad con incidencia ambiental (INRH, MINSAP, SEF, Servicios Comunales, etc), en función de los antecedentes y particularidades del caso, se podrá seguir una de las siguientes vías:*
 1. *Indicar directamente al promovente que se dirija al organismo en cuestión a presentar su queja, denuncia o planteamiento.*
 2. *Tramitar por parte del CITMA el caso al organismo en cuestión, y exigirle al mismo una respuesta para contestar directamente al promovente, o exigirle y controlarle a dicho OACE que se encargue de responder al promovente.*

Algunos aspectos a resaltar de la Resolución 128/2006 (modificada):

1. *Se debe brindar a la ciudadanía un trato esmerado.*
2. *Se pueden recibir quejas o denuncias por escrito directo o vía correo. Si la denuncia se realiza verbal se debe recoger mediante acta de comparecencia (firmada por entrevistado y entrevistadores, excepto en el caso de que se haya recogido por teléfono en que no se firma el acta).*
3. *También se pueden recibir quejas y denuncias a través de los medios masivos de comunicación, en cuyo caso debe recibir respuesta además el medio correspondiente.*
4. *Los presidentes de los Consejos de la Administración Provincial o Municipal pueden ser una vía para recibir las quejas y planteamientos efectuados en las Asambleas de Rendición de Cuentas o los despachos con los electores.*
5. *Todas las quejas y denuncias presentadas (de competencia del CITMA) deben ser investigadas y esclarecidas erradicando toda manifestación de superficialidad en el proceso de atención de las mismas.*
6. *Las respuestas que se presenten a los promoventes deben contener las conclusiones que resulten de las investigaciones y las acciones adoptadas en los casos en que resulten procedentes.*
7. *Estas respuestas deben ser oficiales y estar debidamente acuñadas y firmadas.*

CAPÍTULO VI.

DE LAS CONTRAVENCIONES EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE.

El Decreto Ley 200/99 "De las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente", establece las contravenciones aplicables en materia de medio ambiente, incluyendo tanto a las personas naturales como a las jurídicas que incurran en las violaciones de la legislación ambiental que esta norma sanciona.

Este Decreto Ley establece las medidas que podrán ser aplicadas de conjunto o con independencia de las multas previstas para cada violación, es decir, a diferencia de otros instrumentos contravencionales, no resulta obligatorio imponer la multa. Las multas oscilan entre 50 y 200 pesos para las personas naturales y entre 1000 y 5000 pesos para las personas jurídicas. Este importe se pagará en divisa si el infractor opera con esta moneda. El resto de las medidas son:

- o Amonestación,*
- o Prestación comunitaria,*
- o Obligación de hacer lo que impida la continuidad de la conducta infractora,*
- o Prohibición de efectuar determinadas actividades,*
- o Comiso o reasignación de los medios utilizados para cometer la contravención y de los productos obtenidos de ésta,*
- o Suspensión temporal o definitiva, de licencias, permisos y autorizaciones, y*
- o Clausura temporal y definitiva.*

Para definir las medidas a imponer en cada caso se recomienda que se tengan en cuenta los elementos siguientes:

- 1. La infracción debe estar debidamente tipificada como una contravención en el Decreto Ley 200/99.*
- 2. Los impactos ambientales negativos o riesgos que causa o puede causar la infracción detectada.*
- 3. Antecedentes del caso y actitud del inspeccionado, en especial negligencia, prepotencia, reincidencia, etc.*

Un principio importante que siempre debe tener presente el inspector estatal ambiental lo constituye el rigor en su actuar, por lo que ante la detección de violaciones de la legislación ambiental que estén tipificadas como contravención por el Decreto Ley 200, debe aplicar alguna de las sanciones previstas en este instrumento legal.

En este tema, el Reglamento de la Inspección Estatal Ambiental (Resolución 103/2008 del CITMA) plantea dentro de los objetivos de la Inspección Estatal Ambiental (artículo 4, inciso h) "exigir las responsabilidades que se deriven del incumplimiento de las disposiciones relativas a la conservación del medio ambiente".

Esta responsabilidad en la actuación del inspector estatal ambiental, también queda recogida dentro de los preceptos del Código de Ética de la Actividad Reguladora (Resolución 80/2003 de la ORASEN), donde se plantea “Cumplir rigurosamente y velar por la observancia de disposiciones jurídicas, técnicas, reglamentarias y demás regulaciones que norman la actividad. Adoptar todas las medidas para garantizar el cumplimiento de la legislación vigente.”

Debe ser objeto de análisis permanente, en el seno del colectivo donde laboran los inspectores estatales ambientales, el rigor de su actuación, en especial en cuanto a la imposición de las multas. Sistemáticamente se deben analizar todas las infracciones de la legislación ambiental detectadas que constituyen una contravención ambiental y el actuar de los inspectores, verificando si en cada caso se sancionó y si el rigor de la sanción aplicada se corresponde con el problema, acorde con los tres aspectos recomendados con anterioridad a tener en cuenta para definir la sanción a imponer.

Otro aspecto importante que el inspector debe conocer es que no todas las infracciones de la legislación ambiental se tipifican como una contravención ambiental por el Decreto Ley 200. Al respecto debe tenerse en cuenta lo explicado en relación con la concepción del Sistema de Inspección Estatal Ambiental que establece la Ley de Medio Ambiente, donde se incluye el papel y la responsabilidad de otros organismos rectores, por ejemplo en temas como aguas terrestres, suelo, salud ambiental, saneamiento, salud ocupacional, recursos forestales, recursos pesqueros, etc. Para enfrentar violaciones de la legislación en estos temas, el país cuenta con otros instrumentos de contravenciones, responsabilizando con su aplicación a los organismos correspondientes.

El Decreto Ley 200/99 tipifica como contravenciones las violaciones relacionadas con:

- *El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental y el otorgamiento de las Licencias Ambientales.*
- *La Inspección Estatal Ambiental.*
- *El Sistema Nacional de Áreas Protegidas.*
- *La Diversidad Biológica.*
- *La zona costera y la zona de protección.*
- *Desastres naturales y catástrofes (no tener debidamente elaborados y actualizados los planes de la Defensa Civil, y no aplicar las medidas previstas en los mismos).*
- *Los ruidos.*
- *Emisiones a la atmósfera, incluyendo lo relacionado con las sustancias agotadoras de la capa de ozono.*
- *Productos químico – tóxicos.*
- *Desechos Peligrosos.*

Dentro de las violaciones antes relacionadas solo se especificaron en este Capítulo las infracciones que se sancionan en el caso de los desastres naturales y catástrofes, debido a

que el resto de las infracciones que tipifica como contravenciones esta norma legal se desarrollan en otros Capítulos de este material.

El Decreto Ley establece además el procedimiento para imponer las medidas, la facultad de duplicar o disminuir a la mitad el importe de las multas, y los recursos ante inconformidades. El Decreto Ley 200/99 da al sancionado la posibilidad de una vez agotada la vía administrativa para el proceso de reclamación, recurrir a la vía judicial.

Se debe señalar que además de las conductas que sanciona directamente este Decreto Ley, se pueden incluir otras no tipificadas en el mismo (por ejemplo: residuales líquidos que afecten aguas terrestres, desechos sólidos, etc) cuando se imponen medidas al respecto en los procesos de Evaluación de Impacto Ambiental e Inspección Estatal Ambiental, si dichas medidas son incumplidas (Artículos 5 y 6 del Decreto Ley 200, respectivamente).

El incumplimiento de las medidas que se impongan como consecuencia de la aplicación del Decreto Ley 200/99, podrá constituir un delito de desobediencia para la persona natural responsable, previsto y sancionado en el Código Penal del país.

El Decreto Ley 200/99 se implementa mediante la Resolución 185/2006 (Corregida) del CITMA. Esta Resolución designa las autoridades facultadas para imponer las medidas contravencionales (Director General de ORASEN, como Jefe de Inspección Estatal Ambiental, los Delegados Territoriales, como Jefes Provinciales de Inspección y los Inspectores estatales ambientales). La Resolución 185/2006 establece además que:

- El Jefe de Inspección Ambiental es el único facultado para aplicar la suspensión definitiva de licencias, permisos y autorizaciones y la clausura definitiva.
- Los Jefes Provinciales de Inspección Ambiental, pueden aplicar todas las medidas, excepto las anteriores.
- Los Inspectores estatales ambientales pueden aplicar la multa, la amonestación, la obligación de hacer, la prestación comunitaria, la prohibición de determinadas actividades y el comiso o reasignación de medios y productos relacionados con la contravención.
- Las medidas se imponen de inmediato, con la excepción de que el inspector considere que se requiere de un escrito fundamentado o no esté facultado para aplicar la medida que proceda.
- En caso de que no se proceda de inmediato, en el momento en que se detecta la contravención el inspector llenará el modelo de notificación. La autoridad facultada dispone de 10 días hábiles para proceder, contados a partir de la fecha de entrega del escrito de notificación.
- Cuando el inspector tiene que remitir un caso, por no tener facultades para aplicar la medida que propone, dispone de 3 día hábiles para remitir la notificación, contados a partir de haberse detectado la infracción.
- Cuando de acuerdo a lo explicado en el punto anterior, el caso es trasladado al Jefe de Inspección Estatal Ambiental, el expediente se confecciona por el Jefe Provincial de Inspección Ambiental.

- *Las medidas de suspensión y clausura temporal no pueden exceder a 1 año. Si pasado ese término no se ha eliminado la contravención la autoridad facultada remite comunicación al Jefe de Inspección Ambiental a fin de que este imponga la medida que procede.*
- *Si se han aplicado medidas de suspensión o clausura definitiva, el reinicio de la obra o actividad estará sujeto a un proceso de Evaluación de Impacto Ambiental..*
- *En caso de presuntas manifestaciones de delito, el inspector se abstiene de exigir responsabilidad administrativa y denuncia el hecho a la PNR y puede además informar del mismo a los órganos de la Fiscalía General de la República.*
- *Las medidas pueden ser apeladas dentro de los 3 días hábiles siguientes a su notificación (imposición), ante el Ministro del CITMA para las impuestas por el Jefe de Inspección Estatal Ambiental, ante este último para las impuestas por los Jefes Provinciales y ante el Delegado Territorial o el Director del CICA para las impuestas por los inspectores estatales ambientales del territorio o el CICA, respectivamente.*
- *En cualquier caso la autoridad facultada cuenta con 15 días hábiles para resolver.*
- *La Resolución establece los modelos de Escrito de Notificación, Escrito Fundamentado para imponer medidas, Modelo de Acta de Comiso y Modelo de Acta de Entrega.*

Para garantizar la calidad de los expedientes que se envían al Jefe de Inspección Ambiental, el Director General de la ORASEN puso en vigor la Resolución 306/2006, la cual establece las indicaciones para el envío de los expedientes con las propuestas para imponer las medidas de Suspensión y Clausuras Definitivas, así como las indicaciones para el envío de los expedientes para que el Jefe de Inspección Ambiental resuelva las apelaciones que se le presenten en los casos de Suspensiones, Clausuras Temporales u otras, impuestas por los Jefes Provinciales de Inspección. La Resolución define el contenido de estos expedientes.

6.1 Experiencias útiles.

A partir de los años de experiencias en la aplicación del Decreto Ley 200/99 a nivel nacional, se recomienda prestar atención a los aspectos siguientes:

- *Antes de aplicar la sanción, realizar un análisis profundo sobre el responsable de la violación de la legislación ambiental, en función de determinar si la violación se debió a una infracción administrativa (Institucional), en cuyo caso corresponde sancionar a una persona jurídica, o si la violación es de responsabilidad personal, correspondiendo sancionar entonces a la persona natural.*
- *El alcance de la medida de Obligación de Hacer lo que Impida la Continuidad de la Conducta Infractora, deberá dirigirse a hacer cesar la conducta infractora. En ocasiones el inspector tiende a imponer cualquier medida utilizando esta sanción, por lo que resulta recomendable, antes de la redacción de la medida, ubicarse bien en cual es la conducta infractora que se sanciona.*
- *La medida anterior siempre debe tener definida la fecha de cumplimiento, y su cumplimiento debe ser verificado una vez vencido el término dado. Se debe recordar que la Obligación de Hacer lo que Impida la Continuidad de la Conducta Infractora, al*

tratarse de una sanción, no puede tener igual connotación que una medida de Inspección Estatal Ambiental.

- *La Prestación Comunitaria se entiende exclusivamente como actividades relacionadas con la protección y conservación del medio ambiente, es decir como parte de la misma no se pueden incluir acciones de otro tipo.*
- *La Prohibición de Efectuar Determinadas Actividades se destina a detener alguna de las actividades que realiza la entidad sancionada (la actividad que origina la infracción de la legislación ambiental), por su alcance no se debe confundir con la Suspensión de Licencias o la Clausura.*
- *En el caso de las dos medidas mencionadas en las plecas anteriores, aunque su imposición es facultad del inspector estatal ambiental, se recomienda su conciliación previa con el jefe inmediato superior del mismo.*
- *La única medida que no requiere de Escrito Fundamentado para su imposición es la multa (se puede imponer solo por el talón), por lo que por razones prácticas y de logística es recomendable que el inspector siempre tenga pro formas de Escritos Fundamentados para su completamiento en el terreno.*
- *Siempre el Escrito Fundamentado se llenará en original y copia. El original se entrega al infractor y el inspector guarda la copia, la cual debe haber sido previamente firmada y fechada por el infractor en el momento de su notificación.*
- *Pese a lo explicado en relación con relación al Escrito Fundamentado y las multas, especialmente en el caso de la imposición de multas a personas jurídicas resulta aconsejable entregar al infractor un Escrito Fundamentado atendiendo a:*
 - *Constituye una constancia para la entidad sancionada de que la multa no es de carácter personal (tener presente que en el país no existe talonario de multas para las personas jurídicas y se utiliza al efecto el mismo de las personas naturales).*
 - *Le permite conocer a la entidad sancionada de forma precisa los motivos que originaron la imposición de la multa. En ocasiones existen tergiversaciones e incomprensiones entre el hecho que origina la sanción y lo que transmite el funcionario que atendió a los inspectores, a los niveles superiores de dirección de la entidad sancionada.*
 - *Facilita al inspeccionado los argumentos de hecho y de derecho para un posible proceso de apelación, contribuyendo a la calidad del mismo.*
- *En cualquier caso el Escrito Fundamentado y el talón de multas se tienen que entregar al sancionado en el mismo momento.*
- *En el caso de los decomisos, por las complejidades de los medios y productos que se pueden decomisar a partir de las infracciones de la legislación ambiental, resulta recomendable que los inspectores previamente tengan bien definido con las autoridades correspondientes, el procedimiento y lugar para la entrega de estos bienes, para evitar que la aplicación de esta medida le pueda crear problemas al inspector estatal ambiental que la aplicó. Siempre se debe tener presente la facultad del sancionado de apelar y de que en caso de que el proceso se resuelva a favor del*

sancionado, hay que devolverle el bien decomisado en el mismo estado en que lo entregó.

- *La Amonestación puede ser una sanción educativa y útil si se hace un uso y procedimiento adecuado de la misma y se pone en conocimiento de los niveles administrativos y de gobierno que procedan. Una Amonestación de la que solo tenga conocimiento el infractor no cumple papel educativo alguno y no contribuye por tanto a eliminar el problema que originó la sanción. Esta sanción en la mayoría de los casos, se impone en sustitución de la multa, cuando existen las atenuantes que justifiquen actuar de esa forma a los inspectores, por lo que no tiene sentido que se aplique de conjunto con la multa.*

6.2 La imposición de las multas.

- *Las multas se imponen mediante el talón OC-1. Este se debe llenar cuidadosamente, sin borrones ni tachaduras. En caso de error, el inspector lo cancela y guarda (talón y matriz) y se llena uno nuevo al infractor.*
- *Como en nuestro país no existe talonario de multas para personas jurídicas, en estos casos un funcionario, en representación de la entidad sancionada, tiene que entregar su carné de identidad y se llena el talonario con este documento. En estos casos el inspector aclara en la parte inferior derecha del talón y de la matriz "multa institucional" y tal como se sugirió con antelación, debe entregar al sancionado un Escrito Fundamentado.*
- *Es un derecho del sancionado firmar o no el talonario de la multa, lo que si constituye una obligación para él, es entregar el carné de identidad al inspector. En caso de que se niegue, el inspector debe solicitar la intervención de la PNR para que la misma le solicite el documento al infractor y si se niega a entregarlo, entonces le corresponde proceder a la PNR.*
- *Además de proceder por la vía antes explicada, la autoridad ambiental puede proceder también contra el funcionario que se niegue a entregar el carné de identidad a los inspectores, por las vías políticas y administrativas, según corresponda. En este aspecto resulta oportuno tener presente que los cuadros y funcionarios de nuestro país deben ser ejemplos de conocimiento y cumplimiento de la legislación vigente y la negativa de entregar el documento de identidad al inspector es una muestra de prepotencia e irrespeto a nuestra legislación.*
- *Además del talonario de la multa, el inspector debe proceder a llenar el modelo Registro – Remisión de Multas (en original y copia). Este modelo no hay que llenarlo en presencia del infractor, porque toda la información que pide está en la matriz de la multa impuesta.*
- *Después de impuesta la multa el inspector cuenta con tres días hábiles para entregar la matriz del talonario y el modelo Registro – Remisión de Multas en la Oficina de Cobro de Multas correspondiente. La Oficina firma y acuña una copia de este modelo y la devuelve al inspector.*
- *Se debe hacer una conciliación mensual entre un representante designado de la Autoridad Ambiental y la Oficina de Cobro de Multas, mediante el llenado y entrega del Acta de Conciliación de los modelos OC-1. En este documento se deducen del total de talonarios entregados la multas impuestas y las anuladas, entregándose en*

este último caso a la Oficina los talones y matrices cancelados. La Oficina firma y acuña esta Acta y entrega una copia a la Autoridad Ambiental.

- *La Autoridad Ambiental deberá habilitar un expediente que contenga la cantidad de talonarios recibidos, los entregados a los inspectores y las copias de los modelos de Registro – Remisión de Multas y de las Actas de Conciliación de los modelos OC-1, debidamente firmados y acuñados por la Oficina de Cobro de Multas.*
- *Si durante un proceso de apelación, la Autoridad Facultada resuelve eliminar una multa impuesta, deberá notificarlo de inmediato a la Oficina de Cobro de Multas mediante la Resolución correspondiente (acorde con la pro forma de la Oficina de Cobro de Multas al efecto), para que la Oficina proceda a anular oficialmente la multa y a devolver su importe al sancionado, en caso de que haya sido pagada.*
- *Periódicamente se debe solicitar a la Oficina de Cobro de Multas la información relativa a las multas no pagadas (que se encuentren en fase de apremio) impuestas a personas jurídicas o cuadros y funcionarios de las mismas, para incidir por las vías políticas y administrativas a los niveles correspondientes como complemento del trabajo que en este aspecto corresponde a dicha Oficina y a las Direcciones Territoriales del Ministerio de Finanzas y Precios.*
- *También se deberá solicitar información de las multas que no se pudieron cobrar debido a errores en el llenado de la matriz del talonario para su análisis en el colectivo laboral del inspector y detectar y enfrentar a tiempo posibles manifestaciones de corrupción o necesidades de capacitación.*

CAPÍTULO VII.

CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. RUIDO.

7.1 Aspectos generales.

La contaminación atmosférica se define como la contaminación de la atmósfera por residuos o productos secundarios gaseosos, sólidos o líquidos, que pueden poner en peligro la salud de los seres humanos y producir daños en las plantas y los animales, atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

Cada año, los países industrializados generan miles de millones de toneladas de contaminantes. Los contaminantes atmosféricos más frecuentes y más ampliamente dispersos son el monóxido de carbono, el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, el ozono, el dióxido de carbono o las partículas en suspensión. El nivel suele expresarse en términos de concentración atmosférica (microgramos de contaminantes por metro cúbico de aire) o, en el caso de los gases, en partes por millón, es decir, el número de moléculas de contaminantes por millón de moléculas de aire.

Muchos contaminantes proceden de fuentes fácilmente identificables; el dióxido de azufre, por ejemplo, procede de las centrales energéticas que queman carbón o petróleo. Otros se forman por la acción de la luz solar sobre materiales reactivos previamente emitidos a la atmósfera (los llamados precursores). Por ejemplo, el ozono, un peligroso contaminante que forma parte del smog, se produce por la interacción de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno bajo la influencia de la luz solar. El ozono ha producido también graves daños en las cosechas. Por otra parte, el descubrimiento en la década de 1980 de que algunos contaminantes atmosféricos, como los clorofluorocarbonos (CFC) están produciendo una disminución de la capa de ozono protectora del planeta, ha conducido a una supresión paulatina de estos productos.

La concentración de los contaminantes se reduce al dispersarse éstos en la atmósfera, proceso que depende de factores climatológicos como la temperatura, la velocidad del viento, el movimiento de sistemas de altas y bajas presiones y la interacción de dichos factores con la topografía local, por ejemplo las montañas y valles. La temperatura suele decrecer con la altitud, pero cuando una capa de aire frío se asienta bajo una capa de aire caliente produciendo una inversión térmica, la mezcla atmosférica se retarda y los contaminantes se acumulan cerca del suelo. Las inversiones pueden ser duraderas bajo un sistema estacionario de altas presiones unido a una baja velocidad del viento.

Un periodo de tan sólo tres días de escasa mezcla atmosférica puede llevar a concentraciones elevadas de productos peligrosos en áreas de alta contaminación y, en casos extremos, producir enfermedades e incluso la muerte. En 1948 una inversión térmica sobre Donora, Pennsylvania, produjo enfermedades respiratorias en más de 6.000 personas, ocasionando la muerte de veinte de ellas. En Londres, la contaminación provocó entre 3.500 y 4.000 muertes en 1952, y otras 700 en 1962. La liberación, como consecuencia de un accidente ocurrido en una fábrica de pesticidas, de unas 40 toneladas de isocianato de metilo a la atmósfera (junto con otras sustancias químicas como cianuro de hidrógeno), durante una inversión térmica, fue la causa del desastre de Bhopāl, India, en diciembre de 1984, que produjo, durante las primeras semanas, al menos 6.000 muertes (aunque posteriormente la cifra ascendió a más de 16.000 víctimas mortales) y más de 500.000 afectados.

Los efectos de la exposición a largo plazo a bajas concentraciones de contaminantes no están bien definidos; no obstante, los principales grupos de riesgo son los niños, los ancianos, los fumadores, los trabajadores expuestos al contacto con materiales tóxicos y quienes padecen enfermedades pulmonares o cardíacas. Otros efectos adversos de la contaminación atmosférica son los daños que pueden sufrir el ganado, los cultivos y los ecosistemas forestales, como los provocados por la lluvia ácida en los bosques de coníferas del centro y norte de Europa.

A menudo los primeros efectos perceptibles de la contaminación son de naturaleza estética y no son necesariamente peligrosos. Estos efectos incluyen la disminución de la visibilidad debido a la presencia de partículas diminutas suspendidas en el aire, y los malos olores, como la pestilencia a huevos podridos producida por el sulfuro de hidrógeno que emana de las fábricas de papel y celulosa o de las instalaciones de extracción y procesamiento del petróleo.

La combustión de carbón, petróleo y gasolina es el origen de buena parte de los contaminantes atmosféricos. Más de un 80% del dióxido de azufre, un 50% de los óxidos de nitrógeno, y de un 30 a un 40% de las partículas en suspensión emitidos a la atmósfera en Estados Unidos proceden de las centrales eléctricas que queman combustibles fósiles, las calderas industriales y las calefacciones. Un 80% del monóxido de carbono y un 40% de los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos emitidos proceden de la combustión de la gasolina y el gasóleo en los motores de los automóviles y camiones. Otras importantes fuentes de contaminación son la siderurgia y las acerías, las fundiciones de cinc, plomo y cobre, las incineradoras municipales, las refinerías de petróleo, las fábricas de cemento y las fábricas de ácido nítrico y sulfúrico.

Entre los materiales que participan en un proceso químico o de combustión puede haber ya contaminantes (como el plomo de la gasolina), o éstos pueden aparecer como resultado del propio proceso. El monóxido de carbono, por ejemplo, es un producto típico de los motores de explosión. Los métodos de control de la contaminación atmosférica incluyen la eliminación del producto peligroso antes de su uso, la eliminación del contaminante una vez formado, o la alteración del proceso para que no produzca el contaminante o lo haga en cantidades no significativas. Los contaminantes producidos por los automóviles pueden controlarse logrando una combustión lo más completa posible de la gasolina, haciendo circular de nuevo los gases del depósito, el carburador y el cárter, y convirtiendo los gases de escape en productos inocuos por medio de catalizadores. Las partículas emitidas por las industrias pueden eliminarse por medio de ciclones, precipitadores electrostáticos y filtros. Los gases contaminantes pueden almacenarse en líquidos o sólidos, o incinerarse para producir sustancias inocuas.

Las altas chimeneas de las industrias no reducen la cantidad de contaminantes, simplemente los emiten a mayor altura, reduciendo así su concentración in situ. Estos contaminantes pueden ser transportados a gran distancia y producir sus efectos adversos en áreas muy alejadas del lugar donde tuvo lugar la emisión. El pH o acidez relativa de muchos lagos de agua dulce se ha visto alterado hasta tal punto que han quedado destruidas poblaciones enteras de peces. En Europa se han observado estos efectos, y así, por ejemplo, Suecia ha visto afectada la capacidad de sustentar peces de muchos de sus lagos. Las emisiones de dióxido de azufre y la subsiguiente formación de ácido sulfúrico pueden ser también responsables del ataque sufrido por las calizas y el mármol a grandes distancias.

El creciente consumo de carbón y petróleo desde finales de la década de 1940 ha llevado a concentraciones cada vez mayores de dióxido de carbono. El efecto invernadero resultante, que permite la entrada de la energía solar, pero reduce la re-emisión de rayos infrarrojos al

espacio exterior, genera una tendencia al calentamiento que podría afectar al clima global y llevar al deshielo parcial de los casquetes polares. Los informes publicados en la década de 1990 indican que el efecto invernadero es un hecho y que las naciones del mundo deberían tomar medidas inmediatamente para ponerle solución.

En la contaminación atmosférica se pueden distinguir tres aspectos fundamentales:

Emisión de contaminantes: Cantidad de contaminante emitido por una fuente de emisión. Es la medida realizada en el lugar puntual de vertido a la atmósfera.

Dispersión de contaminantes: También conocido como difusión atmosférica, es la propagación física de los contaminantes, la cual depende de las condiciones meteorológicas, la temperatura, características topográficas, proximidad al mar, etc.

Inmisión de contaminantes: Cantidad de contaminante existente en la atmósfera, es decir, las concentraciones medioambientales lejos del punto de emisión.

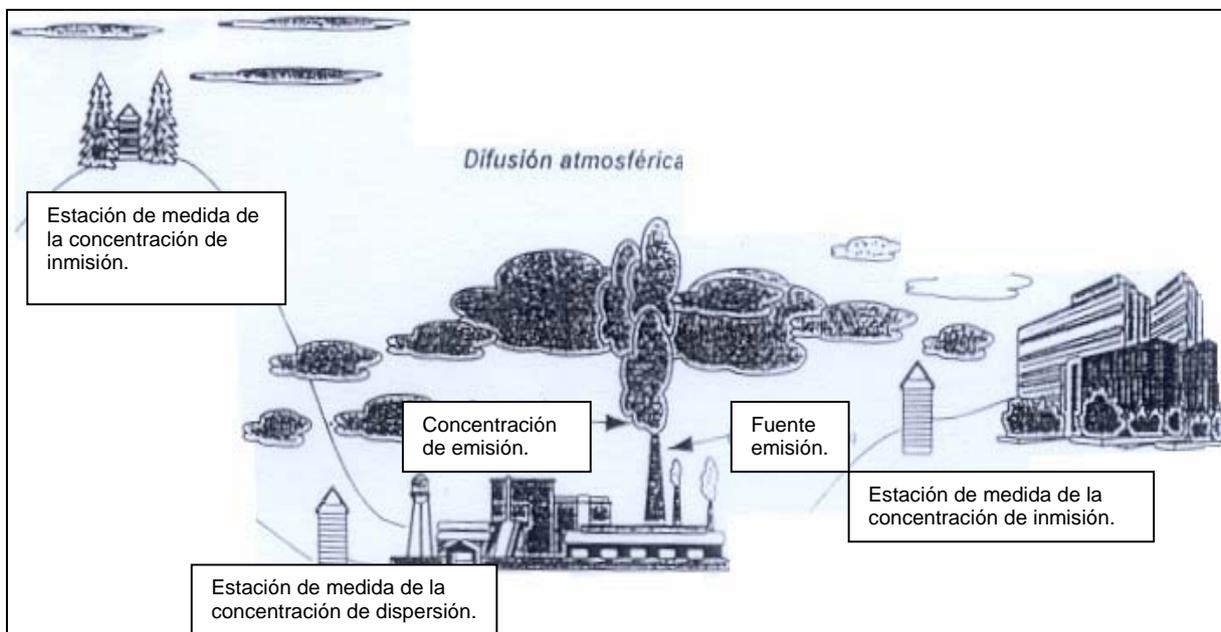


Figura 1. Aspectos fundamentales de la contaminación atmosférica. Tomado de Diplomado Protección del Medio Ambiente Físico. Contaminación Atmosférica. Universidad de Alicante. 1998.

Los contaminantes atmosféricos se pueden clasificar como primarios o secundarios. Un contaminante primario es aquél que se emite a la atmósfera directamente de la fuente y mantiene la misma forma química, como por ejemplo, la ceniza de la quema de residuos sólidos. Un contaminante secundario es aquel que experimenta un cambio químico cuando llega a la atmósfera. Un ejemplo es el ozono que surge de los vapores orgánicos y óxidos de nitrógeno que emite una estación de gasolina o el escape de los automóviles.

Los contaminantes de aire también se han clasificado como contaminantes criterio y contaminantes no criterio. Los contaminantes criterio se han identificado como comunes y perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. Se les llamó contaminantes

criterio porque fueron objetos de estudios de evaluación publicados en documentos de criterios de calidad del aire. A nivel internacional los contaminantes criterio son:

- Monóxido de carbono (CO)*
- Óxidos de azufre (SO_x)*
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)*
- Ozono (O₃)*
- Plomo (Pb)*
- Partículas*

A continuación se expone brevemente el origen y los principales problemas que causan estos contaminantes criterio y algunos otros contaminantes importantes debido a su nivel de presencia en el aire.

- o *Óxidos de azufre: Originados a partir de la combustión de carburantes fósiles y las erupciones volcánicas. Prácticamente todo el azufre que contienen los combustibles se emiten a la atmósfera como óxidos de azufre.*

Se ha encontrado que los óxidos de azufre perjudican el sistema respiratorio, especialmente de las personas que sufren de asma y bronquitis crónica. Los efectos de los óxidos de azufre empeoran cuando el dióxido de azufre se combina con partículas o humedad del aire. Esto se conoce como efecto sinérgico porque la combinación de sustancias produce un efecto mayor que la suma individual del efecto de cada sustancia. Otro problema ambiental es la contribución de óxidos de azufre a la formación de lluvia ácida.

- o *Óxidos de nitrógeno: Los óxidos de nitrógeno incluyen compuestos como óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). El término NO_x se refiere a la combinación de estas dos sustancias. Los procesos naturales y los realizados por el hombre producen óxidos de nitrógeno. En una escala global, la emisión natural de óxido de nitrógeno es casi 15 veces mayor que la realizada por el hombre. Las fuentes más comunes de óxidos de nitrógeno en la naturaleza son la descomposición bacteriana de nitratos orgánicos, los incendios forestales y de pastos, y la actividad volcánica. Las fuentes principales de emisión antropogénica son los escapes de los vehículos y la quema de combustibles fósiles. En el proceso de combustión, el nitrógeno en el combustible y en el aire se oxida para formar óxido nítrico y algo de dióxido de nitrógeno. Los óxidos nítricos emitidos se convierten en dióxido de nitrógeno mediante reacciones fotoquímicas condicionadas por la luz solar.*

El óxido nítrico es relativamente inofensivo, pero el dióxido de nitrógeno puede causar efectos en la salud. El dióxido de nitrógeno daña el sistema respiratorio porque es capaz de penetrar las regiones más profundas de los pulmones. Asimismo, contribuye a la formación de lluvia ácida.

- o *Óxidos de carbono: Producidos por el funcionamiento de los motores y como consecuencia del empleo de combustibles fósiles, incendios forestales y la degradación de la clorofila. La principal fuente antropogénica de monóxido de carbono es la quema incompleta de combustibles como la gasolina.*

Para que se complete el proceso de combustión es necesario que haya cantidad adecuada de oxígeno. Cuando éste es insuficiente, se forma el monóxido de carbono y una manera de reducirlo es exigir que los automóviles estén debidamente regulados para asegurar la mezcla del combustible con el oxígeno.

Por esta razón, los reglamentos de inspección de automóviles han sido útiles para controlar el monóxido de carbono.

El monóxido de carbono es especialmente problemático en zonas urbanas con gran número de automóviles. El volumen del tránsito y el clima local influyen sobre su concentración en el aire. Los efectos sobre la salud dependen de la concentración y duración de la exposición. El monóxido de carbono en los seres humanos afecta el suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo. Normalmente, los glóbulos rojos transportan el oxígeno por todo el cuerpo. Cuando hay monóxido de carbono, éste atrae más a los glóbulos rojos que al oxígeno, lo que da lugar a la escasez de oxígeno en la sangre. El efecto a corto plazo es similar a la sensación de fatiga que se experimenta en altura o cuando se padece de anemia. La exposición al monóxido de carbono puede exacerbar las enfermedades del corazón y del pulmón.

- *Ozono: Se forma mediante una serie compleja de reacciones en la atmósfera. En términos sencillos, se forma mediante la reacción química del dióxido de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar. La concentración de ozono en una determinada localidad depende de muchos factores, incluida la concentración de NO₂ y COV en el área, la intensidad de la luz solar y las condiciones del clima. El ozono es el principal componente del smog fotoquímico o niebla fotoquímica y causa efectos nocivos en seres humanos y plantas.*
- *Partículas: Inicialmente, con la denominación de partículas totales en suspensión (PTS) se reconoció a una amplia categoría de material particulado como contaminante. Las PTS son las partículas sólidas o líquidas del aire, se incluyen contaminantes primarios como el polvo y hollín y contaminantes secundarios como partículas líquidas producidas por la condensación de vapores. Como se mencionó anteriormente, desde la segunda mitad de la década de 1980, varios países incluyeron en sus normas sobre material particulado a las partículas con menos de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM10). En la segunda mitad de la década de 1990, las normas sobre material particulado especificaron considerar no solo al PM10 sino también al material particulado con menos de 2,5 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM 2,5). El motivo de este cambio es que las partículas más pequeñas son más peligrosas para el hombre porque tienen mayor probabilidad de ingresar a la parte inferior de los pulmones.*

En la naturaleza, el material particulado se forma por muchos procesos, tales como el viento, la polinización de plantas y los incendios forestales. Las principales fuentes antropogénicas de pequeñas partículas incluyen la quema de combustibles sólidos como la madera y el carbón, las actividades agrícolas como la fertilización y almacenamiento de granos y la industria de la construcción.

El material particulado puede tener efectos en la salud y bienestar del hombre. Puede contribuir a aumentar las enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares. Asimismo, afecta la visibilidad y la velocidad de deterioro de muchos materiales hechos por el hombre.

- *Plomo: La fuente primaria de contaminación del aire por plomo ha sido el uso de combustibles con plomo en automóviles. Como un aditivo en la gasolina, el plomo desacelera el proceso de combustión en los motores. Debido a que el plomo no se consume en el proceso de combustión, se emite como material particulado. Uno de los éxitos ambientales más importante de los dos últimos decenios ha sido la*

reducción de plomo en el aire gracias al mayor uso de la gasolina sin plomo y a la reducción del contenido de plomo en los combustibles que lo contienen.

El plomo es un contaminante importante del aire porque es tóxico para los humanos. Su difícil remoción del cuerpo hace que se acumule en varios órganos y puede dañar el sistema nervioso central. Un gran número de estudios científicos ha documentado los efectos nocivos de la exposición al plomo.

- *Compuestos orgánicos volátiles (COV): Se originan en los vehículos y otras fuentes estacionarias, también como consecuencia de quemas agrícolas y en los procesos de fabricación de pinturas y barnices. Estos compuestos son precursores de los contaminantes secundarios que provocan el smog fotoquímico.*
- *Compuestos clorofluorocarbonados (CFC): Se originan a partir de sus usos como refrigerantes, disolventes, esterilizantes, etc. Son los causantes de la destrucción de la capa de ozono.*
- *Metales pesados: Se producen como consecuencia de la combustión de carburantes fósiles, centros metalúrgicos, minería e incineración de residuos. Provocan enfermedades del aparato respiratorio y cardiovascular, afectaciones cerebrales y psicológicas.*
- *Amoníaco: Se origina en la industria química y en las plantas de tratamiento de residuales.*
- *Sulfuro de Hidrógeno: Se produce como consecuencia de procesos químicos, la industria del petróleo y en las plantas de tratamiento de residuales.*

Por otra parte, los contaminantes peligrosos son compuestos cancerígenos y no cancerígenos que pueden causar efectos serios e irreversibles en la salud. Las enmiendas de la Ley del Aire Limpio de 1990 de los Estados Unidos listan 189 compuestos como contaminantes peligrosos del aire (CPA), incluidos el tetracloruro de carbono, cloro, óxido de etileno, cadmio y manganeso. La mayoría de los CPA son compuestos orgánicos volátiles.

Las normas para controlar la emisión de estos contaminantes peligrosos están basadas en la salud. En otras palabras, se establecen límites numéricos que protegen la salud del hombre de cualquier efecto adverso. Sin embargo, el establecimiento de normas de emisión basadas en la salud es un proceso difícil debido a la incertidumbre en la evaluación de los efectos sobre la salud. Los Estados Unidos han fijado normas de emisión basadas en la salud solo para ocho contaminantes: asbesto, cloruro de vinilo, benceno, arsénico, berilio, mercurio, radón y radionucleidos diferentes del radón.

- *Asbesto: Se sabe que la aspiración del asbesto, a través de la respiración, produce cáncer en el hombre. Lamentablemente, su resistencia al fuego favoreció su empleo en numerosos materiales, tales como aislantes, pinturas, recubrimiento de frenos de automóviles e incluso ropa.*
- *Cloruro de vinilo: El cloruro de vinilo se usa en la producción de plásticos (PVC). La exposición al cloruro de vinilo puede dañar el hígado y otros órganos.*
- *Benceno: El benceno es un compuesto cancerígeno usado en agentes desgrasantes, gasolina y solventes. Se han promulgado varias normas para controlar la emisión de benceno, incluidas las normas para la fuga de benceno en equipos, para*

contenedores de benceno y operaciones de transporte y disposición de desechos de benceno, y para plantas de recuperación de subproductos del coque.

- *Arsénico: El arsénico es también un agente cancerígeno. Se emplea en la fabricación de vidrio y en la fundición de metales. Las normas de emisión se establecieron para controlar la emisión de arsénico de las plantas de fabricación de vidrio, fundiciones de metales e instalaciones para la producción de arsénico.*
- *Berilio: El berilio puede causar enfermedades del pulmón y también tiene efectos adversos sobre el hígado, bazo, riñones y glándulas linfáticas. Las fuentes de berilio incluyen las fundiciones de metal, plantas de cerámica e incineradores que queman desechos con berilio.*
- *Mercurio: El mercurio puede tener efectos adversos sobre el cerebro y riñones. Las fuentes de mercurio incluyen la quema de combustibles fósiles, plantas de fabricación de baterías de mercurio y procesos de minería que emplean mercurio.*
- *Radón: El radón es un elemento radiactivo natural. También se encuentra en materiales de construcción que contienen sustancias que emiten radón, como el yeso. Se sabe que el radón causa diversas formas de cáncer y es un contaminante importante del aire de interiores. Hasta ahora, se han establecido normas para controlar la emisión de radón en las minas subterráneas de uranio, canteras de yeso fosfórico y relaves de las minas y procesos del uranio.*
- *Radionucleidos: Los radionucleidos son una categoría de materiales radiactivos diferentes del radón. Un radionucleido es cualquier núcleo que emite radiación. Así como el radón, estos materiales pueden causar cáncer en los seres humanos.*

7.2 Efectos de la contaminación.

Se debe tener presente, tal y como lo expresa el concepto de gestión integrada de los recursos naturales, que una parte importante de la contaminación atmosférica afecta de una forma u otra y en diferente grado a todos los componentes del medio ambiente (el aire, el agua, el suelo, el hombre, los recursos biológicos y otros recursos naturales).

Contaminación urbana:

La contaminación atmosférica es un problema en casi todas las grandes ciudades del mundo, que provoca la modificación de la composición del aire debido al aporte de contaminantes por causas del tráfico y las industrias y la formación de la llamada "isla térmica urbana" que se produce básicamente como consecuencia de la difusión del calor por parte de las edificaciones, aceras y calles asfaltadas que previamente han absorbido las radiaciones. Este efecto es más notable en la puesta de sol, encontrándose diferencias de temperatura de 5 a 8 °C.

Lluvia ácida:

La lluvia ácida se produce a partir de las emisiones a la atmósfera de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, que una vez en la atmósfera sufren procesos de oxidación que los convierten en ácido nítrico y ácido sulfúrico. Estos ácidos se disuelven en las gotas de lluvia, haciendo que las precipitaciones tengan un carácter ácido y corrosivo, que puede afectar a los bosques, pastos, cultivos, lagos, ríos, etc.

Los contaminantes que generan la lluvia ácida, pueden ser transportados a grandes distancias de los centros emisores, dando lugar a la llamada contaminación transfronteriza, que generada en un país, puede afectar áreas de otros países.

Destrucción de la capa de ozono:

La concentración de ozono en las capas más bajas de la atmósfera está incrementándose, debido al aumento en la concentración de otras moléculas, tales como el monóxido de carbono, que cataliza la reacción en la cual se forma el ozono a partir del oxígeno. El aumento del ozono en estas capas produce efectos negativos sobre la salud humana y las plantas, por su poder corrosivo.

A una altura de 25 Km, se está produciendo un descenso en la concentración de ozono, debido al aumento de los clorofluorocarbonos en la atmósfera. Estos compuestos liberan cloro libre y aumentan la ruptura de la molécula del ozono. En esta capa el ozono actúa como un filtro de la radiación ultravioleta, por ello la disminución de la capa de ozono puede causar efectos tales como, el incremento del cáncer de la piel y modificaciones del sistema inmunológico.

El tema del control de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAOs) se trata en este material en el capítulo destinado a las sustancias y productos químicos.

Efecto Invernadero:

Las radiaciones solares pasan a través de la atmósfera y llegan a la superficie de la tierra, que refleja una parte de la misma y absorbe otra fracción. El suelo se calienta y emite energía en forma de radiación infrarroja, pero ciertos gases llamados de efecto invernadero, tienen la propiedad de absorber parte de esa radiación, antes de que se disipe a la atmósfera.

Debido a la acción de esos gases, tales como: dióxido de carbono, metano, etc, el aire que nos rodea mantiene una temperatura favorable a todas las formas de vida. El incremento de la concentración de gases de efecto invernadero, debido a la acción del hombre, origina la retención de una mayor cantidad de calor en las capas bajas de la atmósfera, provocando un aumento de la temperatura y una modificación del clima.

La Estrategia Ambiental Nacional en materia de contaminación atmosférica plantea que nuestra problemática se caracteriza por la carencia de sistemas de tratamiento de emisiones, inadecuado control sobre los niveles de ruido y poca difusión sobre los efectos nocivos a la salud, el mal estado del transporte y la carencia de normas técnicas sobre las emisiones, así como la falta de un sistema de monitoreo adecuado.

7.3 Tratamientos utilizados para el control de emisiones.

Las tecnologías para la depuración de las emisiones a la atmósfera se clasifican en: depuración de partículas y depuración de gases.

Para la depuración de partículas se utilizan:

Cámaras de sedimentación: Se utilizan para partículas de gran tamaño. El proceso se basa en la disminución de la velocidad del gas debido a un cambio de diámetro en el conducto en que se alojaba el mismo. Este sistema es una adaptación simple de las cámaras de sedimentación por gravedad.

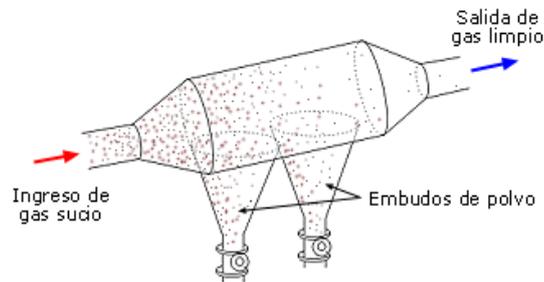


Figura 2. Cámara de sedimentación. Tomado de CEPIS/2004.

Ciclones: Su principio de funcionamiento es la separación inercial, mediante la aplicación de la fuerza centrífuga al forzarse a un cambio de la dirección de flujos de los gases, lo que hace que por inercia las partículas sigan en la dirección original, separándose del flujo de los gases. Es un recipiente cilíndrico donde el gas se introduce tangencialmente, la acción de la fuerza centrífuga es mayor sobre las partículas que son desplazadas hacia las paredes del ciclón de donde caen al fondo. Se utilizan para remover partículas gruesas y de tamaño mediano. En la práctica es común el uso de un arreglo de varios ciclones, conocido como multiciclón, que logra alcanzar alta eficiencia en la remoción de partículas relativamente pequeñas.

Las unidades en paralelo suministran un aumento en la capacidad volumétrica, mientras que las unidades en serie proporcionan un aumento en la eficiencia de remoción. Existen dos clases principales de separadores ciclónicos: los tipos de paletas axiales, y los de involutas. La única diferencia que existe entre los dos se basa en el método de introducción del gas dentro del casco cilíndrico con el propósito de impartirle un movimiento giratorio que sea suficiente. En los separadores cilíndricos simples, se obtiene el movimiento circular por medio de una entrada tangencial de gas. El pasaje de entrada de involuta rectangular tiene su pared interior tangencial al cilindro, y la entrada ha sido diseñada para que se incorpore gradualmente con una involuta de 180 grados.

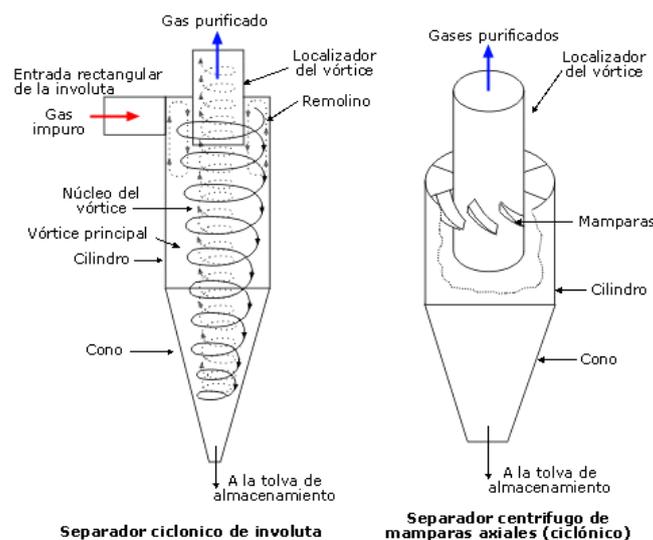


Figura 3. Ciclones. Tomado de CEPIS/2004.

Por lo general el separador ciclónico se utiliza para eliminar partículas con tamaño de $10\ \mu\text{m}$ o mayor. No obstante, los ciclones convencionales rara vez remueven partículas con una eficiencia mayor del 90 por ciento, a menos que la partícula tenga un diámetro $25\ \mu\text{m}$ o mayor. Existen ciclones de alta eficiencia, que son efectivos hasta con partículas de $5\ \mu\text{m}$.

Sistemas de filtros: La corriente de gas se pasa a través de un medio poroso que retiene las partículas. El filtro más utilizado es el de mangas, ya que puede tratar grandes volúmenes de gases con altas concentraciones de partículas.

Los filtros de mangas son los de mayor uso en la actualidad en la mediana y gran industria, debido a su eficiencia y simplicidad de funcionamiento. Las partículas forman una capa porosa en la superficie de la tela. El gas luego de haber sido separado del material particulado más grueso ingresa a las bolsas por la parte inferior y pasa a través de las paredes de estas mientras que las partículas se depositan en el interior de las bolsas o filtros de mangas.

Una de las desventajas de los filtros de tela es la necesidad de limpiarlos con frecuencia a fin de evitar grandes caídas de presión, de aquí resulta que el diseño básico de los filtros industriales, se basa, por lo general, en unas condiciones geométricas que se presten a una relativa facilidad de limpieza.

El filtro de tela es eficiente para retener partículas finas y puede sobrepasar 99 por ciento de remoción en la mayoría de las aplicaciones. Otra desventaja del filtro de tela es que los gases a altas temperaturas a menudo tienen que ser enfriados antes de entrar en contacto con el medio filtrante.

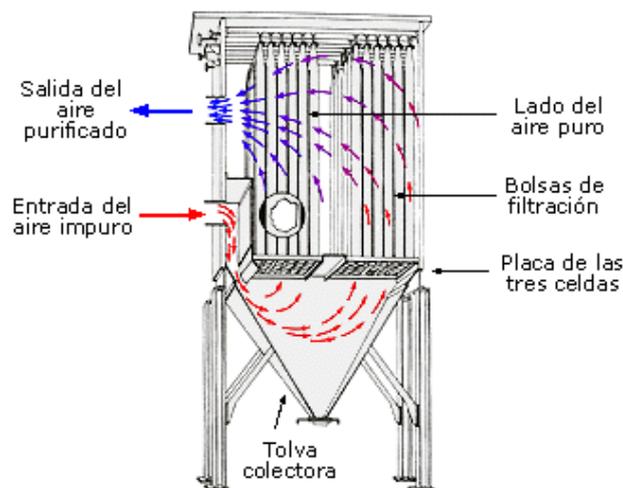


Figura 4. Filtro de Mangas. Tomado de CEPIS/2004.

Precipitadores electrostáticos: Su funcionamiento se basa en cargar eléctricamente a las partículas, para someterlas a la atracción de un campo eléctrico que las atrae hacia las placas (electrodos), depositándose sobre ellos. Las partículas se retiran de las placas mediante "golpes secos" y se recolectan en una tolva ubicada en la parte inferior de la unidad.

Alcanzan eficiencias de 99.9% en remoción de partículas del orden de 1 a 10 μm . Si embargo para partículas de mayor tamaño 20-30 μm la eficiencia baja, por lo que en estos casos se recomienda un equipo de pretratamiento que pudiera ser un ciclón. En general estos equipos se utilizan para tratar altos volúmenes de gases con altas concentraciones de partículas, como los que se generan en los hornos de clinker, debido a los altos costos de inversión, operación y mantenimiento.

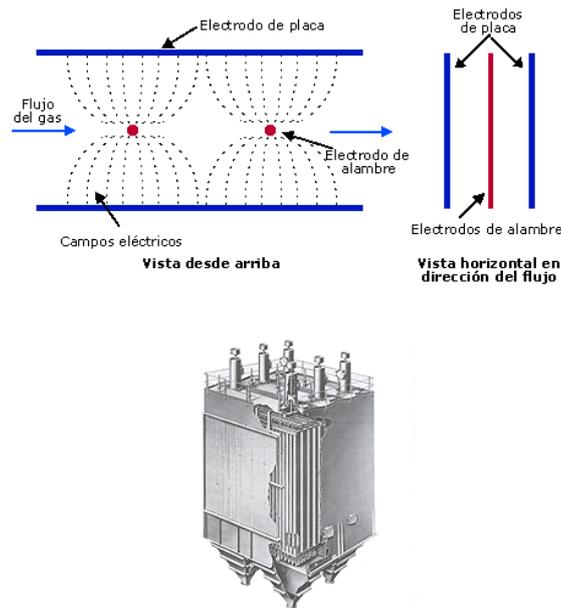


Figura 5. Precipitador electrostático. Tomado de CEPIS/2004.

Para la depuración de gases, se usan equipos que se basan en procesos físico químicos de absorción, adsorción, condensación, o combustión.

Procesos de absorción: La **absorción** es el proceso mediante el cual un contaminante gaseoso se disuelve en un líquido. El agua es el absorbente más usado. A medida que el flujo de gas pasa por el líquido, éste absorbe el gas. La absorción se usa comúnmente para recuperar productos o purificar gases con alta concentración de compuestos orgánicos. Un problema potencial con la absorción es la generación de aguas residuales, lo que convierte un problema de contaminación del aire en un problema de contaminación del agua.

El equipo de absorción está diseñado para obtener la mayor cantidad de mezcla posible entre el gas y el líquido. Los absorbedores son frecuentemente llamados lavadores de gas y existen varios tipos de ellos. Los más usados son las torres rociadoras, columnas de relleno, cámaras rociadoras y lavadores Venturi.

El absorbedor de columna de relleno contiene una sustancia inerte (no reactiva), como plástico o cerámica, que aumenta la superficie del área líquida para la interfaz líquida/gaseosa. El material inerte ayuda a maximizar la capacidad de absorción de la columna. Además, la introducción del gas y líquido en extremos opuestos de la columna permite que la mezcla sea más eficiente debido al flujo contra corriente que se genera. Los absorbedores pueden alcanzar una eficiencia de remoción mayor de 95 por ciento.

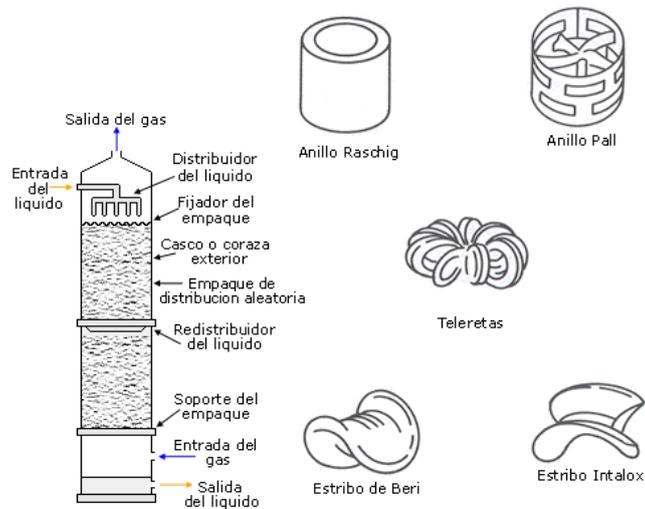


Figura 6. Absorbedor del tipo columna de relleno. Tomado de CEPIS/2004.

Procesos de adsorción: Se basan en la retención de los gases y vapores sobre una superficie sólida, como consecuencia de reacciones químicas y/o fuerzas superficiales.

El proceso de adsorción más común es mediante el uso partículas de carbón activado para controlar y recuperar las emisiones gaseosas contaminantes. En este proceso, el gas es atraído y se adhiere a la superficie porosa del carbón activado, lográndose una eficiencia de remoción de 95 a 99 por ciento. Se usa particularmente para recuperar compuestos orgánicos valiosos.

Los sistemas de adsorción pueden ser regeneradores o no regeneradores. Un **sistema regenerador** usualmente contiene más de un lecho de carbón. Mientras un lecho retira activamente los contaminantes, el otro se regenera para uso futuro. Para extraer los contaminantes atrapados en el lecho y llevarlos a un dispositivo de recuperación se usa vapor. Mediante la regeneración, las mismas partículas de carbón activado se pueden usar una y otra vez. Los sistemas de regeneración se usan cuando la concentración del contaminante en el flujo de gas es relativamente alta.

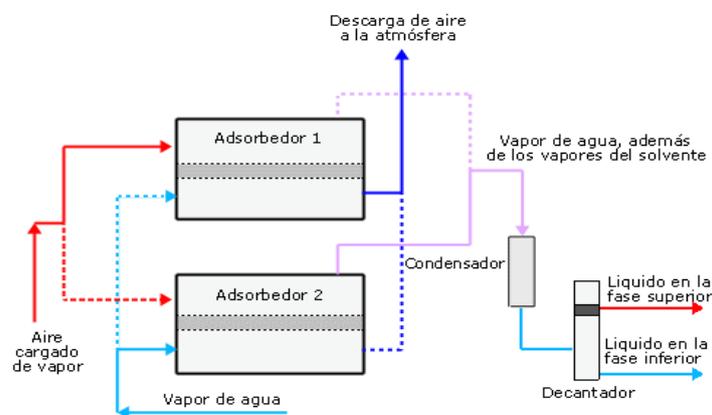


Figura 7. Proceso de adsorción con regeneración. Tomado de CEPIS/2004.

Usualmente, los sistemas no regeneradores tienen lechos más delgados de carbón activado. El carbón gastado se descarta cuando se satura con el contaminante. Debido al problema de desechos sólidos que genera este sistema, el mismo se usa cuando la concentración del contaminante es sumamente baja.

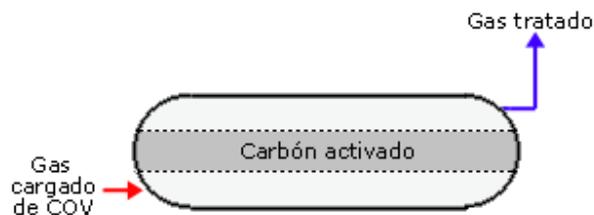


Figura 8. Proceso de adsorción sin regeneración. Tomado de CEPIS/2004.

Procesos de condensación: Los condensadores remueven contaminantes gaseosos mediante la reducción de la temperatura del gas hasta un punto en el que el gas se condensa y se puede recolectar en estado líquido. La condensación se puede lograr mediante un incremento de la presión o la extracción de calor de un sistema. La extracción de calor es la técnica que más se emplea.

Los condensadores se usan generalmente para recuperar los productos valiosos de un flujo de desechos. Usualmente se usan con otro dispositivo de control. Por ejemplo, un condensador se puede usar para remover una sustancia gaseosa de un flujo contaminante. Luego, los gases remanentes del flujo contaminante se destruyen en un incinerador.

En el control de la contaminación se emplean condensadores de contacto y de superficie. En los **condensadores de contacto**, el gas hace contacto con un líquido frío. En un **condensador de superficie**, los gases entran en contacto con una superficie fría en la cual circula un líquido o gas enfriado, como la parte exterior de un tubo. La eficiencia de remoción de los condensadores varía de 50 a más de 95 por ciento, dependiendo del diseño y aplicación.

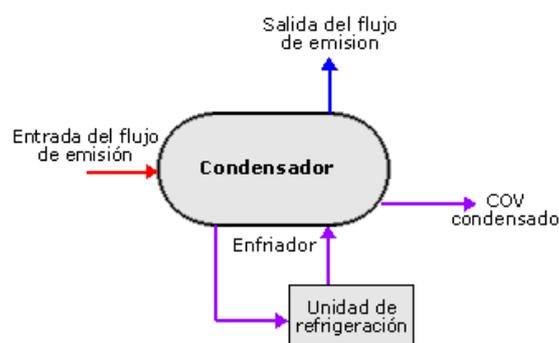


Figura 9. Condensador de contacto. Tomado de CEPIS/2004.

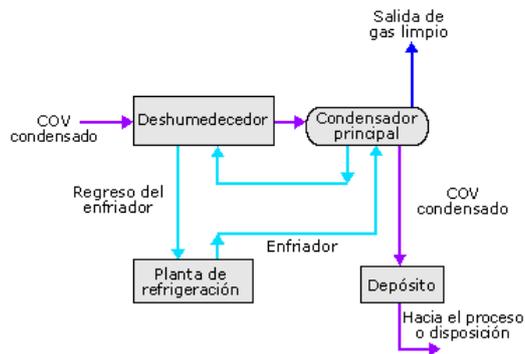


Figura 10. Condensador de superficie. Tomado de CEPIS/2004.

Procesos de combustión: Son apropiados para la eliminación de compuestos orgánicos y algunas sustancias inorgánicas. Se pueden realizar de forma espontánea o catalítica.

Los incineradores termales se usan frecuentemente para controlar la emisión continua de compuestos orgánicos volátiles combustibles. En general, la incineración destruye gases y desechos sólidos mediante la quema controlada a altas temperaturas. Cuando los incineradores termales se operan correctamente pueden destruir más de 99 por ciento de los contaminantes gaseosos.

El tiempo de permanencia es el período que la mezcla del combustible permanece en la cámara de combustión. A menudo se agrega un combustible suplementario al incinerador termal para complementar la cantidad de gases contaminantes que se queman en el incinerador. La energía y calor producidos por el proceso de incineración se pueden recuperar y dedicar a usos provechosos en una fábrica.

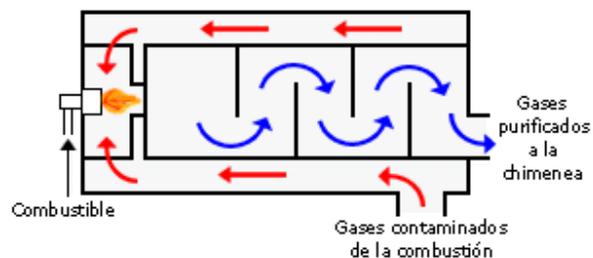


Figura 11. Incinerador termal. Tomado de CEPIS/2004.

Los incineradores catalíticos son similares a los termales e incluyen un catalizador para evaluar el proceso de combustión. Un catalizador es una sustancia que acelera una reacción química sin que la reacción cambie o consuma dicha sustancia. Los catalizadores permiten que el proceso de combustión ocurra con temperaturas más bajas, lo que reduce el costo del combustible. Cuando se usa un incinerador catalítico se obtiene una eficiencia de destrucción mayor de 95 por ciento. Si se emplea un volumen mayor de catalizadores o temperaturas más altas es posible alcanzar una mayor eficiencia. Los incineradores catalíticos son más convenientes para las emisiones con bajo contenido de COV.

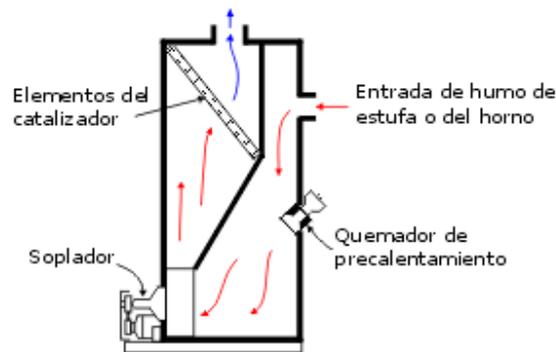


Figura 12. Incinerador catalítico. Tomado de CEPIS/2004.

7.4 Regulaciones asociadas.

La Ley 81/97 "Del Medio Ambiente", establece en su artículo 118 que los órganos y organismos encargados de la protección de la atmósfera o cuya actividad incide en ésta, realizarán acciones para asegurar que la contaminación de la atmósfera no sobrepase los niveles de sustancias extrañas permitidas por las normas establecidas y para reducir y controlar las emisiones de contaminantes a la atmósfera producidas por la operación de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, de manera que se asegure la calidad del aire de conformidad con las normas que la regulan, para la salvaguardia del medio ambiente y en especial de la salud humana y el cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por el país.

Como complemento de lo que establece la Ley, se cuenta con la Norma Cubana 93-02-202/1987 "Requisitos higiénico-sanitarios: Concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitaria. "

Esta norma define las concentraciones máximas admisibles de las sustancias contaminantes en el aire para zonas habitables, así como los radios mínimos admisibles de las zonas de protección de las empresas industriales y otras fuentes contaminantes del aire.

La norma establece las metodologías para el cálculo de la dispersión de las sustancias contaminantes del aire expulsadas por las chimeneas y las alturas mínimas de éstas.

La norma es aplicable a las empresas industriales y demás instalaciones productivas y de servicios, que emiten contaminantes a la atmósfera, con el objetivo de proteger los asentamientos humanos.

Los radios mínimos admisibles de las zonas de protección sanitaria definidos por esta norma, se aplican a las inversiones posteriores a la aprobación de la misma. Las entidades en funcionamiento antes de la entrada en vigor de la norma elaborarán programas a mediano y largo plazo para solucionar su problemática.

El Decreto Ley 200/99 sanciona las violaciones en materia de contaminación atmosférica en su artículo 12, el cual plantea que "se consideran contravenciones respecto a la protección de la atmósfera y se impondrán las multas que para cada caso se establecen:

- a) *Infringir las normas técnicas relativas a la calidad del aire y los niveles permisibles de sustancias extrañas."*

Nota: El inciso b de este artículo, relacionado con las SAOs, se analizará más adelante.

Esta violación de la legislación ambiental se sanciona con multas de 200 pesos para las personas naturales y 5000 pesos para las jurídicas, además de que se pueden aplicar cualquiera de las otras medidas previstas en este Decreto Ley.

7.5 Ruido.

La Ley 81 "Del Medio Ambiente", plantea en su artículo 147 que "Queda prohibido emitir, verter, o descargar sustancias o disponer desechos, producir sonidos, ruidos, olores, vibraciones y otros factores físicos que afecten o puedan afectar a la salud humana o dañar la calidad de vida de la población.

Las personas naturales o jurídicas que infrinjan la prohibición establecida en el párrafo anterior, serán responsables a tenor de lo dispuesto en la legislación vigente."

El Decreto Ley 200/99 "De las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente", establece en su artículo 11 inc. a "Se consideran contravenciones respecto a los ruidos..... infringir las normas relativas a los niveles permisibles de sonidos y ruidos."

Esta violación se sanciona con multas de 200 pesos para las personas naturales y 2250 pesos para las jurídicas, además de que se pueden aplicar cualquiera de las otras medidas previstas en este Decreto Ley.

Como complemento de esta legislación, está vigente en el país la Norma Cubana 26:2007 "Ruidos en zonas habitables. Requisitos higiénicos sanitarios. "

La norma establece el método de medición del nivel sonoro utilizado como indicador del ruido ambiental, junto a posibles modelos de pronóstico y niveles máximos admisibles y tolerables en zonas habitables, tanto en el interior de las viviendas como en las áreas urbanizadas aledañas.

Los niveles tolerables de ruidos que se establecen en la norma, sólo se aplicarán en las zonas habitables construidas antes de la puesta en vigor de la misma. En todas las zonas habitables construidas después de esa fecha, deberán cumplirse los niveles máximos admisibles de ruidos.

*La norma establece, entre otros, **niveles tolerables** de 71 y 66 Db para instalaciones mecánicas e industriales y 68 y 58 Db para el tránsito, en ambos casos el primer valor corresponde para el día y el segundo para la noche. En el caso de nuevas urbanizaciones los **niveles máximos admisibles** son de 50 y 47 Db, para instalaciones mecánicas e industriales y el tránsito, respectivamente.*

La norma faculta a los inspectores a proceder, aún en los casos en que no sea posible medir los niveles de ruido, cuando plantea:

"En los casos de denuncias por la población y que no se puedan realizar las mediciones correspondientes, el criterio de decisión se tomará sobre la base de la evaluación realizada por el inspector actuante, siempre que esté debidamente calificado y registrado por la autoridad de control ambiental competente."

Se recomienda hacer uso de la facultad antes citada, solo en aquellos casos en que los niveles de ruido no den lugar a dudas de la infracción de la norma, para evitar subjetividades en el actuar de los inspectores.

*Por la incidencia que tiene el problema del ruido en la Ciudad de la Habana, el Gobierno de esta provincia puso en vigor un Reglamento para el control de los ruidos en este territorio. Este Reglamento se aplica para los ruidos producidos por las **personas jurídicas en las zonas residenciales** que afectan a la población. Este reglamento además de implementar el procedimiento para la atención de las quejas de la población al respecto, dispone en su artículo 18 que: "Si los niveles sonoros transgreden los niveles máximos admisibles se procederá a la paralización de las actividades, y la administración de la entidad estará obligada a solucionar los problemas de ruido para el levantamiento de la medida dictada por la autoridad actuante. "*

En los problemas de contaminación atmosférica, incluyendo el ruido, tiene una alta incidencia el MINSAP, pues en la mayoría de los casos, en primera instancia se trata de un problema de salud ambiental, también tiene incidencia por supuesto el CITMA, como organismo rector ambiental, el Ministerio del Trabajo y Seguridad Social cuando los problemas antes mencionados se producen en el ambiente laboral, lo cual se establece de forma expresa en el artículo 152 de la Ley 81/97. Finalmente la PNR desempeña un papel importante en el tema ruidos, cuando los mismos están asociados con la indisciplina y la convivencia social.

CAPÍTULO VIII.

SUSTANCIAS Y PRODUCTOS QUÍMICOS. SUSTANCIAS AGOTADORAS DE LA CAPA DE OZONO.

8.1 Generalidades y compromisos internacionales.

El contenido de este Capítulo tiene relación con el anterior, en especial con el tema de la emisión de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAOs) a la atmósfera. También guarda relación con el de desechos peligrosos, pues muchas sustancias químicas cuando se deterioran o caducan se convierten de hecho en desechos peligrosos.

En la actualidad existen en el mundo, alrededor de 1 a 2 millones de formulaciones químicas, lo que ha obligado a los países a adoptar acciones reguladoras para prohibir o restringir el uso de productos químicos cuando son considerados demasiados peligrosos, sobre todo como respuesta a enfermedades como el cáncer y otras enfermedades mutagénicas, incluyendo tanto los efectos inmediatos, como los efectos a largo plazo.

En nuestra Estrategia Ambiental se recoge la problemática con el inadecuado manejo de los productos químicos, así como con la acumulación progresiva de productos químicos ociosos y caducos que ocasionan problemas de contaminación y riesgos para la salud.

La Ley 81 define las responsabilidades nacionales con el control del manejo de los productos químicos tóxicos. En su artículo 156 define la responsabilidad del CITMA en el control del manejo de los productos químicos tóxicos industriales y de consumo de la población, sin perjuicio de las atribuciones del MININT y el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC).

Por otra parte, el artículo 157 de la Ley 81 establece que el MINSAP de conjunto con el MINAG y en coordinación con otros organismos competentes, establecerá las disposiciones relativas al control de los productos químicos tóxicos plaguicidas, lo cual se encuentra implementado en el país a través de la constitución del Registro Central de Plaguicidas, órgano responsable del registro y de la autorización de las condiciones para el uso de los plaguicidas en Cuba.

En el tema del control ambiental de los productos químicos tóxicos, nuestro país es Parte del Convenio de Róterdam, el cual surge dentro de las desigualdades Norte – Sur, cuando los países más ricos prohibían determinados productos químicos y a la vez continuaban vendiéndolos a los países en vías de desarrollo.

Este Convenio de las Naciones Unidas trata sobre el comercio internacional (importación y exportación) de productos químicos peligrosos y por consiguiente, sus usos y regulaciones. Incluye también a los productos químicos prohibidos o rigurosamente restringidos en algunos países, pero que son exportados a otros países.

El Convenio incluyó inicialmente a 27 productos químicos, la mayoría de los cuales eran plaguicidas, pero se pueden incorporar otros, decididos por los Estados Partes, actualmente incluye a 24 productos químicos de uso plaguicida, 6 formulaciones de plaguicidas severamente peligrosas y 11 productos de uso industrial.

Nuestro país es signatario de ese Convenio desde 1998, siendo el CITMA la Autoridad Nacional designada para la implementación nacional del mismo, en cuyo carácter le corresponde adoptar las decisiones nacionales relativas a la importación y utilización de los productos químicos de uso industrial y de consumo de la población. En el caso de los plaguicidas, las funciones de Autoridad Nacional las ejerce el Registro Central de Plaguicidas.

El enfoque del Convenio es el de poner fin a los problemas relacionados con los productos químicos tóxicos antes de que surjan, impidiendo las exportaciones de los mismos a países que no pueden manejarlos. Opera como un primer sistema de aviso, que facilita la toma de decisiones propias e informadas (Consentimiento Fundamentado Previo) sobre la inconveniencia de la importación. **Es decir, nuestro país no deberá permitir la exportación de productos químicos listados en el Convenio, sin el Consentimiento Fundamentado Previo del país importador y viceversa.**

Un grupo de productos químicos especialmente problemático, lo constituyen los Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs), los cuales son sustancias químicas muy estables, que se acumulan en los tejidos biológicos y ejercen efectos adversos sobre la salud humana y animal. Ante la evidencia de que esas sustancias se transportan a grandes distancias, llegando a regiones remotas donde no han sido utilizadas o producidas, con el consiguiente peligro que ello representa para la salud humana y global, la comunidad internacional ha promovido la adopción de medidas internacionales para reducir los riesgos asociados a las liberaciones de estos compuestos, incluyendo la negociación y adopción de un Convenio Global (Convenio de Estocolmo).

El Convenio de Estocolmo incluye a doce COPs, nueve son plaguicidas, un producto químico de uso industrial y dos productos no intencionales. Nuestro país ratificó este Convenio en el 2008.

Plaguicidas organoclorados	Aldrin, Dieldrin, Clordano, Endrin, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Mirex, Toxafeno, DDT.
Productos químicos de uso industrial	Bifenilos policlorados (PCB).
Producción no intencional	Dioxinas y Furanos.

Dentro de las sustancias y los productos químicos, un grupo particular lo constituyen las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (no todas son tóxicas). El descubrimiento del agujero de la capa de ozono en la Antártida fue un hecho trascendental para la humanidad, ante el cual esta tomó conciencia del peligro y se decidió a emprender acciones urgentes para detener este fenómeno.

El ozono es una molécula compuesta por 3 átomos de oxígeno, que se encuentra en el aire en una proporción de 3 por cada 10 000 000 de moléculas de aire. La capa de ozono se ubica a una altura de 10-25 Km. de la tierra, donde se concentra el 90% del ozono. El ozono a bajos niveles es un contaminante que forma parte del smog urbano y que puede causar problemas de salud (fundamentalmente respiratorios) y afectar a las plantas y los cultivos.

En la atmósfera superior la capa de ozono absorbe la mayor parte de las radiaciones ultravioletas, impidiendo que lleguen a la superficie de la tierra. Estas radiaciones afectan a los seres humanos y a los animales. Cuando se incrementa la exposición a las radiaciones ultravioletas se pueden producir quemaduras en la piel, diversas enfermedades, entre ellas: alergia, enfermedades de la vista, cáncer, enfermedades infecciosas, etc. Además, disminuye los rendimientos de los cultivos, reduciendo su valor nutritivo e incrementando su toxicidad.

*Los productos químicos que contienen **cloro y bromo**, elementos sumamente reactivos en estado libre, atacan al ozono. Diversos productos químicos fabricados y utilizados por el hombre y que contienen estos elementos, entre ellos, algunos refrigerantes, causan la destrucción del ozono de la atmósfera.*

Esta situación provocó que en 1985 las Naciones Unidas estableciera la Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono en la que participan 168 países, entre ellos Cuba. En 1987 se materializa el Protocolo de Montreal relativo al control de las sustancias que agotan la capa de ozono. Este Protocolo ha sido ratificado por 167 países, incluyendo a Cuba.

Nuestro país como parte de este Protocolo, realiza ingentes esfuerzos para implementar las medidas que se derivan de lo que el mismo establece. Entre estos esfuerzos se incluye la implementación de un sistema de licencias ambientales para la importación y exportación de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAOs).

8.2 Control ambiental de los productos químicos tóxicos y las SAOs.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 156 de la Ley 81 y como parte de las responsabilidades del CITMA como Autoridad Nacional Designada del Convenio de Róterdam sobre el Consentimiento Fundamentado Previo, se puso en vigor en el 2004 la Resolución 96.

Esta Resolución prohíbe la importación y el uso industrial de los siguientes productos químicos:

- 1. Crocidolita (Asbesto azul)*
- 2. Trifenilos Policlorados*
- 3. Pentaclorofenol*
- 4. Dicloruro de Etileno*

Además prohíbe el uso industrial en la producción textil de los bifenilos polibromados y el fosfato de tris (Dibromo-2,3 Propilo) y establece que el resto de los usos de estas sustancias estará sujeto a una Licencia Ambiental otorgada por el CICA.

La Resolución restringe el uso industrial como esterilizante del Oxido de Etileno en el Sistema Nacional de Salud y en aquellas producciones que aseguran su funcionamiento.

Finalmente la Resolución prohíbe la importación y comercialización interna de los Bifenilos Policlorados (askareles) y los equipos eléctricos con contenido de esta sustancia superior a 50 ppm, así como la importación de la antofilita, la tremolita, la actinolita y la amosita, aunque se permite el uso de las existencias nacionales hasta su agotamiento.

El resto de las Resoluciones emitidas por el CITMA en materia de control ambiental de sustancias y productos químicos se relacionan con las SAOs.

Para establecer el régimen de licencias ambientales de estas sustancias, en 1999 se puso en vigor la Resolución 65, derogada por la Resolución 116/2005 que actualiza el Cronograma Nacional para el Control de las SAOs. Esta Resolución establece:

- *El Cronograma Nacional para la reducción de las importaciones, las exportaciones y la fabricación de las SAOs.*
- *La obligatoriedad para las entidades importadoras y exportadoras de SAOs, equipos y tecnologías que las utilicen de obtener previamente una licencia ambiental otorgada por el CICA. Esta licencia se solicita con 60 días de antelación a la importación y se requiere de una por cada embarque.*
- *La obligatoriedad de obtener una Licencia Ambiental para el uso de SAOs definidas por la legislación específica. Esta licencia se solicita con 30 días de antelación al uso previsto.*
- *Establece el procedimiento para solicitar las licencias ambientales.*
- *Define un listado de equipos y productos que emplean o contienen SAOs.*

La Resolución 116/2005 define mediante anexos el cronograma para el control de las SAOs en el país. En cada anexo existe una tabla que establece el cronograma de aplicación de las medidas de control para esas sustancias. Las etapas de este cronograma son:

- *Nivel Básico: No hay restricciones. Se utilizan los niveles de consumo de esos años para calcular el promedio que se utilizará como referencia.*
- *Congelación de la producción y consumo al nivel básico: A partir de ese momento entra en vigor **la licencia ambiental para esa sustancia**. Se requiere de un balance nacional porque las importaciones del país no pueden exceder al nivel básico.*
- *En el resto de los años, se reducen determinados % del nivel básico, hasta la eliminación de las sustancias de ese Anexo, por lo que paulatinamente disminuyen en el balance nacional las cuotas aprobadas para cada organismo.*

De acuerdo a lo explicado, en estos momentos se encuentran bajo régimen de licencias ambientales, las SAOs siguientes:

Las del Anexo 1:

- CFC-11
- CFC-12
- CFC-113
- CFC-114
- CFC-115
- R-500
- R-501
- R-502

La eliminación del uso de esas sustancias se planifica para el 2010.

Las del Anexo 2:

- Halón –1211
- Halón-1301
- Halón-2402

La eliminación del uso de esas sustancias se planifica para el 2010.

Las del Anexo 3:

- CFC-13
- CFC-111
- CFC-112
- CFC-211
- CFC-212
- CFC-213
- CFC-214
- CFC-215
- CFC-216
- CFC-217

La eliminación del uso de esas sustancias se planifica para el 2010.

La del Anexo 4: Tetracloruro de carbono. La eliminación del uso de esta sustancia se planifica para el 2010.

La del Anexo 5: Tricloro etano (metil cloroformo). La eliminación del uso de esta sustancia se planifica para el 2015.

Las del Anexo 7. Contiene un listado amplio de SAOs, cuya eliminación total del uso está en vigor desde 1996.

La del Anexo 8: Bromo clorometano. La eliminación total del uso está en vigor desde el 2002.

La del Anexo 9: Metil Bromuro. La eliminación del uso de esta sustancia se planifica para el 2015.

*Adicionalmente, en 1999 se aprueban otras dos Resoluciones relacionadas con el control de las SAOs: una Resolución Conjunta CITMA-MINCIN que define a este último organismo como único balancista nacional para las SAOs del Anexo 1, a partir de las cuotas que define el CITMA y la Resolución 287 del MINCEX la cual autoriza como **únicos importadores en el país de SAOs del Anexo 1**, a QUIMIMPORT, EMSUNEX y MEDICUBA. Es decir, ninguna otra entidad está autorizada a importar en el país las sustancias relacionadas en dicho Anexo.*

En el 2003 se emite la Resolución 384 del MINCEX, facultando a QUMIMPORT y FARMACUBA como las únicas entidades autorizadas a importar las sustancias relacionadas en los Anexos 2, 3, 4, 5 y 8.

Para cumplimentar los compromisos adquiridos con la entrada en vigor de los nuevos Anexos, en el 2004 el CITMA emite las Resoluciones 107 y 108. La primera, relacionada con los SAOs utilizadas como refrigerantes, establece:

- *La prohibición de las emisiones deliberadas a la atmósfera, de las SAOs utilizadas en el sector de la refrigeración, las que deben recuperarse con fines de reciclado o destrucción.*

- *Las entidades que ofertan servicios de refrigeración y aire acondicionado, así como los usuarios y tenentes (sistemas comerciales e industriales), deberán garantizar el uso de equipos de recuperación y reciclado durante el mantenimiento y reparación, verificar la no existencia de escapes y el almacenamiento de las SAOs que se extraigan.*
- *En el mantenimiento y reparación de equipos cuya carga de refrigerante sea superior a ½ Kg, **será obligatorio** realizar la recuperación y reciclaje de la SAO, o utilizar los servicios de entidades especializadas que les permita evitar las emisiones a la atmósfera.*
- *El personal técnico que realice el mantenimiento y reparación de equipos debe cumplir los requisitos de capacitación en buenas prácticas.*
- *Todos los Organismos que posean talleres donde se recuperen, reciclen o almacenen SAOs contaminadas destinadas a su destrucción, están obligados a controlar las operaciones que realicen y habilitar al efecto un inventario.*

La Resolución 108, relacionada con la importación y uso del bromuro de metilo, regula lo siguiente:

- *Toda importación y uso de bromuro de metilo requiere de una Licencia Ambiental, emitida por el CICA.*
- *El único balancista nacional es el MINAG.*
- *Las entidades que utilizan el bromuro de metilo deben reducir los escapes.*
- *Las entidades que utilizan el bromuro de metilo deben habilitar un inventario.*

El incumplimiento de lo normado en el país en el control ambiental sobre los productos químicos, se sanciona por el Decreto Ley 200/99 "De las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente" con cualquiera de las medidas previstas en este Decreto Ley, mediante los artículos siguientes:

- *Artículo 5 inc. b : Realizar otras actividades cuya ejecución esté precedida o su desarrollo requerido de una Licencia Ambiental, de conformidad con las disposiciones que establezca el Ministerio al amparo del artículo 24 de la Ley, sin haber obtenido previamente dicha licencia, o habiéndose denegado ésta, multa de 250 pesos y 5000 pesos. (A partir de lo que establecen las Resoluciones CITMA 96/2004; 108/2004 y 116/2005).*
- *Artículo 12 inc. b: No aplicar las medidas orientadas para la recuperación, regeneración, reciclaje y destrucción de las sustancias refrigerantes con potencial de agotamiento de la capa de ozono, multa de 250 pesos y 2250 pesos. (A partir de lo que establece la Resolución CITMA 107/2004).*
- *ARTICULO 13.- Se consideran contravenciones respecto a los productos químicos tóxicos y se impondrán las multas que para cada caso se establecen (De acuerdo con la Resolución 96/2004):*

- a) *La fabricación, importación y exportación de productos químicos tóxicos declarados como severamente restringidos, sin el permiso correspondiente, 200 pesos y 2 250 pesos;*
- b) *La infracción de las disposiciones dictadas por el Ministerio relativas a la protección del medio ambiente contra los efectos de los productos químicos tóxicos capaces de ocasionar daños de consideración.*

CAPÍTULO IX.

DESECHOS PELIGROSOS.

9.1 Generalidades.

El acelerado desarrollo industrial, en constante evolución y cambio, lleva frecuentemente aparejado la creciente generación de desechos, sólidos, líquidos y gaseosos. Si estos desechos no son tratados adecuadamente, pueden amenazar a la salud y al medio ambiente. Su disposición incontrolada y los escapes accidentales son también un riesgo para la salud y el medio ambiente en general. Los productos químicos tóxicos en mal estados o caducos se convierten también en desechos peligrosos, generando igualmente serios riesgos de contaminación al medio ambiente y a la salud de la población si no son manejados de una forma segura.

El vertido indiscriminado de desechos de procesos industriales y de algunos servicios, puede conducir a la contaminación de los cuerpos de aguas subterráneas, al margen de otros efectos adversos, los que en ocasiones no se detectan hasta 50 años después de efectuada la disposición. Aunque se han estudiado métodos para reducir los aportes y afectaciones por los lixiviados a las aguas subterráneas, es más seguro controlar la contaminación y sus efectos, minimizando la generación de desechos como primera opción, reutilizando y reciclando los que se generan en segundo lugar y como opción menos deseable la del tratamiento y eliminación.

La situación nacional con el manejo de los desechos peligrosos se encuentra diagnosticada en nuestra Estrategia Ambiental Nacional, donde se reconoce la carencia de infraestructura técnica, el inadecuado manejo de los desechos peligrosos, así como la acumulación progresiva de estos desechos, sin soluciones técnicas adecuadas para su disposición final.

9.2 Términos y definiciones.

Antes de explicar los compromisos internacionales y las normas nacionales que regulan el manejo de los desechos peligrosos, resulta conveniente definir algunos términos que se emplean en este Capítulo. Se debe aclarar que cuando se hace mención a los Anexos, se refiere a los Anexos de la Resolución 136/2009 del CITMA, de la cual se hablará con posterioridad.

Desecho: Sustancias o artículos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional.

Desecho peligroso: Toda sustancia o artículo que se convierta en desecho y que, por sus características físicas, biológicas o químicas, pueda representar un peligro para el medio ambiente y la salud humana y que pertenece a cualquiera de las categorías incluidas en el Anexo I, excepto en los casos en que no presente ninguna de las características que para esas sustancias se relacionan en el Anexo II.

Desechos que requieren de consideración especial (Otros Desechos): El Convenio de Basilea clasifica como otros desechos a los desechos recogidos de los hogares (Y46) y a los residuos resultantes de la incineración de desechos de los hogares (Y47) (Anexo I). No se deben confundir con los desechos no peligrosos.

Características de peligrosidad que debe tener un desecho, para que se clasifique como peligroso:

- Explosivos.
- Líquidos inflamables.
- Sólidos inflamables.
- Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea.
- Sustancias o desechos que en contacto con el agua emiten gases inflamables.
- Oxidantes.
- Peróxidos orgánicos.
- Tóxicos (venenos) agudos.
- Sustancias infecciosas.
- Corrosivos.
- Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua.
- Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos).
- Ecotóxicos.
- Sustancias que pueden producir por algún medio, después de su eliminación, otra sustancia como los productos de lixiviación, si estos poseen algunas de las características antes expuestas.

Eliminación: Toda operación conducente al cambio de las propiedades químicas, físicas y biológicas de los desechos peligrosos y otros desechos, con el fin de procurar su inocuidad. Estas operaciones son:

- D1: Depósito dentro o sobre la tierra (por ejemplo, rellenos).
- D2: Tratamiento de la tierra (por ejemplo, biodegradación de desperdicios líquidos o fangosos en el suelo).
- D3: Inyección profunda (por ejemplo, vertidos bombeables en pozos, domos de sal, fallas geológicas, etc).
- D4: Embalse superficial: (por ejemplo, vertido en pozos, lagunas, estanques, etc).
- D5: Rellenos especialmente diseñados: (por ejemplo, vertidos en compartimientos, separados, recubiertos y aislados unos de otros y del ambiente).
- D6: Vertidos en el agua, con la excepción de mares y océanos.
- D7: Vertidos en mares y océanos, incluyendo la inserción en el lecho marino.
- D8: Tratamiento biológico no especificado en otra parte en esta relación, que de lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de estas operaciones.
- D9: Tratamiento fisicoquímico no especificado en otra parte en esta relación, que de lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de estas operaciones (por ejemplo, evaporación, secado, calcinación, neutralización, precipitación, etc).
- D10: Incineración en la tierra.
- D11: Incineración en el mar.

- D12: Depósito permanente (por ejemplo, colocación en contenedores en una mina).
- D13: Combinación o mezcla con anterioridad a cualquiera de estas operaciones.
- D14: Reempaque con anterioridad a cualquiera de estas operaciones.
- D15: Almacenamiento previo a cualquiera de estas operaciones.

Recuperación de recursos, reciclado, regeneración, reutilización directa y otros usos: Estas operaciones se realizan con el objetivo de reaprovechar los desechos y sus subproductos e incluyen las siguientes:

- R1: Recuperación de energía (que no sea la incineración directa) u otros medios de generar energía.
- R2: Recuperación o regeneración de disolventes.
- R3: Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes.
- R4: Reciclado o recuperación de metales y compuestos metálicos.
- R5: Reciclado o recuperación de otras materias orgánicas.
- R6: Recuperación de ácidos o bases.
- R7: Recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación.
- R8: Recuperación de componentes provenientes de catalizadores.
- R9: Regeneración u otra re-utilización de aceites usados.
- R10: Tratamiento de suelos en beneficio de la agricultura o el mejoramiento ecológico.
- R11: Utilización de materiales residuales resultantes de cualquiera de las operaciones numeradas de R1 a R10.
- R12: Intercambio de desechos para someterlos a cualquiera de las operaciones numeradas de R1 a R11.
- R13: Acumulación de materiales destinados a cualquiera de estas operaciones.

Generador: Toda persona natural o jurídica cuya actividad genere desechos peligrosos o, aquellas que tengan bajo su posesión existencias de desechos peligrosos cuyas fuentes de origen se desconoce.

Movimiento transfronterizo: La importación, la exportación y el tránsito internacional por el territorio nacional de desechos peligrosos, incluyendo las aguas jurisdiccionales y el espacio aéreo nacional.

9.3 Compromisos internacionales.

Teniendo en cuenta los problemas asociados al manejo de desechos peligrosos y la creciente utilización en décadas pasadas de algunos países subdesarrollados como vertederos de estos desechos por parte de los países desarrollados, el 5 de mayo de 1992 se pone en vigor el "Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación". Cuba es signataria de este Convenio desde el 5 de julio de 1994.

El objetivo general del Convenio de Basilea es establecer un control estricto de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos para proteger la salud de las personas y el medio ambiente, de los efectos nocivos que pudieran derivarse de la generación y manipulación de esos desechos. Los principales objetivos específicos del Convenio son:

- *Reducir los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos.*
- *Tratar y eliminar los desechos peligrosos y otros desechos lo más cerca posible de su fuente de generación de una manera ambientalmente racional.*
- *Reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y otros desechos, atendiendo tanto a la cantidad como al peligro potencial.*

El Convenio de Basilea representó nuevas normas, reglas y procedimientos jurídicos para regir los movimientos y la eliminación de los desechos peligrosos tanto a nivel internacional como nacional. Dicho instrumento expresa la intención de la comunidad internacional de enfrentar este problema ambiental mundial de forma colectiva. El texto del Convenio ofrece un sistema regulador establecido para la vigilancia y el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos.

Cada Estado Parte en el Convenio de Basilea está sujeto a todas las regulaciones del mismo y debe contar con una legislación nacional para aplicar lo estipulado en el Convenio. Por lo tanto, toda persona que se halle bajo la jurisdicción nacional de un Estado Parte en el Convenio de Basilea y que intervenga en el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos u otros desechos está obligada jurídicamente a cumplir las leyes y reglamentos nacionales pertinentes, que rigen estas acciones.

El Convenio de Basilea establece restricciones a los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos a partir de un régimen de permisos, regulando los movimientos transfronterizos entre Partes, define el tráfico ilícito y la obligación de las Partes de reimportar dichos desechos cuando no se pueda cumplir lo acordado previamente.

9.4 Tratamiento y disposición final de desechos peligrosos.

Los métodos de tratamiento y disposición final de desechos peligrosos son numerosos y varían según las características de los desechos, factores económicos regulaciones ambientales de los Estados, etc, por lo que en este epígrafe se enunciarán todos los recomendados por el Convenio de Basilea, haciendo hincapié en aquellos que tienen más importancia e interés para nuestro país.

Los métodos de tratamiento tienen como objetivo disminuir el volumen de los desechos y/o reducir su peligrosidad. Para la disposición final de los desechos peligrosos, uno de los métodos más utilizados es el de confinamiento para minimizar la liberación de

contaminantes al medio ambiente. Los residuos peligrosos se confinan generalmente en obras civiles especialmente diseñadas, es decir en **rellenos de seguridad**.

Un relleno de seguridad es una obra de ingeniería diseñada, construida y operada para confinar residuos peligrosos en el terreno. Se compone de una o varias celdas de disposición final y elementos de infraestructura para la recepción y el acondicionamiento de residuos, el control de ingreso y la evaluación del funcionamiento.

Debe contar con criterios de aceptación de residuos de acuerdo a las características de las celdas y la compatibilidad de los residuos recibidos, así como con Planes de Contingencia y un programa de monitoreo ambiental.

Un relleno de seguridad debe contar como requisitos mínimos con:

- Sistema de impermeabilización de base y taludes de doble barrera.
- Sistema de captación, conducción y tratamiento de lixiviados.
- Sistema de detección de pérdidas.
- Sistema de captación y conducción de gases.
- Elementos de control de ingreso de agua de lluvia por escurrimiento.
- Sistemas de impermeabilización para la clausura.

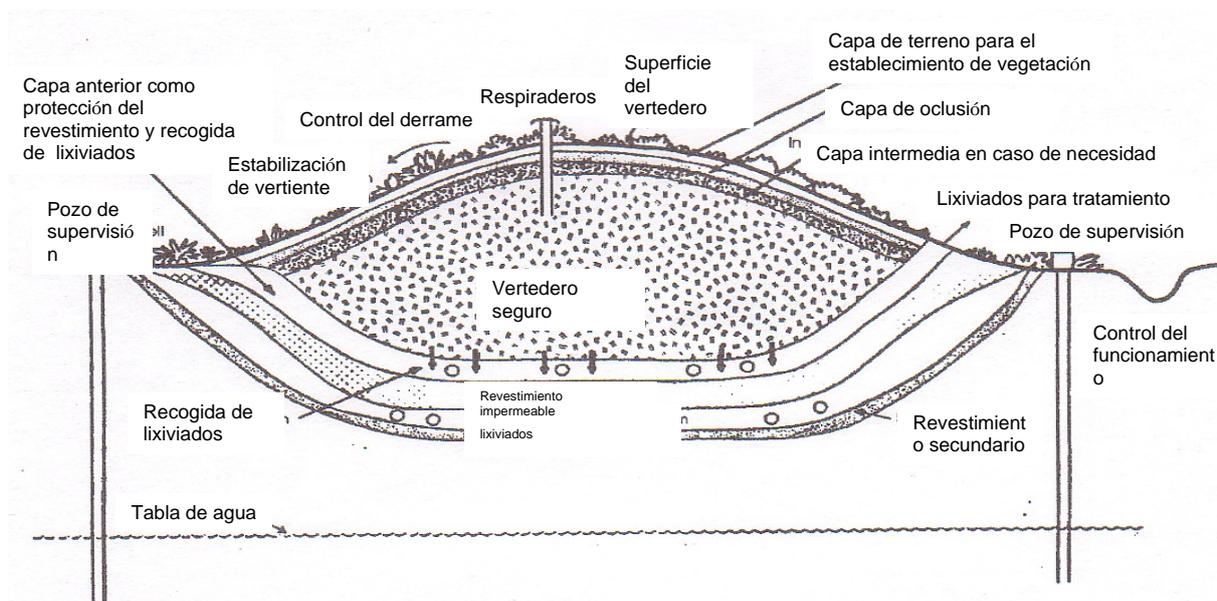


Figura 1. Esquema de un relleno de seguridad. Tomado de la presentación realizada por el Centro Regional del Convenio de Basilea de Uruguay, para el Curso de Gestión de desechos peligrosos para especialistas municipales, efectuado en La Habana, en diciembre del 2005.

Los tratamientos de desechos peligrosos se clasifican en:

- Fisicoquímicos
- Estabilización – Solidificación
- Biológicos
- Térmicos

Los tratamientos fisicoquímicos son procesos mediante los cuales se modifican las propiedades químicas y/o físicas del residuo, tienen como objetivos:

- *Recuperar un componente útil,*
- *Separar componentes peligrosos,*
- *Transformar sus componentes en compuestos menos peligrosos o menos móviles en el ambiente,*
- *Adecuarlo para tratamiento posterior o disposición final.*

Mediante los tratamientos físicos se modifican propiedades físicas del residuo, entre ellos se incluyen:

- *Filtración,*
- *Separación por gravedad (sedimentación, centrifugación, floculación y flotación),*
- *Evaporación,*
- *Destilación,*
- *Arrastre con aire o vapor,*
- *Adsorción en carbón,*
- *Intercambio iónico,*
- *Autoclavado e irradiación con microondas (esterilización de residuos infecciosos.)*

Los tratamientos químicos consisten en el uso de compuestos químicos para transformar el residuo e incluyen los siguientes:

- *Neutralización: ajuste del pH con ácidos/álcalis,*
- *Precipitación: formación de compuestos insolubles y posterior separación (generación de lodos),*
- *Oxidación-Reducción: cambia el estado de oxidación de un contaminante,*
- *Descomposición por Oxidación: reacción con un oxidante (oxígeno, peróxido, ozono, hipoclorito),*
- *Declorinación con metales alcalinos: remoción de cloro del residuo para formar sal de cloro.*

La estabilización consiste en un proceso por medio del cual los contaminantes de un residuo son transformados en formas menos tóxicas o menos móviles o solubles. Las transformaciones se dan por medio de reacciones químicas que fijan los compuestos tóxicos en polímeros impermeables o en cristales estables. Los productos utilizados en este proceso permiten:

- mejorar las características físicas del residuo
- disminuir el área superficial a través de la cuál se transfieren los contaminantes
- reducir la solubilidad de los contaminantes
- reducir la toxicidad (la disponibilidad) de los contaminantes

La solidificación consiste en un tratamiento que genera una masa sólida monolítica de residuos tratados. De esta manera se mejora su integridad estructural, sus características físicas y se facilita su manejo, transporte y disposición final. El empleo de aditivos permite:

- incrementar la dureza
- disminuir la compresibilidad
- disminuir la permeabilidad

Por lo tanto la estabilización-solidificación tiene por objetivo mejorar las características físicas y disminuir el área superficial. De esta forma se reduce la transferencia de masa y la solubilidad de los contaminantes presentes.

Los mecanismos que intervienen en los procesos de estabilización - solidificación son:

- macroencapsulamiento
- microencapsulamiento
- absorción
- adsorción
- intercambio iónico
- precipitación
- transformaciones químicas

Esta técnica es utilizada para desechos básicamente inorgánicos, con no más de 10 a 20 % de materia orgánica (por ejemplo lodos inorgánicos). Los residuos orgánicos generalmente sufren degradación por lo que no es viable la utilización de estas técnicas. Las tecnologías aplicadas se clasifican en fijación inorgánica y técnicas de encapsulamiento.

Para la fijación inorgánica se utilizan materiales como cemento portland, materiales pozolámicos y cal.

Para el encapsulamiento son utilizados polímeros como asfalto, polietileno, urea formaldehído, poliéster y butadieno. Se utiliza también la técnica de transformación en vidrio por medio de la mezcla y fusión con materiales como la sílice.

De estas tecnologías se pueden mencionar:

Procesos en base a cemento Pórtland: Los contaminantes presentes en el residuo quedan incluidos dentro de la estructura cristalina que se forma por la hidratación del cemento. Es un procedimiento muy utilizado para metales pesados donde el níquel y el cobalto sustituyen al calcio; el cromo sustituye al silicio; el cadmio, plomo y cinc precipitan como hidróxidos y carbonatos; el mercurio es encapsulado como óxido de mercurio. A modo de referencia, algunas experiencias realizadas por el Centro de Investigaciones para la Industria Minera (CIPIM) para penicilinas vencidas, recomiendan una proporción de 65% del desecho, con 15% de cemento, 15% de cal y 5% de agua.

Procesos en base a cal y materiales pozolámicos: Los materiales pozolámicos naturales o sintéticos contienen partículas de alúmino - silicatos que combinadas con cal y en presencia de agua producen una masa similar al cemento.

Técnicas en base de polímeros termoplásticos: Los termoplásticos habitualmente utilizados para la solidificación de residuos son el betumén, asfalto o polietileno.

Técnicas en base a polímeros orgánicos: Los más utilizados son en base a urea - formaldehído, poliéster y butadieno. En todos los casos se utilizan prepolímeros y catalizador.

Técnicas de transformación en vidrio: Se basan en la fusión del residuo con sílice u otros materiales para formar vidrio o cerámica.

En todos los casos se requiere de la realización de ensayos de evaluación. Los ensayos físicos más importantes son: permeabilidad, dureza, compresión, ciclo frío - calor y ciclo humectado - secado. Adicionalmente se deberán realizar test de lixiviación para verificar la inmovilización de los contaminantes.

Los tratamientos biológicos consisten en la descomposición de contaminantes por la acción de un conjunto de microorganismos. Tienen como limitaciones la sensibilidad de los microorganismos a los compuestos tóxicos y la baja capacidad de procesamiento (bajas concentraciones). Se pueden mencionar como ejemplos:

- *Tratamiento en el suelo (Landfarming).*
- *Tratamiento in situ de suelos contaminados.*
- *Tratamientos biológicos convencionales.*

Los tratamientos en el suelo utilizan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El suelo aporta la comunidad de organismos que actúan en el proceso de degradación de los contaminantes. Consisten en la aplicación superficial de residuo orgánico y biodegradable en cantidades controladas y se requiere remover y mezclar la capa de suelo para favorecer la aireación.

Para la aplicación de estos métodos de tratamiento se deben tener precauciones en cuanto a la ausencia de componentes persistentes en el desecho, la evaluación previa del tratamiento y la evaluación del riesgo de contaminación especialmente a las aguas.

Los tratamientos biológicos convencionales se explican en el Capítulo relativo al control de la contaminación de las aguas.

Los tratamientos térmicos se encuentran entre los más usados para los desechos peligrosos, consisten en la descomposición del residuo por reacciones a alta temperatura. Tienen como ventajas la reducción significativa del volumen de residuos y en muchos casos la recuperación de energía. Los tratamientos térmicos más usados son:

- *La incineración en hornos especialmente diseñados para desechos peligrosos.*
- *El co-procesamiento en hornos de cemento o la utilización de otras facilidades industriales.*
- *La pirolisis, el plasma y la oxidación en sal fundida.*

La incineración consiste en la oxidación con oxígeno de la materia orgánica componente del residuo, generando una emisión gaseosa (CO₂, H₂O, N₂, O₂ y productos secundarios) y un residuo sólido (cenizas y escoria). Es aceptada como la mejor alternativa disponible para la destrucción de la mayoría de los residuos orgánicos peligrosos, en tanto se consideren un

diseño adecuado y estrictas condiciones de operación y control. Tiene como restricciones los altos costos de inversión, operación y mantenimiento y los requerimientos de mano de obra capacitada.

Los incineradores de residuos peligrosos, se diseñan para que los gases de combustión alcancen temperaturas entre 850-1600 °C y tengan un tiempo de retención en el horno mayor de 2 segundos. Los incineradores usualmente requieren de sofisticados sistemas de tratamiento y control de emisiones.

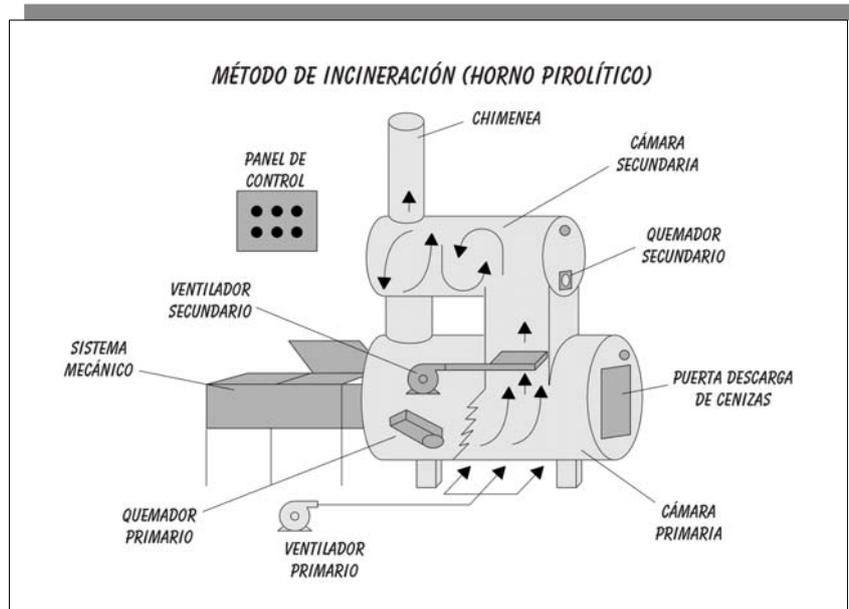


Figura 2. Esquema de un incinerador de doble cámara. Tomado de la presentación de Sorinas en el Curso para Especialistas Municipales sobre Manejo de Desechos Peligrosos. La Habana 2005.

Durante el proceso de combustión se pueden formar sustancias altamente tóxicas y persistentes que se generan de forma no intencional, siendo este el principal argumento que existe contra los incineradores. Dentro de estas sustancias, constituyen una preocupación especial la formación de dioxinas y furanos, es decir la emisión de compuestos orgánicos de la familia de las dioxinas y furanos (que pueden emitirse en forma gaseosa y/o adsorbidas sobre las partículas).

Las dioxinas son unos compuestos orgánicos clorados pertenecientes a la familia de las policlorodibenzodioxinas (PCDD). Su molécula está formada por una estructura de triple anillo en la que dos anillos de benceno están unidos por un par de átomos de oxígeno. Un furano es un miembro de la familia de los policlorodibenzofuranos (PCDF), con una estructura química similar, excepto que los dos anillos de benceno están unidos por un solo átomo de oxígeno. La importancia de las familias PCDD y PCDF de compuestos orgánicos radica en que algunos de sus isómeros se encuentran entre las sustancias más tóxicas que existen.

Los PCDD y PCDF son emitidos en bajas concentraciones desde los sistemas de incineración que queman residuos urbanos. Hay algunas evidencias que demuestran que estas sustancias

se producen en todos los procesos de combustión. Se han propuesto tres fuentes de dioxinas y furanos en las emisiones procedentes de la incineración de residuos urbanos:

- 1- Presencia en los residuos.
- 2- Formación durante la combustión debido a los compuestos aromáticos clorados que actúan de precursores.
- 3- Formación durante la combustión por la presencia de compuestos hidrocarbonados y cloro.

Una de las causas más probables de la generación de dioxinas y furanos en la incineración es la formación a partir de sus precursores orgánicos en las zonas más frías de la post-combustión, por la acción del cloruro de hidrógeno que se genera durante el proceso. Ello favorece la formación de un agente clorante que, en contacto con los compuestos aromáticos presentes, dan lugar a este tipo de compuestos. El rango de temperaturas en el cual se forman las dioxinas en la superficie de las partículas de ceniza es de 250 a 400°C, con un máximo a 300°C. Por esta razón se aconseja que, en las zonas de post-combustión, la temperatura disminuya bruscamente, con el fin de no dar tiempo a la formación de dioxinas. Para evitar la emisión a la atmósfera de las dioxinas que hayan podido formarse durante la incineración se suele inyectar carbón activo en polvo, que es un buen adsorbente de este tipo de compuestos.

En relación con este riesgo y la incineración, se debe tener en cuenta que:

- Estas sustancias se forman en cualquier proceso de combustión, especialmente cuando la combustión no es controlada.
- Los incineradores modernos incorporan tecnología para evitar su generación (enfriamiento rápido de los gases de combustión).
- Su formación depende del residuo, diseño y parámetros operativos del incinerador y sus sistemas de tratamiento.

El método de co-procesamiento consiste en la producción de clinker y la combustión de residuos en la misma unidad. La producción de clinker es un proceso de calcinación de una mezcla de minerales, en hornos donde los gases alcanzan temperaturas superiores a 1100 °C por un período de 2 a 5 segundos.

Este método tiene como ventajas el aprovechamiento del valor calórico que tienen muchos desechos, disminuyendo por tanto el consumo del combustible utilizado en la producción del clinker, así como el aprovechamiento de algunos componentes de los desechos en sustitución de determinadas materias primas requeridas para la producción del clinker, todo lo cual contribuye a la disminución de los costos de producción del cemento.

El co-procesamiento tiene como restricciones que el residuo no debe afectar la calidad del clinker, deteriorar el horno o inestabilizar el proceso, por lo que se debe prestar cuidadosa atención a la composición del desecho, en especial en cuanto a su contenido de cloro. Además deben adecuarse las instalaciones para el manejo de residuos, adecuarse el sistema de control de emisiones y capacitar al personal que opera al horno de cemento.

Otro método de incineración lo constituye la utilización de calderas industriales donde el residuo sustituye parcialmente al combustible utilizado en la producción de vapor. Este método tiene como restricciones:

- *Generalmente solo es aplicable para residuos líquidos,*
- *Existen limitaciones en cuanto al contenido de cloro y sulfuro, para minimizar los efectos corrosivos en la caldera y las emisiones de contaminantes,*
- *Las calderas no cuentan generalmente con sistemas de tratamiento y control de emisiones, adaptados a esta operación, lo que limita el tipo y cantidad de residuo.*

9.5 Regulaciones nacionales y control ambiental.

La Ley 81 "Del Medio Ambiente", establece en su Capítulo IV que la importación de desechos peligrosos requiere de la previa y expresa autorización del CITMA, a partir de que la misma se realice en correspondencia con las recomendaciones internacionales y las regulaciones nacionales. En este Capítulo se señala que el tráfico ilícito será sancionado conforme a la legislación nacional y que el CITMA, en coordinación con los órganos y organismos competentes, establecerá las normas relativas a la clasificación, manejo y exportación de los desechos peligrosos.

Por otra parte, en el artículo 28 inciso d de esta Ley, se establece la obligatoriedad de someter al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental a las nuevas instalaciones destinadas al manejo, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos peligrosos.

A partir de lo establecido en la Ley 81, se puso en vigor la Resolución 136/2009 del CITMA "Manejo Integral de Desechos Peligrosos".

Resulta importante explicar el objetivo y alcance de los Anexos de esta Resolución y su vínculo con algunos Anexos del Convenio de Basilea, a los efectos de comprender mejor la misma y facilitar su control por parte de los inspectores estatales ambientales.

*El Anexo I de la Resolución incluye la lista y categorías de los desechos peligrosos a partir de la lista Y del Convenio de Basilea, adaptada a las condiciones de nuestro país. La lista Y es una lista de posibilidad, es decir un desecho que aparezca en la misma **posiblemente** tenga alguna de las características de peligrosidad recogidas en el Anexo II, pero se requiere caracterizar al desecho para corroborarlo, lo que en muchas ocasiones limita el trabajo de clasificación, especialmente en los países en vías de desarrollo, por lo que resulta conveniente auxiliarse de las listas A y B del Convenio de Basilea (Anexos VIII y IX, respectivamente de esa Convención Internacional y que se pueden obtener actualizados en la página Web de esa Convención, www.basel.int).*

*La lista A por su parte, es una lista de probabilidad, por tanto, un desecho listado en la misma, **probablemente** es un desecho peligroso.*

*La lista B, es igualmente una lista de probabilidad y por tanto un desecho incluido en la misma **probablemente no es peligroso**, a menos de que presente alguna característica del Anexo II.*

La inclusión de un desecho en la lista A no excluye, que en un caso particular, se requiera utilizar el Anexo II para demostrar que no es peligroso, y por el contrario un desecho de la lista B puede ser peligroso si, en un caso particular, contiene materiales de la lista Y en una cantidad tal que le confiera alguna característica del Anexo II.

Se debe aclarar que el uso de los listados A y B, no elimina la posibilidad de caracterizar los desechos, en los casos específicos en que se requiera. De igual forma, el hecho de que un desecho no sea clasificado como peligroso, no significa que no sea objeto de control ambiental alguno, eso solo lo exime de las regulaciones que establece la Resolución 136/2009, pero tiene que cumplir con las restantes restricciones que nuestra legislación ambiental establece.

A modo de ejemplo sobre el uso de las mencionadas listas para clasificar a los desechos como peligrosos o no, se puede tomar el caso de los desechos de plomo.

Dentro la lista Y se incluye a Y31 como los “desechos que contengan plomo y sus compuestos”. Ahora bien no todos los desechos que contengan plomo se caracterizan como peligrosos, es decir se requeriría demostrar que el desecho de plomo en cuestión tiene alguna de las características de peligrosidad definidas en el Anexo II.

La dificultad anterior se resuelve mediante el uso de las listas A y B.

En la lista A se definen como desechos peligrosos que contengan plomo a:

A1010 Desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias, entre otras, las de plomo, pero excluidos los desechos que figuran específicamente en la lista B.

A1020 Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los desechos de metal en forma masiva, cualquiera de las sustancias siguientes, e incluye entre otras al: plomo; y los compuestos de plomo

A1080 Residuos de desechos de cinc no incluidos en la lista B, que contengan plomo y cadmio en concentraciones tales que presenten características del Anexo III

A1160 Acumuladores de plomos de desecho, enteros o triturados

El análisis para clasificar el desecho de plomo en cuestión se facilita más, si se consulta lo que define la lista B como desechos de plomo no peligrosos:

B1020 Chatarra de metal limpia, no contaminada, incluidas las aleaciones, en forma acabada en bruto (láminas, chapas, vigas, barras, etc), y dentro de ella a: los desechos de plomo (pero con exclusión de los acumuladores de plomo).

En el Anexo I de este material se incluye la lista Y, resaltando en amarillo las corrientes de desechos que de forma más común se pueden encontrar los inspectores estatales ambientales cuando realizan su trabajo.

En relación con lo que establece la Resolución 136/2009 del CITMA, en primer lugar la misma parte de la premisa de que el generador del desecho es el responsable de su manejo y disposición . La Resolución se organiza y divide en:

Capítulo I: Disposiciones Generales.

Capítulo II: Del Manejo Integral de los Desechos Peligrosos.
Sección Primera: De la identificación y clasificación.
Sección Segunda: De los Planes de Manejo.
Sección Tercera: Del almacenamiento.
Sección Cuarta: Del transporte.
Sección Quinta: Del tratamiento.
Sección Sexta: De la disposición final.

Capítulo III: De las Licencias Ambientales para el Manejo de los Desechos Peligrosos.
Capítulo IV: De la Acreditación de Entidades que se dediquen a realizar propuestas de soluciones para el tratamiento y la disposición final de desechos peligrosos.
Capítulo V: De los Movimientos Transfronterizos.
Capítulo VI: De los Recursos ante las Inconformidades.

Dada la situación actual que se confronta con el manejo inadecuado de los desechos peligrosos en el país y la necesidad de revertir esta situación, resulta imprescindible el pleno conocimiento de lo que esta Resolución establece por parte de los inspectores estatales ambientales, no obstante a continuación se puntualiza en los aspectos fundamentales de la misma.

- *Establece una clasificación nacional de desechos peligrosos, adecuando la del Convenio de Basilea a la problemática nacional (Anexo I).*
- *Define como Autoridades a las Delegaciones Territoriales (otorgan las licencias ambientales y aprueban los planes de manejo); el Centro de Inspección y Control Ambiental (otorga las licencias ambientales y aprueba los planes de manejo de los desechos químicos peligrosos y los que requieren de consideración especial, si se determina la conveniencia de su tramitación a nivel nacional o la Delegación Territorial no cuentan con capacidad técnica requerida, así como las autorizaciones para los movimientos transfronterizos) y el Centro Nacional de Seguridad Biológica (otorga las licencias ambientales de los desechos biológicos peligrosos si se determina la conveniencia de su tramitación a nivel nacional o la Delegación Territorial no cuentan con capacidad técnica).*
- *Establece la obligatoriedad a los generadores, de informar en 24 horas como máximo, sobre la ocurrencia de cualquier accidente durante el manejo de desechos peligrosos.*
- *Establece una definición nacional de manejo integral de desechos peligrosos.*
- *Incluye las concepciones de P+L, estableciendo como primera prioridad o alternativa de gestión la reducción de la generación.*
- *Establece a la obligatoriedad de capacitación en el tema de todo el que maneje desechos peligrosos.*
- *Define los requisitos mínimos de los envases adecuados para el manejo seguro de los desechos peligrosos y para la manipulación de estos envases.*
- *Oficializa una Tabla de Incompatibilidades a tener en cuenta a la hora de posibles mezclas de desechos peligrosos.*
- *Establece el procedimiento de triple lavado para los envases de plaguicidas y las opciones de disposición o reuso de los mismos.*
- *Establece las regulaciones mínimas para la clasificación e identificación de los desechos peligrosos.*
- *Establece la obligatoriedad de todo generador de desechos peligrosos de contar con un Plan de Manejo debidamente aprobado por la Autoridad correspondiente (en coordinación con el Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental o el Centro Nacional de Seguridad Biológica según corresponda), el cual debe ser*

actualizado cada tres años o ante la necesidad de modificación del mismo (previo a su ejecución).

- *Establece los aspectos mínimos que debe contener el Plan de Manejo dando al Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental la misión de elaborar las metodologías para su confección.*
- *Define las condiciones mínimas para los sitios de almacenamiento.*
- *Establece los requisitos mínimos de seguridad y las restricciones para el transporte de desechos peligrosos y los vehículos usados en el mismo.*
- *Establece las exigencias mínimas para las instalaciones de tratamiento, así como las previsiones para el cierre de las mismas.*
- *Dentro de los sistemas de tratamiento, define los requisitos mínimos para la incineración, como son: contenido de materia orgánica en las cenizas, temperatura de incineración, tiempo de retención de los gases y los aspectos tecnológicos que no deben faltar en los incineradores.*
- *Establece los requisitos mínimos para los sitios de disposición final.*
- *Dentro de los métodos de disposición final, define los requisitos mínimos para los rellenos de seguridad. Incluyendo los aspectos técnicos fundamentales en relación con la impermeabilización, el drenaje, el cubrimiento de los desechos y cierre de las celdas, monitoreo y sistema de control documental.*
- *Establece además la obligatoriedad de contar con un Plan de Cierre del relleno de seguridad y los requisitos mínimos del mismo.*
- *Define que se requiere de una licencia ambiental para el transporte, el aprovechamiento económico, el tratamiento y los sitios destinados al almacenamiento y el transporte, estableciendo la pro forma de dicha licencia ambiental.*
- *Define la relación entre el sistema de licencias ambientales que este Reglamento establece y lo establecido en el país para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Resolución CITMA 132/2009).*
- *Establece la facultad de la Autoridad de fijar otras condiciones y restricciones diferentes a las que el Reglamento establece, en función de los análisis técnicos de los proyectos y propuestas que se presenten.*
- *Establece los aspectos a tener en cuenta y los requisitos para las solicitudes de las licencias ambientales.*
- *Define el plazo de 30 días para todas las licencias que se tramiten y las excepciones (desechos biológicos peligrosos y proceso de Evaluación de Impacto Ambiental).*
- *Establece la obligación de la Autoridad de contar con un libro de control con todas las entidades que manejen o generen desechos peligrosos.*
- *Establece los requisitos, el procedimiento, los plazos y términos para la acreditación de las personas jurídicas que pretendan dedicarse a realizar propuestas de soluciones a terceros para el tratamiento y la disposición final de desechos peligrosos, lo cual solo se puede realizar a nivel central (Centro de Inspección y Control Ambiental-Oficina de Regulación Ambiental y Seguridad Nuclear).*
- *Establece las restricciones para los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y el régimen de autorizaciones, lo cual solo es de competencia del Centro de Inspección y Control Ambiental. Define el concepto de tráfico ilícito.*
- *Define que solo se permite la importación de cualquier desecho al país con fines de aprovechamiento económico del desecho, siempre que se demuestre ante la Autoridad que este aprovechamiento no se puede realizar a partir de los desechos generados en el país.*
- *Establece los recursos ante las inconformidades.*

Resulta importante profundizar en la relación que existe entre las Resoluciones del CITMA 136/2009 y 132/2009, en este último caso en relación con el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental y los desechos peligrosos.

Siempre que se trate de un nuevo proyecto u actividad para el manejo de desechos peligrosos, generalmente relacionado con un proceso inversionista, se deberá tramitar una licencia ambiental a partir de la Resolución 132/2009, considerando los requisitos y restricciones que establece la Resolución 136/2009 que correspondan. Cuando se trate de instalaciones que ya existen y que se van a utilizar para el tratamiento o confinamiento de desechos peligrosos, u otras acciones vinculadas con el manejo de estos desechos peligrosos, no vinculadas a procesos inversionistas, la licencia ambiental se debe tramitar a partir de la Resolución 136/2009.

En cualquier caso el rigor del proceso de evaluación no dependerá de la Resolución que se requiera para tramitar la licencia ambiental, sino de la calidad y seriedad con que lo realice la Autoridad Ambiental.

Considerando lo explicado con anterioridad, la ejecución de actividades sin licencia ambiental durante el manejo de desechos peligrosos, será sancionado de acuerdo a lo que establece el artículo 5 del Decreto Ley 200, aplicando el inciso a, si se debió obtener una Licencia Ambiental a partir de lo que establece la Resolución 132/2009 o el inciso b, si la Licencia Ambiental se debió tramitar a partir de la Resolución 136/2009. Si se trata del incumplimiento de una medida de la licencia ambiental otorgada se aplicará lo que establece el inciso d de ese artículo, con independencia de la Resolución a partir de la cual se obtuvo la licencia ambiental.

El incumplimiento de lo que establecen las normas legales vigentes en el país en materia de manejo de desechos peligrosos se sanciona también, de forma directa mediante el Artículo 14 del Decreto Ley 200 "De las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente", con cualquiera de las medidas previstas en el mismo, incluyendo las multas que aparecen en cada uno de los incisos relacionados a continuación:

- *Manejar los desechos peligrosos fuera de la entidad generadora sin el permiso correspondiente (200 y 5000 pesos).*
- *No enviar al CITMA la información relativa al inventario (200 y 2000 pesos).*
- *Incumplir los términos de los Planes de Manejo (200 y 5000 pesos).*
- *No informar al CITMA, antes de las 24 horas, de la ocurrencia de accidentes durante las actividades de manejo (200 y 5000 pesos).*

Un elemento importante para el control ambiental del manejo de los desechos peligrosos lo constituye el Plan de Manejo. Este Plan resulta vital, especialmente para aquellas entidades que generan grandes cantidades de desechos peligrosos o que generan varios tipos diferentes de estos desechos (consideradas entidades prioritarias), ya que permite al generador tener identificado su problema y definidas sus alternativas de solución y a la Autoridad Ambiental, tener debidamente controlado el manejo de estos desechos, aún dentro del perímetro de la entidad y no solo cuando el desecho peligroso se gestiona fuera de la entidad.

Debido a la problemática nacional con el manejo de los desechos peligrosos, los inspectores estatales ambientales prestarán una atención prioritaria al control del cumplimiento de las medidas de las licencias ambientales otorgadas para el manejo de los desechos peligrosos y al cumplimiento de los requisitos establecidos en los Planes de Manejo aprobados.

CAPÍTULO X

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

10.1 Generalidades.

Los residuos sólidos urbanos están compuestos por un conjunto de materiales sólidos o semi sólidos de origen orgánico o inorgánico que no tienen utilidad práctica para la actividad que los genera. Estos residuos proceden de actividades domésticas, comerciales y de cualquier otro tipo que se produzcan en la comunidad.

Los residuos sólidos, en función de su composición, pueden provocar diversas afectaciones al medio ambiente y a la salud humana si no son manejados de una forma adecuada, pueden contaminar el aire por humo, partículas, gases y malos olores, pueden afectar a las aguas superficiales y subterráneas, tanto de forma directa como a través de los lixiviados que se generan, además contribuyen a la procreación de vectores y pueden afectar al paisaje y a los recursos de la diversidad biológica. El Convenio de Basilea clasifica a este tipo de desechos como "otros desechos" que requieren de consideraciones especiales.

Según datos suministrados por el Ministerio de Economía y Planificación, en Cuba se manejaron 4 927 817 toneladas de estos desechos, por las Direcciones de Servicios Comunales durante el año 2008.

La densidad de los residuos sólidos urbanos oscila entre 120-130 kg/m³. Cuando se compactan en camiones compactadores su densidad se eleva hasta 400-600 kg/m³. Si se compactan como consecuencia de la trituración, la densidad puede alcanzar los 800 kg/m³ y en los rellenos sanitarios, cuando se compactan por recubrimiento, su densidad oscila entre 300-400 kg/m³.

Para el tratamiento y disposición de estos residuos se utilizan diferentes alternativas, entre ellas:

- *Los vertederos controlados: Abarcan un amplio espectro de variantes, en función de sus características y las operaciones que en el mismo se realizan. Pueden ir desde un vertedero a cielo abierto autorizado, de acuerdo a condiciones sanitarias y ambientales mínimas, pasando por vertederos en los que se les hace algún tipo de operación sistemática a los desechos, en lo fundamental conformación, compactado y cubrimiento, llegando hasta los rellenos sanitarios, que pueden ser manuales o convencionales.*
- *Los vertederos incontrolados: Disposición a cielo abierto e ilegal de residuos, con un alto riesgo de provocar problemas de contaminación y a la salud humana.*
- *La incineración: Proceso de combustión controlada de los residuos hasta convertirlos en cenizas. Se utilizan hornos con equipos de limpieza de gases y monitoreo sistemático.*
- *Los procesos de reciclaje: Consisten en la separación y aprovechamiento de los materiales útiles presentes en los desechos. Este proceso se puede realizar directamente en el origen o en instalaciones habilitadas para la separación de los materiales mezclados, siendo la primera opción la preferible.*

- *El uso de la lombricultura: Proceso de transformación de la porción orgánica de los residuos por la acción de las lombrices, en condiciones controladas de temperatura, humedad, etc.*
- *Procesos de compostaje: Apropriados para tratar la fracción orgánica de los residuos. Es un proceso bajo condiciones controladas de temperatura y humedad donde los residuos se colocan por capas y se deja que ocurra la degradación de la materia orgánica y la estabilización del residuo por los microorganismos presentes. Periódicamente se mezclan las capas para favorecer la aireación.*

En Cuba la alternativa más utilizada es la de los vertederos a cielo abierto en condiciones más o menos controladas, aunque todavía proliferan los vertederos ilegales. Con el objetivo de revertir la problemática nacional con el manejo de los desechos sólidos, en los últimos años se han mejorado las condiciones de algunos de estos vertederos, mediante el apoyo de algún equipamiento y combustible. Al mismo tiempo se han ido introduciendo los rellenos sanitarios (fundamentalmente manuales) y se ha incrementado el reciclaje de materiales útiles, bien por la vía manual o mediante la construcción de pequeñas plantas, así como el uso de la fracción orgánica en la fabricación de compost.

En relación con este tema, en la Estrategia Ambiental Nacional se plantea que en el manejo de los residuos sólidos existen serios problemas con su disposición y aprovechamiento. Al respecto la Estrategia se propone para el 2010 que el 70% de los desechos sólidos generados sean debidamente manejados y que el 100% de los vertederos funcionen con un manejo adecuado.

Considerando lo explicado, en el presente material se verán algunos aspectos importantes de los rellenos sanitarios, por ser esta la alternativa a la que se debe ir de forma general en nuestro país en un futuro cercano, para solucionar los problemas con el manejo de los residuos sólidos urbanos.

La alternativa antes mencionada deberá ser debidamente combinada, siempre que sea posible, con el reciclaje de los materiales útiles contenidos en los desechos (metales, plásticos, papel, cartón, vidrio, etc) y el aprovechamiento de la fracción orgánica en la fabricación de compost, como vía, no solo de aprovechar los desechos y obtener un beneficio económico de la actividad, sino también para reducir los volúmenes de residuos que requieren de disposición final.

10.2 Rellenos Sanitarios.

El relleno sanitario consiste en la disposición de manera planeada y controlada de los residuos sólidos, esparciéndolos en capas delgadas para reducir su volumen, cubriéndolos diariamente con una capa de material de cobertera de un espesor de 15-20 cm, que también se compacta utilizando equipos mecánicos fundamentalmente. Cuando se alcanza la altura de la celda, esta se cierra mediante compactación, con una capa de espesor entre 40-60 cm (de 20 a 40 cm para rellenos sanitarios manuales), la que se conforma para favorecer el escurrimiento superficial sobre la infiltración, pero previniendo la erosión y entonces se cubre con una capa vegetal.

El relleno sanitario es una obra de ingeniería diseñada y operada de acuerdo a su concepción, que cuenta además con impermeabilización en su base y sistema de recolección y tratamiento de lixiviados y de ventilación de gases. Pueden ser del tipo de trincheras o de área. Para poblaciones de menos de 20 000 habitantes se pueden utilizar los rellenos sanitarios manuales.

El método de trinchera se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. También existen experiencias de excavación de trincheras hasta de 7 m de profundidad para relleno sanitario. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertera. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra.

Se debe tener cuidado en época de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. Por lo tanto, se deben construir canales perimetrales para captarlas y desviarlas e incluso proveerlas de drenajes internos.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie del suelo no son apropiados, por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

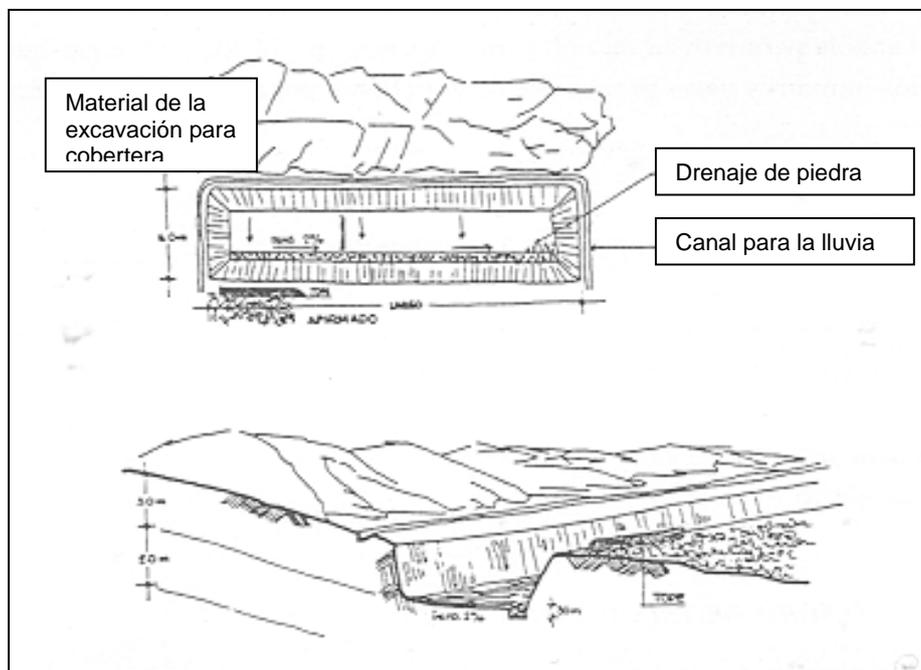


Figura 1. Método de trinchera para construir un relleno sanitario

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar los residuos, éstos pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros (método de área). En estos casos, el material de cobertera deberá traerse de otros sitios o, de ser posible, será extraído de la capa superficial.

El método de área se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertera se excava de las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno, es decir, la basura se vacía en la base del talud, se extiende y apisona contra él, y se recubre diariamente y se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie.

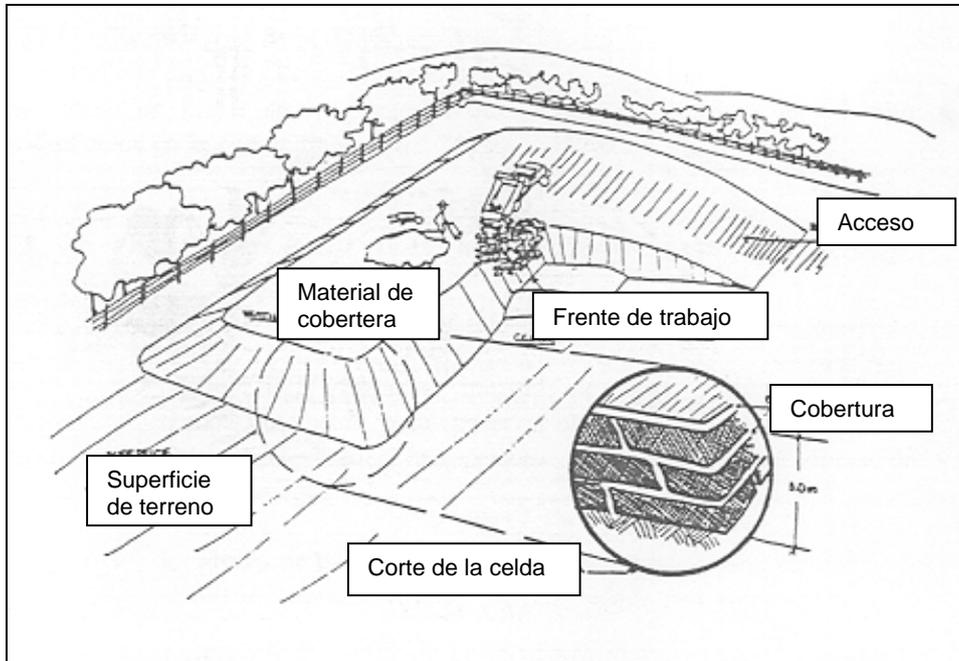


Figura 2. Método de área para construir un relleno sanitario

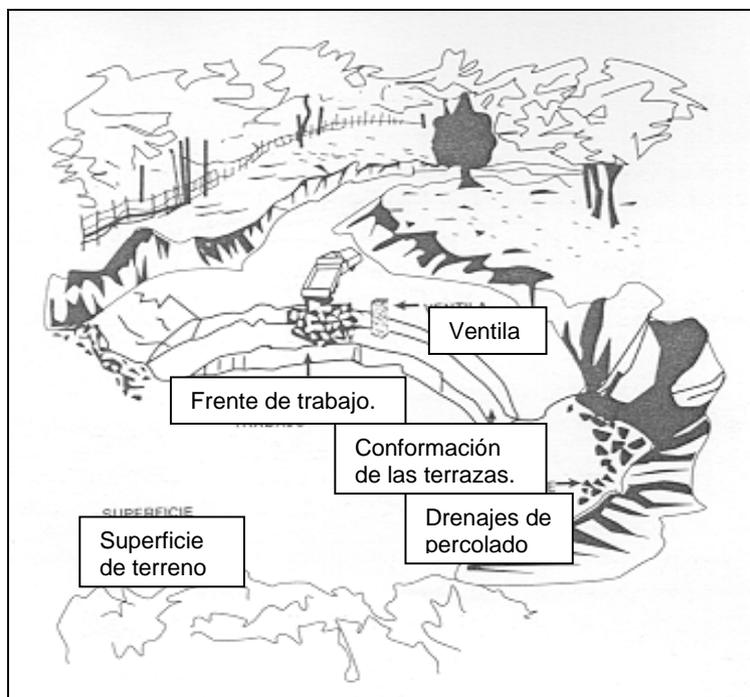


Figura 3. Método de área para rellenar depresiones

Es necesario mencionar que, dado que estos dos métodos de construcción de un Relleno Sanitario tienen técnicas similares de operación, pueden combinarse lográndose un mejor aprovechamiento del terreno, del material de cobertura y rendimientos en la operación.

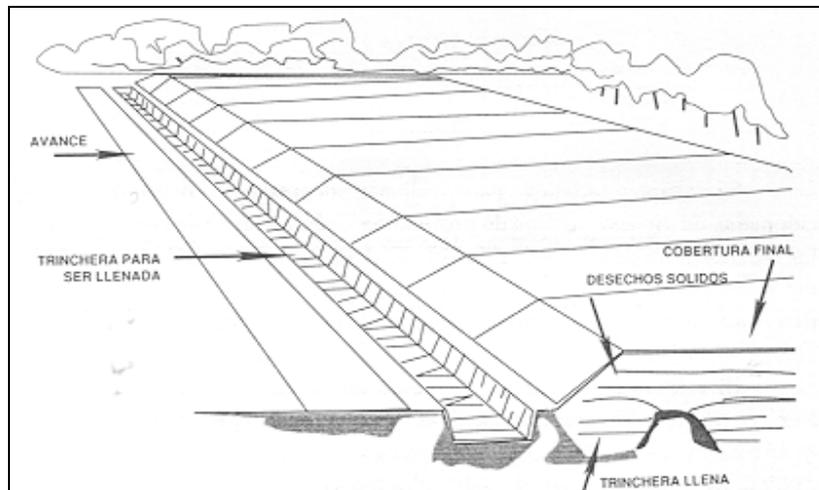


Figura 4. Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario

Nota: Las Figuras de la 1 a la 4 se tomaron de CEPIS. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.

En un relleno sanitario los principales factores ambientales a considerar son:

- *Producción de lixiviados:* Cuando los residuos se colocan en el terreno, bien sea tapados o a cielo abierto, producen líquidos fuertemente contaminados denominados lixiviados. La formación de estos lixiviados depende de tres factores, en primer lugar el índice pluviométrico, en segundo lugar el contenido de humedad en el residuo y en tercer lugar la formación de agua durante las reacciones de degradación de la materia orgánica.

Los lixiviados se caracterizan por tener valores de DQO entre 1200 y 50 000 mg/l, de DBO₅ entre 1100 y 17 000 mg/l, así como de metales pesados, los que en función de la composición de los residuos y el pH de los lixiviados, pueden alcanzar valores entre: Zn 1-170 mg/l, Cu 0.08-9 mg/l, Ni 0.01-6.1 mg/l, Mn 0.1-74 mg/l, Pb 0.03-2.0 mg/l y Cr 0.04-8.40 mg/l.

Cuando por debajo de los residuos el terreno es impermeable, los lixiviados se descargan por la pendiente o por la base del vertedero. Si el terreno no es impermeable o existe cualquier tipo de fuga, los lixiviados pueden llegar a las aguas subterráneas contaminándolas.

En los rellenos sanitarios el volumen de lixiviados que se produce es mucho menor que en los vertederos a cielo abierto, debido a que los rellenos en su diseño deben prever la no entrada de los pluviales a su interior, así como que el tapado diario y la compactación disminuyen el nivel de contacto de los residuos con la lluvia. Los lixiviados antes de ser vertidos necesitan recibir algún tipo de tratamiento, o en dependencia de los niveles de lluvia y evaporación, se pueden recircular a la superficie del relleno.

En el caso de los rellenos sanitarios manuales, el volumen de lixiviados que se generan es pequeño, por lo tanto, se puede optar por su infiltración en el suelo dado que, con el paso del tiempo, la carga contaminante de los lixiviados disminuye; además, el suelo actúa como un filtro natural.

- *Formación de gases: Se forman diferentes tipos de gases como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica, ya sea de forma aeróbica o anaeróbica. Los gases que se producen son metano, dióxido de carbono, nitrógeno, etc. El metano puede explotar si alcanza una concentración en el aire entre un 5-15%.*

Los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno; aprovechan cualquier fisura del terreno o la permeabilidad de la cubierta para salir, pudiendo originar altas concentraciones de metano con el consiguiente peligro de explosión en las áreas vecinas. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un adecuado control de la generación y migración de estos gases.

Este control se puede lograr, construyendo un sistema de drenaje vertical en piedra, colocado en diferentes puntos del relleno sanitario, para que éstos sean evacuados a la atmósfera.

- *Ruidos: Se originan por el tránsito de los camiones y la operación de la maquinaria.*
- *Olores: A diferencia de los vertederos a cielo abierto, los olores desagradables en los rellenos sanitarios deben ser mínimos. El olor más frecuente es el que se produce en el frente de vertido. Para mitigar los malos olores lo más aconsejable es la cubrición diaria de los desechos y el trabajo en un frente de vertido lo más reducido posible.*
- *Contaminación del aire: En un vertedero a cielo abierto son frecuentes los incendios debido a la combustión no intencional (espontánea o accidental) o intencional de los desechos. Estos incendios provocan la emisión de humo, partículas, CO₂, CO y en dependencia de la composición de los desechos pueden emitirse otras sustancias, tales como dioxinas y furanos. En un relleno sanitario no deben producirse incendios, por lo que el único problema de contaminación atmosférica pudiera ser el del polvo generado por el trabajo de los equipos.*
- *Vectores: Mediante el cubrimiento diario de los residuos se minimizan la procreación de vectores (ratas, moscas, mosquitos y cucarachas). Los pájaros son más difíciles de eliminar, siendo el único sistema a aplicar el cubrimiento rápido de los residuos para eliminar sus fuentes de alimentación.*
- *Afectaciones al paisaje: Se deben tomar medidas del tipo de formación de barreras de vegetación.*

La mayor parte de los problemas ambientales y de afectaciones a la población que pudiera provocar la construcción y operación de un relleno sanitario se minimizan con su correcta microlocalización. Al efecto se deben considerar aspectos tales como la capacidad del lugar, dirección de los vientos predominantes en relación con las poblaciones cercanas, posibilidades de contaminación de las aguas, disponibilidad cercana del material de cobertera, accesos al lugar, existencia de infraestructura y distancia de los lugares de generación de los desechos.

Durante las fases de diseño, construcción y operación de un relleno sanitario se debe prever que las aguas generadas por la escorrentía superficial no entren al relleno, para lo cual generalmente se construyen canales abiertos.

Otra consideración importante lo constituye la protección de las aguas, en especial las subterráneas, para lo cual se debe impermeabilizar la base del vertedero, siendo lo más económico el empleo de una capa de arcilla compactada de un espesor de 0.30 a 1.0 m. La cubrición rápida de los residuos para aprovechar la capacidad de succión del residuo y el material de cobertera, también contribuye a minimizar riesgos de contaminación. Resulta importante también la impermeabilización de la cobertera final y la conformación de una pendiente que facilite la escorrentía superficial sin erosión. La vegetación sobre la cobertera final debe ser compatible con el principio anterior, es decir no debe estar formada por árboles cuyas raíces favorezcan la infiltración.

Con el objetivo de proteger a las aguas subterráneas también se pueden instalar filtros naturales en la base del relleno. Estos filtros de ½ a 1 m se componen de grava, arena, etc y sirven para purificar a los lixiviados. También se debe respetar una separación mínima entre la base del relleno y el nivel máximo de las aguas subterráneas, se plantea que con una separación de 2 m se consigue una adecuada protección bacteriológica. Con el mismo objetivo los rellenos sanitarios no se deben ubicar a menos de 200 m de fuentes de abasto subterráneas.

También resulta importante la recolección y el tratamiento de los lixiviados. Para la recolección se instalan pozos para el bombeo de lixiviados y drenajes subterráneos. Los lixiviados recolectados se tratan en sistemas de tratamiento, generalmente biológicos.

Los rellenos sanitarios también deben contar con sistemas para la ventilación y el control de los gases formados, siendo el más utilizado el de la construcción de una red de pozos de ventilación.

Los rellenos sanitarios deben monitorearse en relación con los riesgos de contaminación de las aguas subterráneas, mediante la creación de pozos de observación aguas arriba y aguas abajo del vertedero. Se deben monitorear los niveles de materia orgánica, contaminación bacteriológica y metales en las aguas subterráneas. El monitoreo debe mantenerse durante 10 años después del cierre del vertedero.

Los rellenos sanitarios y los vertederos controlados deben estar cercados y contar con facilidades para el cambio de ropa y el baño del personal que lo opera, así como un control de los desechos que se reciben. Se deberá contar con los medios de protección adecuados, especialmente en aquellos lugares en que se hace recolección manual de materias primas.

Estas instalaciones deben ubicarse a sotavento, a no menos de 500 m del asentamiento más cercano. Deberán contar con áreas separadas para depositar las podas, así como otra para la disposición de los residuos sólidos infecciosos provenientes de las instalaciones de salud. Los escombros que lleguen a los rellenos sanitarios serán separados para su utilización como material de cobertera. Además se deben habilitar cercas móviles u otros métodos para evitar la dispersión de papeles y jabas plásticas.

10.3 Control Ambiental.

El tema del manejo de los desechos sólidos urbanos es abordado en varias partes de la Ley 81. En relación con las responsabilidades y autoridades relacionadas con el saneamiento ambiental la Ley define que:

- *Corresponde a los Órganos Locales del Poder Popular dirigir, en lo que a ellos compete, las acciones en materia de los servicios públicos y saneamiento, así como la protección del medio ambiente en los asentamientos humanos, en relación con los efectos derivados de los servicios comunales, entre otros (Artículo 15).*
- *El Ministerio de Salud Pública desarrollará acciones para verificar que en la prestación de los servicios relativos a la recogida de desechos sólidos y su disposición final en vertederos, entre otros servicios públicos esenciales a la comunidad, se cumplan las disposiciones que garanticen la protección del medio ambiente y, en particular, la salud de la población y su calidad de vida (Artículo 149).*
- *El Ministerio de Economía y Planificación, en su condición de organismo rector de los servicios comunales, ejecutará las acciones de verificación y control en esta esfera, sin perjuicio de las atribuciones y funciones correspondientes a otros órganos y organismos estatales (Artículo 150).*

En cuanto a las restricciones que establece la Ley 81 en relación con el manejo de los residuos sólidos urbanos, las más importantes son:

- *Queda prohibido emitir, verter o descargar sustancias o disponer desechos, producir sonidos, ruidos, olores, vibraciones y otros factores físicos que afecten o puedan afectar a la salud humana o dañar la calidad de vida de la población (Artículo 147).*
- *En relación con las actividades laborales, plantea que el empleador debe adoptar y poner en práctica medidas de prevención y control para la protección del medio ambiente y para salvaguardar la salud y la vida de los trabajadores y la población circundante, especialmente las relativas a evitar la acumulación de desechos o residuos que constituyan un riesgo para la salud, efectuando la limpieza y desinfección periódica pertinentes (Artículo 161 inciso c).*
- *Dentro de las regulaciones relacionadas con la protección de los suelos se establece que los órganos y organismos competentes actuarán en correspondencia con la prohibición de la disposición de desechos en terrenos baldíos urbanos y rurales y zonas aledañas a vías de comunicación terrestres, sin previa autorización de las autoridades competentes (Artículo 108 inciso c).*

En relación con la legislación complementaria en el tema, de una forma u otra la misma es abordada en otros capítulos de este material, no obstante a modo de precisión, se menciona brevemente.

- *En el caso de la protección de las aguas terrestres, el Decreto Ley 138 establece la prohibición, sin la autorización previa de Recursos Hidráulicos, de acumular basuras, escombros o sustancias de cualquier naturaleza que puedan contaminar las aguas terrestres o degradar su entorno, con independencia del lugar en que se depositen (Artículo 16 inciso b).*
- *En el caso de la protección de los suelos el Decreto 179 plantea que los usuarios de suelos estarán obligados a conservarlos y a protegerlos contra la erosión, la salinidad, la acidificación, la alcalinización, la contaminación u otras formas de degradación, así como de actos y efectos que le sean perjudiciales (Artículo 10).*

- *Con el objetivo de proteger a los recursos marinos, el Decreto Ley 212 prohíbe en la zona costera la disposición final de los desechos sólidos y líquidos provenientes de cualquier actividad, cuando no cumplan con las normas de vertimientos establecidas (Artículo 16 inciso g), lo cual también se hace extensivo a la zona de protección a partir de lo que establece el artículo 18.*

En este tema existen también en el país tres normas técnicas obligatorias:

- *NC 133:2002: Residuos sólidos urbanos. Almacenamiento, recolección y transportación. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales.*
- *NC 134:2002: Residuos sólidos urbanos. Tratamiento. Requisitos Higiénicos sanitarios y ambientales.*
- *NC 135:2002: Residuos sólidos urbanos disposición final. Requisitos Higiénicos sanitarios y ambientales.*

Las infracciones de la legislación ambiental en materia del control del manejo de los residuos sólidos urbanos, de acuerdo a lo que establece la Ley 81, corresponde a los inspectores sanitarios del MINSAP y a los inspectores integrales de los Órganos Locales del Poder Popular en sus instancias municipal y provincial. En el caso de los inspectores estatales ambientales, pueden actuar de forma directa cuando las violaciones se cometen en la zona costera, de acuerdo a lo que establece el Decreto Ley 200 en su artículo 9 inciso h, el que plantea que el que vierta desechos de cualquier naturaleza en la zona costera sin la autorización correspondiente, puede ser sancionado con multas de 200 pesos (personas naturales) y 2250 pesos (personas jurídicas), así como cualquier otra de las sanciones que este instrumento legal establece.

De igual forma se podrá aplicar este Decreto Ley a otras violaciones relacionadas con el manejo de los residuos sólidos urbanos, en los casos en que se haya impuesto previamente alguna medida durante una Inspección Estatal Ambiental o el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, y esta medida no sea cumplida. En estos casos las multas previstas son de 200 y 2250 pesos para el primer caso (artículo 6 inciso b) y 200 y 5000 para el segundo (artículo 5 inciso d).

CAPÍTULO XI.

CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS. RESIDUALES LÍQUIDOS.

11.1 Contaminación.

El vertimiento de aguas residuales a los cuerpos de aguas, terrestres y marinos, produce afectaciones en la calidad de los mismos. Se entiende por contaminación de las aguas, la alteración química, física, biológica o simplemente estética, producida por la actividad del hombre de forma directa o indirecta. La contaminación de las aguas afecta también al suelo, a los recursos de la diversidad biológica y al hombre.

La preservación de la calidad de las aguas, adquiere cada día una importancia mayor, por lo que implica este problema para la sociedad, tanto desde el punto de vista de la disponibilidad del recurso como desde el punto de vista económico, de salud, estético y ambiental. En la figura 1 se resumen las afectaciones que puede producir la contaminación de las aguas, sobre el uso de las mismas.

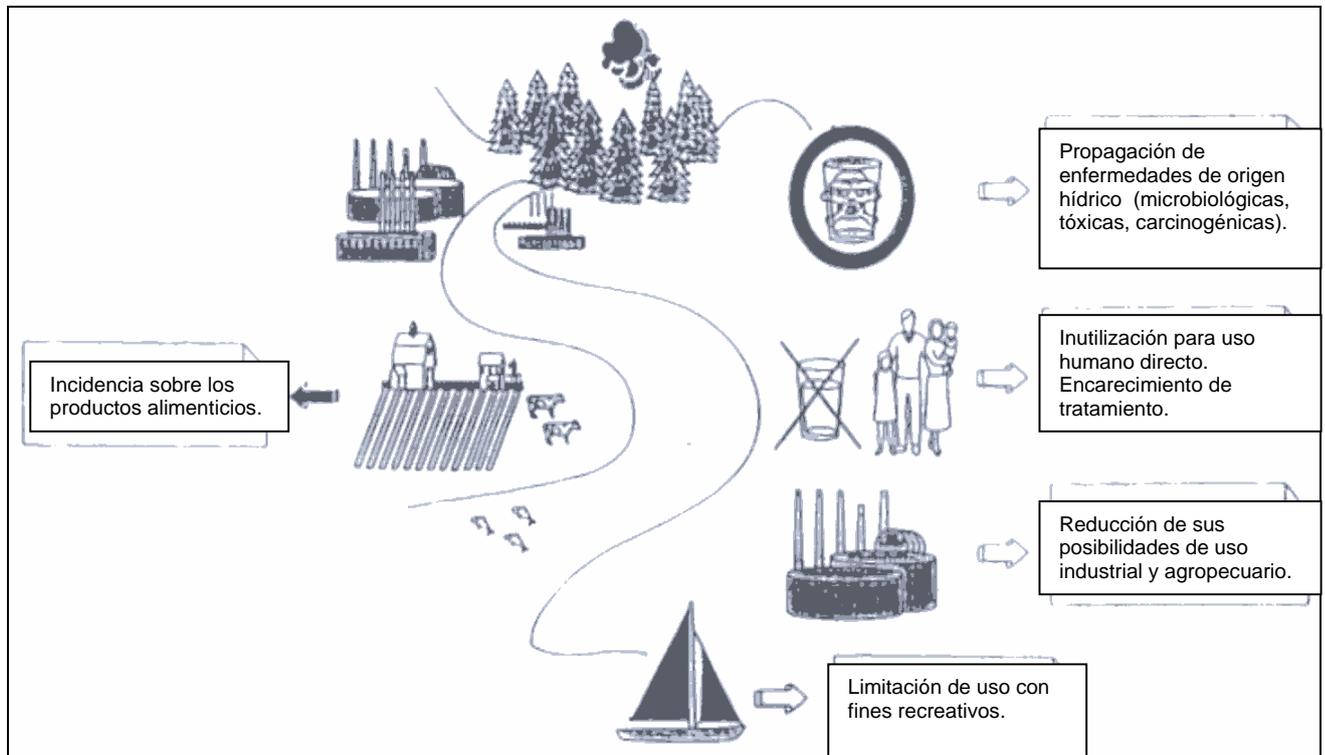


Figura 1. Contaminación de las aguas Tomado de Diplomado Protección del Medio Ambiente Físico. Contaminación de las aguas. Universidad de Alicante. 1998.

Las aguas residuales suelen ser mezclas complejas de elementos y materiales disueltos o en suspensión. Los principales parámetros que miden la contaminación de las aguas se pueden clasificar en:

Parámetros físicos

- *Caudal*
- *Sólidos*
- *Conductividad*
- *Color*
- *Olor*
- *Temperatura*
- *Turbidez*
- *Gases disueltos*

Parámetros Químicos

- *Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Es una medida indirecta de la concentración de materia orgánica biodegradable, a partir de la determinación de la cantidad de oxígeno que se requiere para su oxidación bioquímica.*
- *Demanda Química de Oxígeno (DQO). Es una medida indirecta de la concentración de materia orgánica total, a partir de la determinación de la cantidad de oxígeno que se requiere para su oxidación química.*
- *Aceites y grasas*
- *Hidrocarburos*
- *PH*
- *Cloruros*
- *Sulfatos*
- *Alcalinidad*
- *Nitrógeno*
- *Fósforo*
- *Metales*
- *Otros (plaguicidas, otros compuestos orgánicos, etc)*

Parámetros Microbiológicos más usados

- *Coliformes Totales*
- *Coliformes Fecales*

Atendiendo a su origen, los residuales líquidos pueden ser clasificados como:

- *Domésticos: Generados en asentamientos poblacionales, escuelas, instalaciones hospitalarias, centros turísticos, comerciales, etc. También se conocen como albañales.*
- *Municipales: Además de los residuales domésticos, incluyen a los generados por la actividad comercial y algunas industrias.*
- *Industriales: Sus características dependen del proceso en cuestión.*
- *Agropecuarios: Generados por centros porcinos, cebaderos de toros, granjas avícolas, etc.*

Los cuerpos de aguas tienen determinada capacidad de autodepuración, es decir de asimilar determinada cantidad de contaminantes, fundamentalmente orgánicos, sin que se deteriore su calidad. Cuando se sobrepasa la capacidad de autodepuración de los cuerpos de aguas,

debido al vertido indiscriminado de residuales se rompe el equilibrio ecológico y se contamina a ese cuerpo receptor.

El vertimiento de albañales sin tratar o deficientemente tratados a ríos, lagos y aguas marinas, produce una disminución de los niveles de oxígeno disuelto en los mismos, al ocurrir en estos cuerpos la oxidación de la materia orgánica. Esta disminución de los niveles de oxígeno produce afectaciones en los ecosistemas acuáticos y malos olores en los mismos.

Por otra parte, estos residuales se caracterizan también por tener altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) lo que producirá el incremento brusco de la vegetación acuática en los cuerpos receptores y la consiguiente afectación a la ecología, funcionamiento y operación de los mismos. Un río, un lago o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen excesivamente en nutrientes. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos que más tarde cuando mueren, se pudren y provocan en el agua malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad. El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los usos. El resultado final es un ecosistema casi destruido.

Los nutrientes que más influyen en este proceso son los fosfatos y los nitratos. En algunos ecosistemas el factor limitante es el fosfato, como sucede en la mayoría de los lagos de agua dulce, pero en muchos mares el factor limitante es el nitrógeno para la mayoría de las especies de plantas.

En los últimos 20 o 30 años las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos mares y lagos casi se han duplicado. La mayor parte de estos nutrientes llegan por los ríos. En el caso del nitrógeno, una elevada proporción (alrededor del 30%) es un efecto de la contaminación atmosférica. El nitrógeno es más móvil que el fósforo y puede ser lavado a través del suelo o pasar al aire por evaporación del amoníaco o por los procesos de desnitrificación. El fósforo es absorbido con más facilidad por las partículas del suelo y es arrastrado por la erosión o disuelto por las aguas de escorrentía superficiales.

Durante muchos años los jabones y detergentes han sido las principales fuentes de aporte de fósforo. En las décadas de los 60 y 70, el 65% del peso de los detergentes era un compuesto de fósforo, el tripolifosfato sódico, que se usaba para "sujetar" (quelar) a los iones Ca, Mg, Fe y Mn. De esta forma se conseguía que estos iones no impidieran el trabajo de las moléculas surfactantes que son las que hacen el lavado. Estos detergentes tenían alrededor de un 16% en peso de fósforo. El resultado era que los vertidos domésticos y de lavanderías contenían una gran proporción de ion fosfato. A partir de 1973 diferentes países, prohibieron el uso de detergentes que tuvieran más de un 2,2% de fósforo, obligando así a usar otros quelantes con menor contenido de este elemento. Algunas legislaciones han llegado a prohibir los detergentes con más de 0,5% de fósforo. Otra importante fuente de eutrofización lo constituye el uso excesivo de fertilizantes químicos en la agricultura.

Otro de los problemas más serios que producen los vertimientos de aguas albañales es el asociado a la contaminación bacteriológica. Estos residuales presentan elevados tenores de organismos patógenos que representan un riesgo para la salud humana al consumirse las aguas contaminadas, los productos agrícolas regados con éstas, los productos de la actividad pesquera o al entrar en contacto con esta agua mediante el baño y otras actividades recreativas.

Las bacterias patógenas transmitidas directa o indirectamente a través del agua y los alimentos, son una de las principales fuentes de morbilidad y mortalidad en muchos países en vías de desarrollo, por ejemplo las bacterias causantes del cólera, la fiebre tifoidea, la salmonelosis, etc.

Los virus más frecuentes identificados en aguas contaminadas y residuales en el alcantarillado son los enterovirus, adenovirus, rotavirus y el virus de la hepatitis infecciosa. Los mariscos contaminados por residuales domésticos pueden también transmitir algunos de estos virus.

Los parásitos también pueden ser ingeridos a través del agua contaminada y algunos de los protozoarios (especialmente los que causan la giardiasis) presentan una gran resistencia al cloro, de ahí la importancia del tratamiento del agua de consumo humano.

Los problemas antes explicados, se complican cuando se trata de otros residuales de origen orgánico, como los que se generan en los centros porcinos, centrales azucareros, destilerías de alcohol, plantas de torula, etc, por ser los mismos mucho más concentrados en cuanto a materia orgánica, que los albañales. A modo de referencia, a continuación se comparan algunos parámetros de los albañales con los residuales antes mencionados.

TABLA 1
Características de los albañales y los residuales porcinos.

Parámetro (mg/l)	Albañales	Residual Porcino
DQO	200-800	18 900-40 000
DBO ₅	100-350	9 000-19 000
SS	100-350	5 500-11 600
Nt	20-60	710-1480
Pt	5-20	270-720

En relación con los residuales industriales del resto de los procesos mencionados se dan los siguientes índices de contaminación:

- Los residuales de los centrales azucareros presentan una DQO entre 5 000-8 000 mg/l.
- Los de las destilerías de alcohol entre 60 000-65 000 mg/l.
- Los de las plantas de levadura entre 12 000-15 000 mg/l.

Atendiendo a los valores anteriores se observa que, desde el punto de vista del contenido de materia orgánica, los residuales albañales son diluidos.

Por otra parte, el vertimiento de residuales conteniendo hidrocarburos, aceites y grasas es otro problema de contaminación importante, debido a la característica que tienen estos contaminantes de "difundirse" y por su persistencia. Las películas o capas que forman sobre la superficie de los cuerpos de aguas pueden cubrir grandes áreas, dificultando el intercambio con el aire y por tanto el acceso de los seres vivos al oxígeno, produciendo una rápida degradación de estos sistemas. Estos contaminantes limitan de igual forma, el funcionamiento de las lagunas de oxidación y otros sistemas biológicos de tratamiento de residuales.

Este tipo de residual se genera en cocinas, comedores, talleres de mantenimiento del transporte, puntos de abasto de combustible, plantas de engrase y fregado, puntos de almacenamiento de combustibles y lubricantes y en las aguas de sentina y de otros tipos, generados por las embarcaciones.

En muchos casos estos contaminantes van a parar a los residuales líquidos, y con estos a los cuerpos de aguas, debido a accidentes, negligencias en el mantenimiento y la operación de las trampas de grasas que existen usualmente en los lugares donde se manipulan estas sustancias o bien por vertimientos innecesarios que se producen durante las diferentes etapas de manejo de estas sustancias y de los medios que las contienen. Durante mucho tiempo el lavado de tanques de los buques petroleros ha sido una de las prácticas más dañinas y que más contaminación por petróleo ha producido. Estos grandes buques hacían el lavado en los viajes de regreso, llenando los tanques con agua del mar que después vertían de nuevo al océano, dejando grandes manchas de petróleo por todas las rutas marítimas que usaban. En los últimos años una legislación más exigente y un sistema de vigilancia y denuncias más eficiente, han conseguido reducir de forma significativa estas prácticas, aunque, por unos motivos o por otros, los petroleros todavía siguen siendo un importante foco de contaminación

En relación con el tema, se estima que alrededor del 0,1 al 0,2% de la producción mundial de petróleo acaba vertido al mar, lo que representa que casi 3 millones de toneladas terminan contaminando las aguas cada año, provocando daños en el ecosistema marino.

La mayor parte del petróleo se usa en lugares muy alejados de sus puntos de extracción por lo que debe ser transportado por petroleros u oleoductos a lo largo de muchos kilómetros, lo que incrementa los riesgos de accidentes. Estas fuentes de contaminación son las más conocidas y tienen importantes repercusiones ambientales, pero la mayor parte del petróleo vertido procede de tierra, de desperdicios domésticos, automóviles y gasolineras, refinerías, industrias, etc.

Se han ensayado distintas técnicas para limitar o limpiar los vertidos del petróleo. Actualmente se emplean productos de limpieza menos dañinos y diferentes técnicas y maquinarias, como barreras flotantes, sistemas de recogida, etc., que en algunos casos pueden ser bastante eficaces, aunque no son la solución definitiva. Evitar la contaminación es la única solución verdaderamente aceptable.

El petróleo vertido en el mar se va extendiendo en una superficie cada vez mayor hasta llegar a formar una capa muy extensa, con espesores de sólo décimas de micrómetro. De esta forma se ha comprobado que 1 m³ de petróleo puede llegar a formar, en hora y media, una mancha de 100 m de diámetro y 0,1 mm de espesor.

Una gran parte del petróleo (entre uno y dos tercios) se evapora. El petróleo evaporado es descompuesto por fotooxidación en la atmósfera. Del crudo que queda en el agua, una parte sufre fotooxidación, otra parte se "disuelve" en el agua (siendo ésta la más peligrosa desde el punto de vista de la contaminación) y lo que queda forma el "mousse", emulsión gelatinosa de agua y aceite que se convierte en bolas de alquitrán densas, semisólidas, con aspecto asfáltico.

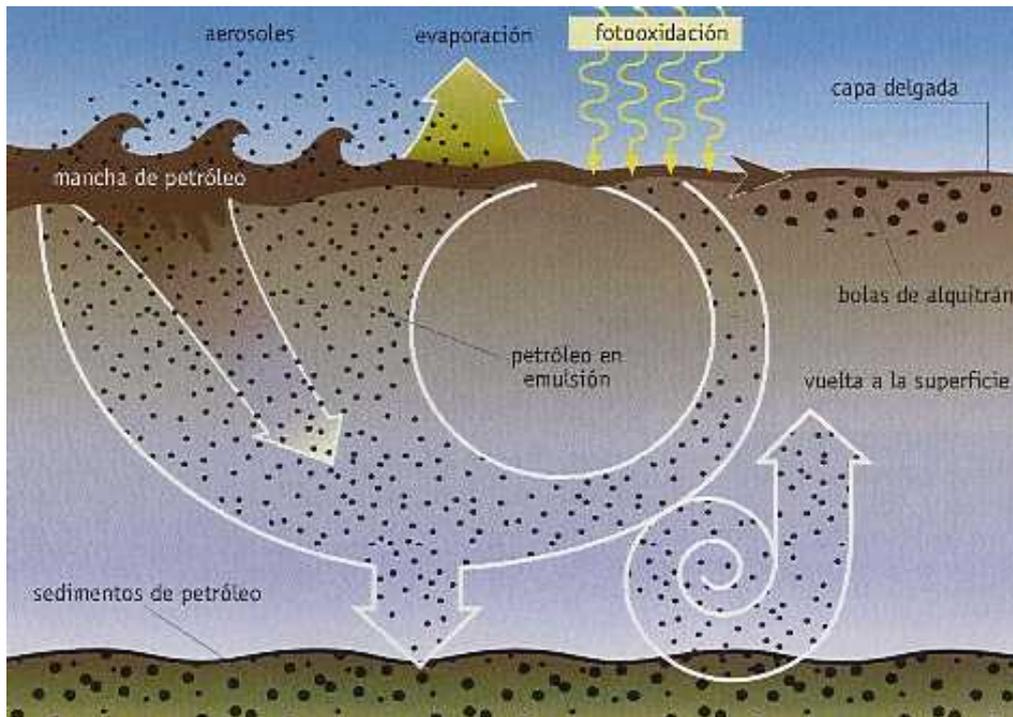


Figura 2. Evolución de las manchas de petróleo en el mar. Tomado del libro electrónico *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. 2006

Sistemas de limpieza de los vertidos de petróleo:

1. *Contención y recogida:* Se rodea el petróleo vertido con barreras y se recupera con raseras o espumaderas (skimmers) que son sistemas que succionan y separan el petróleo del agua. Estas técnicas no causan daños y son muy usadas, pero su eficiencia, aún en las mejores condiciones, sólo llega a un 10 - 15%.
2. *Dispersantes:* Son sustancias químicas similares a los detergentes, que rompen el petróleo en pequeñas gotas (emulsión) con lo que se diluyen los efectos dañinos del vertido y se facilita la actuación de las bacterias que degradan los hidrocarburos. Es muy importante elegir bien la sustancia química que se usa como dispersante, porque algunas de las que se utilizaron en los primeros accidentes, se descubrió después que eran más tóxicas y causaban más daños que el propio petróleo. En la actualidad existen dispersantes de baja toxicidad autorizados.
3. *Incineración:* Quemar el petróleo derramado suele ser una forma eficaz de hacerlo desaparecer. En circunstancias óptimas se puede eliminar el 95% del vertido. El principal problema de este método es que produce grandes cantidades de humo negro que, aunque no contiene gases más tóxicos que los normales que se forman al quemar el petróleo en la industria o los automóviles, es muy espeso por su alto contenido de partículas.
4. *Biodegradación:* En la naturaleza existen microorganismos (bacterias y hongos, principalmente) que se alimentan de los hidrocarburos y los transforman en otras sustancias químicas no contaminantes. Este proceso natural se puede acelerar aportando nutrientes y oxígeno que facilitan la multiplicación de las bacterias.

5. *Limpieza de las costas: Se puede realizar de forma manual o mediante el empleo de algún equipamiento, en función de la magnitud del derrame y del tipo de costa. En ocasiones se usan chorros de agua caliente a presión para arrastrar el petróleo desde la línea de costa al agua. Este método suele hacer más mal que bien porque entierra el hidrocarburo más profundamente en la arena y mata todo ser vivo de la playa. Se usó extensamente en el accidente del Exxon Valdez debido a que la opinión pública exigía la limpieza y este método deja aparentemente la playa con un aspecto casi normal. Pero luego se comprobó que las zonas que se habían dejado para que se limpiaran de forma natural, al cabo de unos meses estaban en mejores condiciones que las que se habían sometido al tratamiento, demostrando que consideraciones estéticas a corto plazo no deben imponerse a planteamientos ecológicos más importantes a largo plazo.*

En relación con la contaminación de las aguas subterráneas, las mismas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Esto es debido a que las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. Se calcula que mientras el tiempo de permanencia medio del agua en los ríos es de días, en un acuífero puede ser de cientos de años, lo que hace muy difícil su purificación.

Se suelen distinguir dos tipos de procesos contaminantes de las aguas subterráneas: los "puntuales" que afectan a zonas muy localizadas, y los "difusos" que provocan contaminación dispersa en zonas amplias, en las que no es fácil identificar un foco principal.

Dentro de las fuentes principales de contaminación puntual se encuentran:

- *Lixiviados de vertederos de residuos urbanos y fugas de aguas residuales que se infiltran en el terreno.*
- *Lixiviados de vertederos industriales, derrubios de minas, depósitos de residuos radiactivos o tóxicos mal aislados, gasolineras con fugas en sus depósitos de combustible, etc.*
- *Fosas sépticas.*
- *Vertidos directos o indirectos de residuales líquidos.*

Este tipo de contaminación suele ser más intensa junto al lugar de origen y se va diluyendo al alejarse del mismo. La dirección que sigue el flujo del agua del subsuelo influye de forma muy importante para determinar en que lugares los pozos tendrán agua contaminada y en cuales no. Puede suceder que un lugar relativamente cercano al foco contaminante tenga agua limpia, porque la corriente subterránea aleja el contaminante de ese lugar, y al revés.

La contaminación difusa suele estar provocada por:

- *Uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en la agricultura o en las prácticas forestales.*
- *Explotación excesiva de los acuíferos que facilita el que las aguas salinas invadan la zona de aguas dulces, por desplazamiento de la interfase entre los dos tipos de aguas.*

Este tipo de contaminación puede provocar situaciones especialmente preocupantes con el paso del tiempo, al ir afectándose, lenta pero continuamente, zonas muy extensas.

Los acuíferos tienen una cierta capacidad de autodepuración, mayor o menor según el tipo de roca y otras características. Las sustancias contaminantes, al ir el residual avanzando entre las partículas del subsuelo, se filtran y dispersan y también son neutralizadas, oxidadas, reducidas o sufren otros procesos químicos o biológicos que las degradan. De esta manera el residual va purificándose.

Cuando la estructura geológica del terreno facilita una zona amplia de aireación, los procesos de depuración son más eficaces. También es muy favorable la abundancia de arcillas y de materia orgánica. En cambio en los depósitos aluviales o en las zonas cársicas la purificación del residual es mucho más difícil y este tipo de acuíferos son mucho más sensibles a la contaminación y son también más vulnerables a la contaminación por hidrocarburos.

Es muy importante, de todas formas, tener en cuenta que las posibilidades de depuración en el acuífero son limitadas y que el mejor método de protección es por tanto, la prevención. No contaminar, controlar los focos de contaminación para conocer bien sus efectos y evitar que las sustancias contaminantes lleguen al acuífero son los mejores métodos para preservar su calidad.

Cuando un acuífero está contaminado y hay que descontaminarlo el proceso es complejo y costoso. Se han usado procedimientos que extraen el agua, la depuran y la vuelven a inyectar en el terreno, pero no siempre son eficaces y consumen una gran cantidad de energía y otros recursos.

Los principales problemas de contaminación de los acuíferos son los de contaminación difusa, principalmente por contaminación con nitratos y por intrusión salina. Las contaminaciones puntuales no son un grave problema, exceptuando algunas zonas muy concretas en núcleos industriales o junto a grandes poblaciones.

El problema más preocupante de contaminación es el de los altos niveles de concentración de nitratos en algunos depósitos de aguas subterráneas. El límite máximo permitido por la norma cubana es de 50 mg/l en el agua de abastecimiento de la población. Las principales fuentes antropogénicas de aporte de nitratos son los fertilizantes químicos y las aguas residuales, especialmente las albañales (por ejemplo a partir de fosas sépticas u otros métodos de infiltración), debido al proceso de nitrificación que sufre el nitrógeno que contiene el residual.

El otro proceso preocupante es el de entrada de agua salada en los acuíferos cuando estos son sobreexplotados. Este problema es especialmente preocupante en acuíferos cercanos a la costa. Estos acuíferos limitan con aguas subterráneas salinas, situadas bajo el mar, y cuando se retira demasiada agua dulce de ellos, la interfase se desplaza, penetrando el agua salina en zonas en las que sólo había agua dulce hasta entonces. Cuando pasa esto no sólo se ve amenazado el suministro de agua para las poblaciones y el regadío, sino que también se producen daños en los ecosistemas que dependían de la descarga de aguas de estos acuíferos.

En relación con la contaminación de las aguas marinas, se puede añadir que el 80% de las sustancias que contaminan el mar tienen su origen en la tierra. De las fuentes terrestres, la contaminación difusa es la más importante. Incluye pequeños focos como tanques sépticos, autos, camiones, etc. y otros mayores como granjas, tierras de cultivo y bosques.

Aproximadamente un tercio de la contaminación que llega a los mares empieza siendo contaminación atmosférica pero después acaba cayendo a los océanos.

El exceso de aporte de nutrientes causa eutrofización en grandes zonas marítimas. En la desembocadura del Mississippi, por ejemplo, una zona de unas 4000 millas cuadradas, en las costas de Texas y Louisiana, ha perdido gran parte de su fauna como consecuencia del enriquecimiento de nutrientes, lo que ha provocado un excesivo crecimiento de las algas y el empobrecimiento en oxígeno, debido a la putrefacción de estas algas.

La contaminación de las aguas marinas puede producir además, afectaciones a las barreras coralinas, elementos vitales para los ecosistemas marinos y que desempeñan un papel fundamental en la protección de las costas y en especial de las playas.

Un caso particularmente importante de contaminación de las aguas, es la que provocan las industrias, los talleres que realizan procesos galvánicos y otros procesos, que generan residuales con altas concentraciones de metales, cianuros, plaguicidas y otros compuestos orgánicos. Estos contaminantes son usualmente tóxicos y tienen que ser tratados antes de su disposición para evitar afectaciones a los ecosistemas y especialmente a la salud humana.

Las sales de metales como el plomo, el cinc, el mercurio, la plata, el níquel, el cadmio y el arsénico son muy tóxicas para la flora y la fauna terrestres y acuáticas y acumulables por los organismos que las absorben. El hombre puede sufrir enfermedades cuando ingiere agua y alimentos contaminados por metales pesados, por ejemplo el mercurio, el plomo y el cadmio pueden provocar ceguera, amnesia, raquitismo, enfermedades neurológicas, cerebrales e incluso hasta la muerte.

La contaminación del agua por plomo no se origina directamente por el plomo, sino por sus sales solubles en agua que son generadas por las fábricas de pinturas, de acumuladores, por alfarerías con esmaltado, en la coloración de vidrios, por industrias químicas y por algunas actividades mineras, entre otras.

Todos los compuestos de plomo son tóxicos en diferente grado, dependiendo de su naturaleza química y el grado de solubilidad de cada compuesto, los más tóxicos son los compuestos orgánicos.

La contaminación del agua por mercurio es provocada por industrias químicas que producen cloro, fábricas de fungicidas y de pinturas contra hongos, de plásticos, en la extracción de oro y de plata por el método de amalgamación y por las refinerías del petróleo. Se considera que la mitad del mercurio extraído es dispuesto al medio ambiente, una parte en forma de vapor a la atmósfera y otra en los desechos industriales al suelo y al agua. Por ejemplo, en la electrólisis del cloruro de sodio en solución, se utiliza el mercurio como electrodo y cuando la salmuera (solución concentrada de cloruro de sodio) disminuye su concentración, es desechada. Estos desechos contienen mercurio y siguen el curso del agua hasta llegar a los lagos, ríos y hasta el mar, donde pueden incorporarse a las diferentes cadenas alimenticias, reaccionar y transformarse en metilmercurio. De igual forma, el hidróxido de sodio obtenido por este método (contaminado con mercurio) se utiliza como materia prima de otros procesos, terminado una buena parte del mercurio en los cuerpos de aguas. También en la agricultura se usan fungicidas de compuestos organomercuriales.

El cloruro mercúrico, $HgCl_2$, es muy venenoso y peligroso por su gran solubilidad en agua (71.5 g/L a 25 °C). El acetato fenilmercúrico se usa en pinturas látex como conservador y contra el ataque de hongos o el enmohecimiento.

La contaminación del agua por cadmio es provocada por las principales áreas de aplicación que disponen inadecuadamente sus residuales, como son el acabado de metales, la electrónica, la manufactura de pigmentos (pinturas y agentes colorantes), de baterías (cadmio níquel), de estabilizadores plásticos, de plaguicidas (fungicidas), la electrodeposición o la aleaciones de hierro, en la producción de hierro y cinc, y en el uso de reactores nucleares.

Cuando el agua está contaminada por ácidos es más fácil la contaminación por metales que cuando no contiene ácidos. También se desechan aguas residuales industriales que contienen sustancias muy tóxicas como los cianuros que son arrojados a las alcantarillas por industrias dedicadas a la galvanoplastia o a la refinación y limpieza de metales.

Por otra parte, muchos de los contaminantes orgánicos como los plaguicidas, solventes, etc, afectan al medio ambiente y muchos de ellos son tóxicos con efectos inmediatos o crónicos y con propiedades mutagénicas y carcinogénicas. Algunos de estos compuestos orgánicos son persistentes y tienen por tanto la capacidad de acumularse en el medio ambiente y de transportarse a grandes distancias.

En este tema, la Estrategia Ambiental Nacional plantea que existen diferentes causas que han motivado la contaminación de los cuerpos de agua en nuestro país, pudiéndose mencionar:

- La concentración de instalaciones industriales en zonas urbanas y el consiguiente uso de las corrientes superficiales como receptoras de residuales crudos o parcialmente tratados.*
- El empleo de tecnologías productivas obsoletas.*
- Las indisciplinas tecnológicas.*
- La no introducción de prácticas de Producción Más Limpia.*
- Los insuficientes niveles de recursos financieros destinados al tratamiento y disposición de residuales.*
- El deficiente estado de las redes de alcantarillado y la falta de cobertura.*
- El deficiente estado técnico de los sistemas de tratamiento de residuales existentes.*
- Los problemas asociados con el manejo de los desechos sólidos.*
- Los problemas con la caracterización de los residuales.*

11.2 Tratamientos utilizados.

Los residuales para ser vertidos al medio requieren cumplir con determinados parámetros, en la mayoría de los casos, para poder alcanzar estos parámetros resulta necesario someter a estos residuales a distintos sistemas y órganos de tratamiento.

Los sistemas de tratamiento de residuales son diversos y la selección de ellos depende, entre otros factores, de las características del residual y del cuerpo receptor a donde se vierte este.

En general, los sistemas de tratamiento de residuales líquidos se clasifican en:

Pre tratamientos: Los pre tratamientos cumplen dos objetivos, la eliminación de sólidos groseros, arenas y grasas y la protección de los equipos de bombeo y de los órganos de tratamiento posteriores. Entre los más usados se pueden mencionar las cámaras de rejas, los desarenadores y las trampas de grasas.

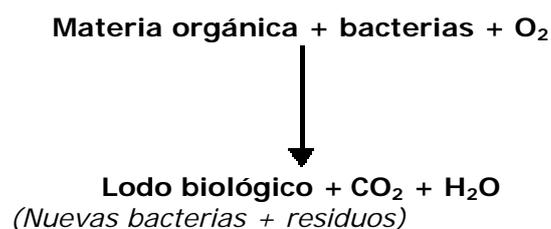
Tratamientos primarios: Están constituidos por diferentes unidades o etapas secuenciales, que utilizan procesos físicos y/o químicos, tales como el cribado, la sedimentación (simple o con químicos: coagulantes o polímeros), la filtración y la flotación. Debido a su naturaleza y desde el punto de vista de remoción de contaminantes, el tratamiento primario actúa, fundamentalmente, sobre los sólidos suspendidos y coloidales presentes en el agua residual, no así sobre los sólidos disueltos.

Tratamientos secundarios: Conocidos también como "tratamientos biológicos", consisten en la estabilización de la materia orgánica contaminante, aún presente en el agua residual después del tratamiento primario, mediante la acción de una biomasa activa, especialmente bacterias. Actúan a través de procesos de absorción biológica, mecanismo que efectúan las bacterias a través de su membrana citoplásmica, con reacciones bioquímicas catalizadas por enzimas que permiten utilizar los sólidos disueltos como fuente de energía, de tal manera que una vez aprovechados, son transformados en sólidos mineralizados o estabilizados. Por lo tanto, las bacterias se alimentan a través de su membrana citoplásmica, utilizando la fracción soluble (disuelta) de la materia orgánica.

De acuerdo con la forma en que utilizan el oxígeno para la realización de sus funciones metabólicas, las bacterias pueden ser aeróbicas, anaeróbicas y facultativas, nombres de gran importancia en ingeniería sanitaria, dado que las tecnologías de tratamiento secundario reciben su nombre en función del tipo de bacterias presentes en el proceso biológico.

Las bacterias aeróbicas son aquellas que requieren del oxígeno en forma molecular para poder respirar, es decir, oxígeno disuelto en el agua. Las anaeróbicas no requieren de oxígeno molecular disuelto en el agua, sino que lo toman directamente de la materia orgánica que utilizan como fuente de alimentación. Finalmente las bacterias facultativas pueden vivir en presencia o ausencia de oxígeno disuelto, comportándose como aeróbicas o anaeróbicas según sea la situación en que se encuentren.

El tratamiento biológico aeróbico emplea la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales, como nutrientes de una población bacteriana a la cual se le proporciona oxígeno y condiciones controladas para que crezca en un lugar en el cual este crecimiento no tenga influencia en el medio ambiente. El tratamiento biológico es por tanto una oxidación de la materia orgánica biodegradable con participación de bacterias, que se ejecuta para acelerar un proceso natural y evitar posteriormente la presencia de contaminantes y la ausencia de oxígeno en los cuerpos de agua.

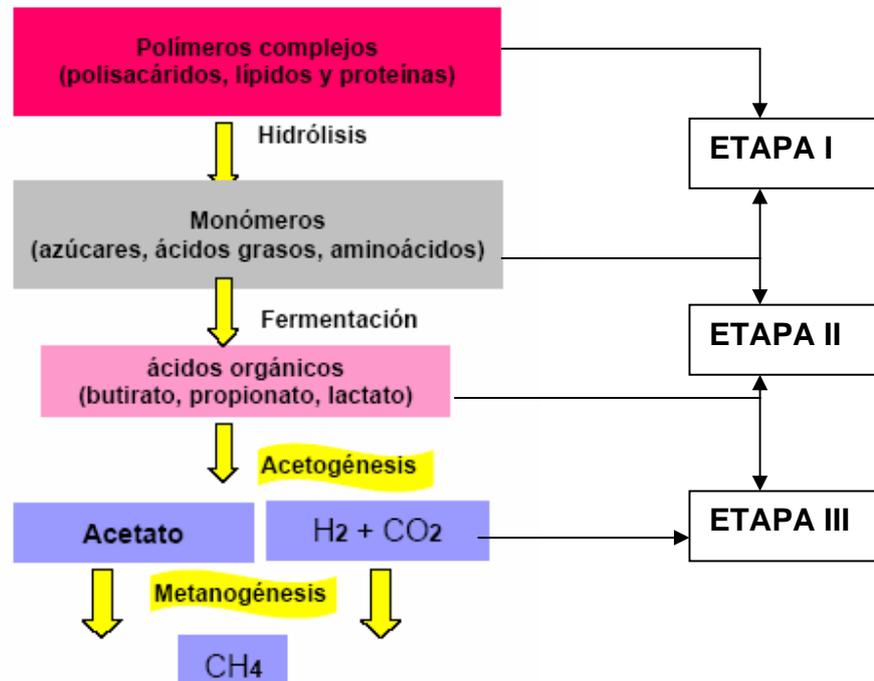


Los procesos biológicos anaeróbicos consisten en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigidos a la digestión de la materia orgánica con producción de metano. También se pueden alcanzar las condiciones anaeróbicas en sistemas abiertos como algunos tipos de digestores de lodos y las lagunas anaeróbicas, lo que se logra mediante la aplicación de altas cargas de materia orgánica al proceso. Es un proceso en el que pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos pero que está dirigido principalmente por bacterias. Presenta una serie de ventajas frente a la digestión aerobia: generalmente requiere de instalaciones menos costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno, requiere de una menor proporción de nutrientes en relación con la concentración de materia orgánica, por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor. Por otra parte se produce una menor cantidad de lodo (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos), y además este último se puede disponer como abono y mejorador de suelos. Además es posible producir un gas útil. Como desventaja tienen la poca calidad de sus efluentes que requieren de un posterior tratamiento aeróbico, por eso generalmente se utilizan como tratamiento biológico primario para reducir los costos de los sistemas aeróbicos que se utilizarán posteriormente.

El proceso de biodegradación anaeróbica se efectúa en tres etapas. En la Etapa I, también conocida como Etapa de Hidrólisis, la materia orgánica compleja, como carbohidratos, proteínas y grasas, es transformada por un grupo de microorganismos facultativos en materiales orgánicos más simples, los cuales son solubilizados en el agua mediante la acción de enzimas producidas por las células bacterianas. Durante la Etapa II el material simplificado y solubilizado en la primera es utilizado por un grupo especial de bacterias denominadas "acidogénicas". Estas bacterias lo fermentan y convierten en ácidos grasos orgánicos, como acético, propiónico, oleico y alcoholes simples, dióxido de carbono, nitrógeno e hidrógeno, sustancias que en su mayoría producen problemas de malos olores. En la Etapa III interviene otro grupo de bacterias denominadas "metanogénicas", las cuales utilizan los ácidos y alcoholes producidos por el grupo acidogénico, transformándolos en metano y dióxido de carbono, fundamentalmente, con reducción notable en la producción de olores molestos.

El aspecto vital que se debe comprender en este tema, es que las bacterias productoras de metano (metanogénicas) son las responsables de la estabilización o degradación de la materia orgánica, por lo que no se lograría eficiencia alguna en una planta de tratamiento anaeróbica a menos que hayan aparecido en cantidad y calidad adecuadas, las bacterias metanogénicas. Por lo tanto, la eficiencia sanitaria en la remoción de carga orgánica por parte del sistema biológico, dependerá de la adecuada operación de la fase metanogénica en el reactor anaeróbico. Esta condición se cumplirá a su vez, si se ha presentado una adecuada actividad acidogénica previa. A lo anterior debe agregarse, que las bacterias metanogénicas son de lento crecimiento y muy susceptibles a las variaciones bruscas de temperatura, no así las acidogénicas. Esta es una de las razones por las cuales es fundamental controlar las condiciones de operación en los reactores anaeróbicos, de lo contrario se producirá exceso de ácido con deterioro de la eficiencia sanitaria. Esta situación explica también, que durante el arranque y operación inicial del tratamiento anaeróbico, la producción de olores molestos será mayor, acompañado por una acidificación del agua (descenso del pH) y una pobre eficiencia en remoción de contaminación orgánica.

Etapas metabólicas en la descomposición de materia orgánica a metano y dióxido de carbono



Los procesos de tratamientos biológicos se pueden clasificar también según el estado en que se encuentren las bacterias responsables de la degradación. Cuando la biomasa bacteriana está soportada sobre superficies inertes tales como rocas, escoria, material cerámico o plástico o incluso cuando la propia biomasa forma un manto de pellets, se habla de lecho fijo (filtros percoladores, biodiscos, filtros anaeróbicos, reactor anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos, etc), mientras que cuando la misma se encuentra suspendida en forma de floculos en el residual se habla de procesos de crecimiento suspendido (lodos activados, canales de oxidación, lagunas aireadas, etc).

Tratamientos Terciarios: Son tratamientos de pulimento para eliminar de los efluentes determinadas sustancias por requerimientos de vertido. Incluyen:

- Procesos de oxidación y de reducción (destrucción o transformación de materia orgánica y compuestos inorgánicos oxidables).
- Procesos de precipitación química: eliminación de metales y aniones inorgánicos.
- Arrastre con aire o vapor (stripping): eliminación de compuestos volátiles.
- Procesos de membrana (ósmosis inversa, ultrafiltración, electrodiálisis, etc).
- Procesos de intercambio iónico: eliminación de especies disueltas y coloides en su caso.
- Procesos de adsorción con carbón activo: eliminación de compuestos orgánicos.
- Procesos de eliminación de nutrientes, tales como las lagunas de maduración (también contribuyen a la remoción de organismos patógenos) y los procesos de nitrificación denitrificación.

Desinfección: Se utiliza para eliminar los organismos patógenos. El método más usado es el de la cloración, aunque se pueden emplear también las radiaciones ultravioletas y la ozonización.

Tratamiento de lodos: Los lodos se originan por la concentración de los contaminantes a lo largo del proceso de tratamiento del agua residual y se caracterizan por tener de un 2 a un 5% de material sólido y el resto de agua. El objetivo de su tratamiento es el de reducir el volumen y el de estabilizar los lodos disminuyendo su facultad de fermentación. Se emplean técnicas de concentración, destrucción de la materia orgánica, acondicionamiento y deshidratación de los lodos.

Por otra parte, para los residuales que se caracterizan por contener fundamentalmente contaminantes inorgánicos, como los de talleres galvánicos, residuales cianurados, residuales que contienen metales pesados, etc, se emplean métodos de tratamiento específicos como la neutralización, la precipitación, el empleo de sustancias químicas que reaccionan con el contaminante, eliminándolo del residual o reduciendo el problema que genera.

En este Capítulo se explicarán con más detalles aquellos órganos y sistemas de tratamiento que se utilizan con mayor frecuencia en el país, como son: la fosa y el tanque séptico para los residuales albañales, las trampas de grasas para los hidrocarburos y otras grasas y las lagunas de oxidación que pueden ser utilizadas, tanto para el tratamiento de los residuales albañales como para los residuales porcinos u otros residuales con altas cargas de materia orgánica.

Fosa Séptica.

La fosa séptica consiste en una fosa cubierta, con paredes perforadas o de juntas abiertas, la cual recibe al residual. Este sistema es el método más económico y fácil de construir para el tratamiento y disposición de albañales. Ocasionalmente la fosa puede contar con una tubería de salida del residual si este se va a disponer mediante algún método sub-superficial.

La fosa recibe el residual a través de una tubería de entrada, su forma es generalmente cilíndrica y sus dimensiones oscilan entre los 2 y 4 m de profundidad y los 2 m de diámetro. Las paredes son construidas con bloques o piedra por debajo del nivel de la tubería de entrada para permitir la percolación del residual sedimentado fuera de la fosa en el suelo circundante. La fosa es cubierta con una tapa de madera, metal o concreto para impedir la caída de personas u animales dentro de ella, posteriormente es cubierta con una capa de 15 a 30 cm de suelo.

Este órgano no debe ser usado donde existen fuentes de abasto de agua subterráneas. Se deben ubicar a no menos de 60 a 150 m, aguas abajo de estas fuentes. **En todos los casos el fondo de la fosa debe estar al menos, 1.2 m por encima del nivel más alto de las aguas subterráneas.**

Las fosas pueden presentar fallas en su funcionamiento cuando se llenan de lodo o cuando reciben un flujo superior al de diseño.

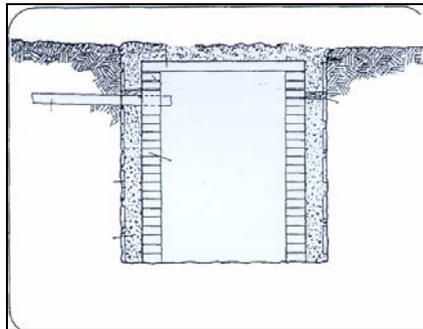


Figura 3. Fosa Séptica. Tomado de Water for de World. Technical Note No. SAN.2.M

Tanque Séptico.

El costo de este sistema (tanque séptico – sistema de infiltración) es de 1.5 a 2 veces el costo de la fosa séptica y requiere de un trabajo más especializado y materiales más caros para su construcción. Este sistema está constituido por un tanque para la sedimentación del residual y un sistema de infiltración y se utiliza fundamentalmente para el tratamiento de los residuales generados por comunidades pequeñas.

El sistema consiste en un tanque soterrado hecho de concreto, ladrillos o acero con una capacidad de 1.1 a 3.8 m³, o más. El tanque recibe el residual a través de una tubería de entrada y este permanece en el tanque durante un determinado tiempo de retención, descargándose entonces el residual sedimentado a un sistema de disposición sub-superficial.

El tiempo de retención oscila de 24 a 72 horas. Durante este tiempo ocurre algún tratamiento del material biodegradable presente en el residual, así como una separación de los sólidos en suspensión que sedimentan al fondo del tanque, donde son estabilizados parcialmente por la acción bacteriana. El tanque cuenta con la posibilidad de extraer los sólidos depositados para la limpieza del mismo. Normalmente las tuberías de entrada y salida cuentan con una "T" para impedir la turbulencia que afecta la sedimentación.

La eficiencia del proceso que ocurre en el tanque séptico depende de la velocidad de flujo y de las características del residual. Cuando se logra mantener un tiempo de residencia de 24 horas, se alcanza una remoción del 50% de los sólidos y de un 30-60% de la materia orgánica. En ocasiones este órgano de tratamiento se combina con un filtro anaeróbico para tratar al efluente del mismo.

El sistema de disposición sub-superficial consiste en una fosa, pozo o un campo estrecho o una trinchera de 0.6 a 1.0 m de profundidad, atravesada por una tubería perforada o con las juntas abiertas, en un lecho de grava y cubierta con suelo. Este sistema acepta el residual sedimentado y lo dispersa sobre el área del sistema de disposición para que percole en el suelo. El área necesaria para este sistema depende de la cantidad de residual y el tipo de suelo.

El tanque séptico se debe limpiar con una frecuencia de una vez cada 2 a 6 años, en dependencia del tipo y el tiempo de residencia del residual, para impedir que el lodo acumulado pase al sistema de disposición, obstruyéndolo y disminuyendo la vida útil del mismo.

Para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, el fondo del campo de absorción tiene que estar al menos, 1.2 m por encima del nivel más alto de las aguas subterráneas. Un sistema combinado tanque séptico- disposición sub-superficial, bien diseñado, operado y con el mantenimiento adecuado puede durar de 10 a 20 años o más.

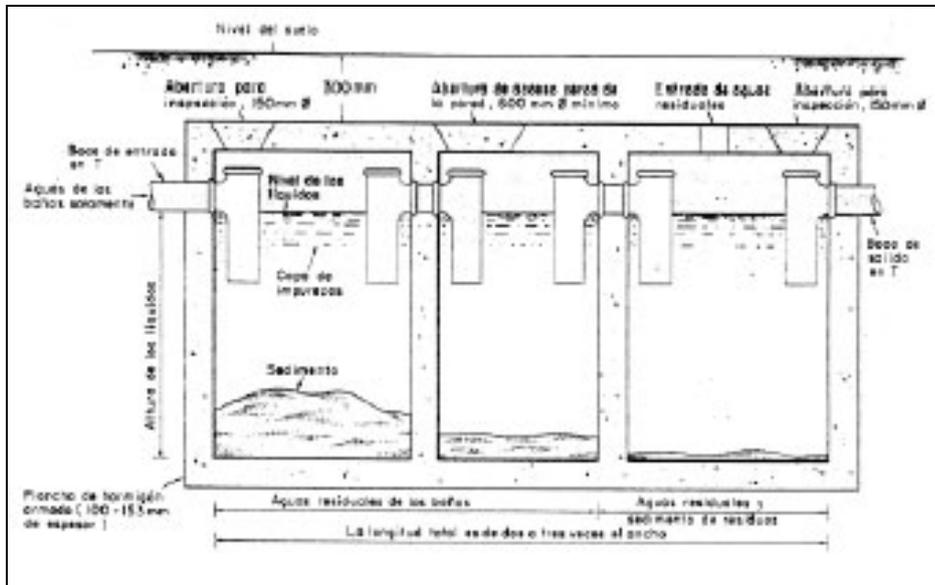


Figura 4. Tanque séptico. Tomado de Marsill 2005.

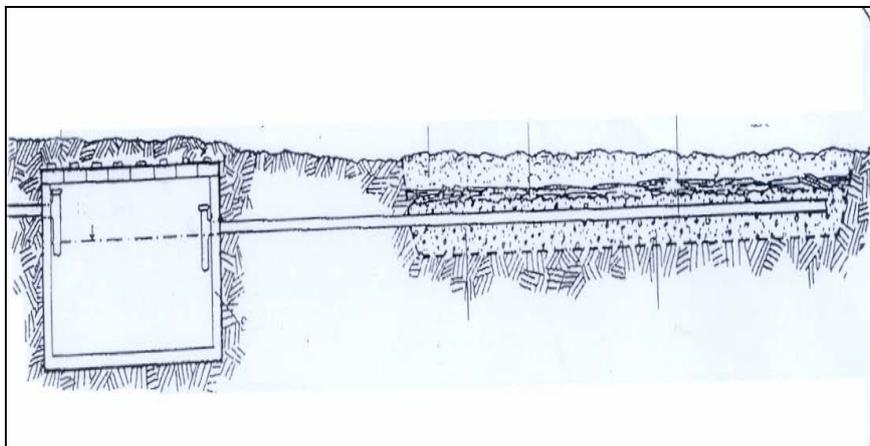


Figura 5. Tanque Séptico acoplado a sistema sub-superficial (trinchera). Tomado de Water for de World. Technical Note No. SAN.2.M.

El tanque séptico debe ser revisado al menos, una vez al año, para determinar si requiere de limpieza, debiéndose chequear que la altura del lodo no sea superior a 1/3 de la profundidad del líquido y que el fondo de la capa flotante, esté separado al menos 7.5 cm del fondo de la toma de la tubería de salida.

Para medir la altura del lodo se enrolla un tela coloreada en el extremo de una vara de madera de 2.5 m, la vara se introduce por la "T" de salida y se espera unos minutos para

extraerla lentamente. La profundidad del lodo puede ser determinada y diferenciada de la del residual por las partículas oscuras que se adhieren a la tela.

Para medir el espesor de la capa flotante, se utiliza una vara de madera de 2 m de largo en cuyo extremo se fija una plancha de madera de 15x15 cm. La vara se baja lentamente atravesando la película flotante y se va elevando lentamente hasta que se sienta el fondo de esta capa, la cual ofrecerá una resistencia mayor que el líquido. Marque en la vara con un lápiz cuando la plancha de madera toque la parte inferior de la capa, usando el mismo procedimiento, localice el fondo de la "T". La distancia entre las dos marcas es la misma que hay entre el fondo de la capa y la "T". En las figuras 6 y 7 que aparecen a continuación se muestra como realizar ambas mediciones.

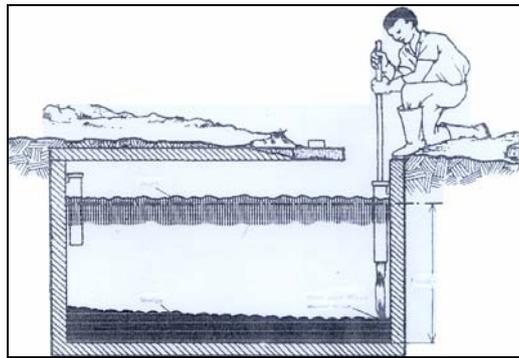


Figura 6. Medición de la altura del lodo. Tomado de Water for de World. Technical Note No. SAN.2.0.3.

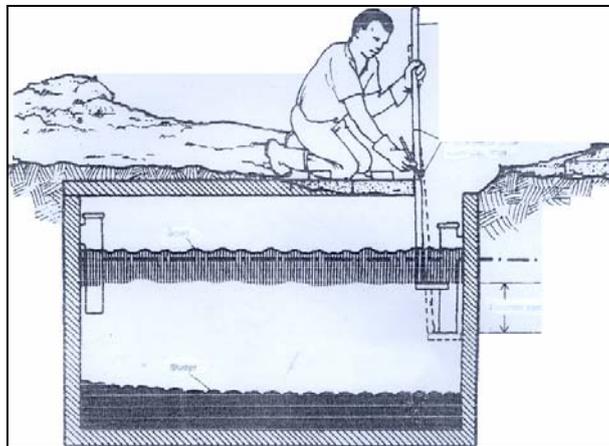


Figura 7. Medición del espesor de la capa flotante. Tomado de Water for de World. Technical Note No. SAN.2.0.3.

Trampa de grasa.

Este órgano se emplea, tanto para remover los hidrocarburos y grasas asociadas, como los aceites y grasas que se generan en las cocinas y comedores. Consiste básicamente en un recipiente diseñado para que la entrada y salida de residual ocurra por la parte inferior del

nivel del líquido, garantizando que los hidrocarburos y grasas, que flotan en la superficie del residual, sean retenidos dentro de la trampa.

Las trampas de grasa deberán ubicarse próximas a los puntos de descarga de los residuales grasosos, y por ningún motivo deberán ingresar aguas residuales provenientes de los servicios sanitarios. Deberán proyectarse de modo que sean fácilmente accesibles para su limpieza y la eliminación o extracción de las grasas acumuladas.

La capacidad mínima de la trampa de grasa debe ser de 300 litros. En el caso de grandes instalaciones como hospitales o restaurantes que atiendan a más de 50 personas, se deberá considerar la instalación de dos trampas de grasa.

Características de la trampa de grasa:

a) La relación largo: ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar entre 2:1 a 3:2.

b) La profundidad no deberá ser menor a 0,80 m.

c) El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de un codo de 90° de un diámetro mínimo de 75 mm. La salida será por medio de una "T" con un diámetro mínimo de 75 mm.

d) La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel de líquido.

e) La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0,05 m.

f) La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.

g) La parte inferior de la tubería de salida deberá estar a no menos de 0,075 m ni a más de 0,15 m del fondo.

h) El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0,30 m.

i) La trampa de grasa deberá ser de forma tronco cónica o piramidal invertida con la pared del lado de salida vertical. El área horizontal de la base deberá ser de por lo menos 0,25 x 0,25 m por lado o de 0,25 m de diámetro. El lado inclinado deberá tener una pendiente entre 45° a 60° con respecto a la horizontal.

- *Bajo consumo de energía.*
- *Alta eficiencia de remoción de organismos patógenos (la mayor de todos los sistemas de tratamiento biológicos de residuales), cuando se diseña con los tiempos de retención apropiados y se opera y mantiene correctamente.*
- *La calidad de sus efluentes es comparable con la producida por cualquier planta de tratamiento convencional.*

Los sistemas de lagunas de oxidación tienen como gran desventaja que se requieren de grandes áreas para su construcción, si se compara con otros sistemas más intensivos. Además los efluentes presentan altas concentraciones de algas.

Su principio de funcionamiento se basa en la oxidación de la materia orgánica mediante procesos aeróbicos, en los que intervienen de forma combinada bacterias, algas y otros organismos, que oxidan la materia orgánica a CO₂, consumiendo oxígeno. Las algas, por su parte, utilizan fotosintéticamente el CO₂, produciendo nuevas células y liberando oxígeno. Los sólidos que se depositan en el fondo sufren procesos anaeróbicos, que remueven también materia orgánica, desprendiendo gases.

Clasificación de las lagunas, de acuerdo a su diseño (carga orgánica).

- *Lagunas anaeróbicas: Se diseñan para reducir la carga orgánica sedimentable y generalmente se emplean como pre tratamiento de residuales con altas cargas de materia orgánica, como los porcinos, con vistas a reducir las necesidades posteriores de área de tratamiento. El tiempo de retención varía entre 3 y 7 días, la carga volumétrica entre 190 y 400 g DBO₅/m³/d y las profundidades entre 4 y 6 m. Se requiere la extracción de los sólidos sedimentados después de un cierto período de operación. Se estima que se alcanza una reducción de un 40-60% de sólidos volátiles. La eficiencia de estas lagunas oscila entre el 40-80% de la DBO₅.*
- *Lagunas facultativas: Cuentan con una zona superior aeróbica de un espesor de 25 cm, aunque en países tropicales puede ser mayor, la zona cercana al fondo anaeróbica y una capa intermedia facultativa. Operan con cargas orgánicas entre 180-300 kg DBO₅/ha/día, con profundidades entre 2.0-2.5 m. El tiempo de retención varía entre 12 y 20 días. Se alcanzan eficiencias de DBO₅ entre 70-90%. El efluente se caracteriza por su alto contenido de algas.*
- *Lagunas aeróbicas: Son lagunas de poca profundidad (0.3-1.0 m), con presencia de oxígeno disuelto en todo su volumen. Operan con tiempos de retención entre 3 y 5 días. Los mayores problemas se presentan con los altos contenidos de algas.*

Otros órganos de tratamiento y de disposición final de residuales:

- *Cámaras de rejillas: Conjunto de barras paralelas colocadas en canales, diseñadas para la retención de sólidos groseros.*

La distancia o la abertura de las barras de las rejillas dependen del tamaño de las partículas que se desean retener y eliminar mediante esta operación y de su limpieza, la cual puede hacerse de forma manual o mecánica.

Las rejillas pueden clasificarse de acuerdo a su colocación en fijas o móviles; por la sección transversal de sus barras en cuadradas, rectangulares, circulares o

aerodinámicas; por el tamaño de la materia que se desea remover en microrejillas, finas (0.1 - 1.5 cm), medianas (1.5 - 2.5 cm) y gruesas (2.5 - 5.0 cm); y, de acuerdo con su forma de limpieza en manuales o mecánicas. En países en vías de desarrollo las rejillas más utilizadas son las de limpieza manual, fijas o móviles y de tamaño mediano o grueso. Generalmente están formadas por barras de hierro. Éstas permiten el paso de papeles, excretas y materiales finos, reteniendo en cambio materias de mayor tamaño, como piedras, palos, etc.

El canal en el que se encuentra la reja debe diseñarse de tal manera que la velocidad de las aguas residuales no se reduzca a menos de 0.60 m/s para evitar la sedimentación de materiales pétreos. Las rejillas cuentan con una plataforma o charola perforada ubicada encima de ellas, la cual se utiliza para facilitar el proceso de limpieza de las rejillas. La charola debe perforarse para impedir la acumulación de agua en su superficie y permitir que la misma escurra y regrese al canal. En pequeñas plantas el material recogido se transporta en carretillas u otros dispositivos móviles, mientras que en plantas más grandes lo trasladan mediante bandas transportadoras. Las plantas de gran magnitud cuentan con sistemas mecánicos de limpieza. Los residuos recolectados se disgregan mediante el empleo de trituradores para posteriormente escurrirlos o incinerarlos.

El número de rejillas depende del criterio del ingeniero; sin embargo, por cuestiones de mantenimiento es recomendable instalar 2 o más rejillas. Las barras de una reja de limpieza manual se colocan con un ángulo de 70°. Los desechos removidos por las rejillas son materiales que tienden a pudrirse, por lo que es necesario removerlos y disponerlos de forma adecuada.

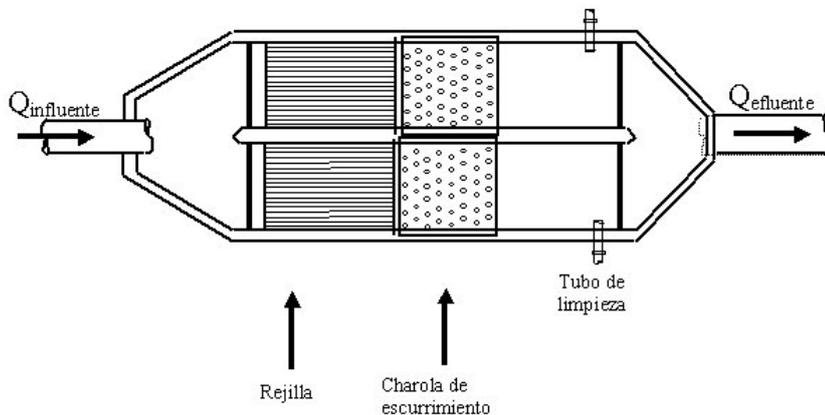


Figura 9. Vista en planta de una cámara de rejillas. Tomada de Allende, 2001.

- *Tamices:* Paneles o planchas perforadas o ranuradas. Se utilizan para la separación de los sólidos con un tamaño superior al de sus orificios o ranuras.
- *Desarenador:* Canal diseñado para reducir la velocidad del residual y mantenerla constante, con independencia del flujo, con el objetivo de separar por sedimentación las arenas. Si está bien diseñado y es correctamente operado debe retener las arenas, pero no debe permitir que ocurra la sedimentación del material orgánico en suspensión. Son operados con velocidad de flujo constante del orden de 0,30 m/s, con un tiempo de permanencia de 1 a 2 minutos, normalmente se componen de dos canales en paralelo, para posibilitar la limpieza, equipados con un vertedero de salida de ecuación lineal

(altura de agua proporcional al caudal). Generalmente, van provistos de un canal de almacenamiento, de limpieza manual.

- *Trampas de sólidos:* Dispositivos utilizados para la retención de sólidos de determinado tamaño que sedimentan y se retienen en la trampa.
- *Sedimentador:* Se diseña para la separación física de los sólidos suspendidos, mediante la acción de la gravedad sobre las partículas en suspensión, más pesadas que el agua. Requiere de la eliminación de la materia que se acumula en su superficie y fondo. Se puede utilizar como sistema primario de tratamiento y también para mejorar las características de residuales ya tratados, por ejemplo en el caso de los lodos activados y los filtros percoladores. Generalmente se diseñan con tiempos de retención de 1 a 2 horas, con el objetivo de impedir la digestión de los sólidos sedimentados.
- *Tratamientos anaeróbicos:* Se utilizan fundamentalmente para residuales con altas concentraciones de materia orgánica y para lodos, aunque en algunos casos se pueden emplear para residuales más diluidos como por ejemplo el filtro anaeróbico de flujo ascendente que se utiliza usualmente después de un tanque séptico y consiste en un lecho de piedra u otro material inerte al cual se aplica el residual. El residual se trata por filtración física y mediante un tratamiento biológico anaeróbico, al degradar una parte de la materia orgánica, las bacterias que conforman una película alrededor del medio filtrante.

Dentro de los tratamientos anaeróbicos se pueden mencionar a los digestores anaeróbicos convencionales, de alto uso en el tratamiento de excretas, los filtros anaeróbicos, los digestores anaeróbicos de lodos, los digestores anaeróbicos de flujo ascendente con manto de lodos, las lagunas anaeróbicas, etc.

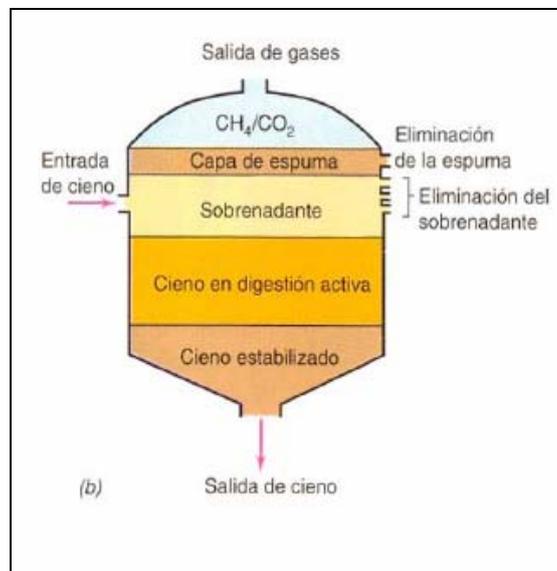


Figura 10. Digestor anaeróbico convencional.

- *Filtro Percolador:* Es un sistema de tratamiento biológico aeróbico, compuesto por un lecho filtrante (natural o sintético), cubierto por una película de microorganismos. Consta además de un sistema de distribución de flujo (brazo rotatorio) para la distribución del afluente y de un sistema de drenaje que permite la descarga del residual tratado y la