





Toxicología Ambiental

María del Carmen Vallejo Rosero
Carlos Alberto Baena López

Efectos de los contaminantes
ambientales en la salud humana

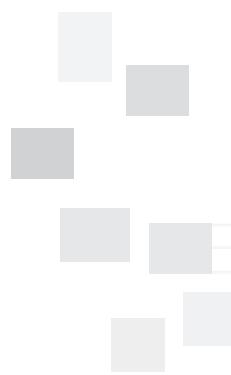
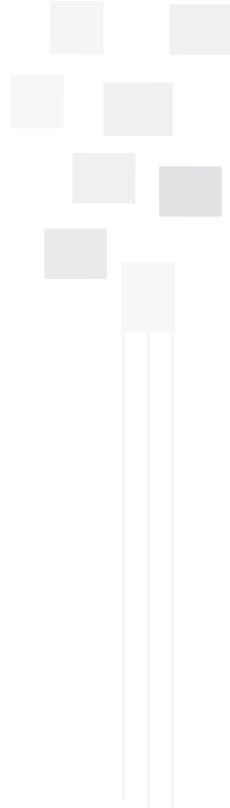
Segunda edición ampliada y revisada:
Junio de 2007

ISBN:

Composición / Diagramación:
Diana L. García Sánchez
Andres M. Clavijo Velandia

Impreso en Colombia por:
Hypergraph
Printed in Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, incluido el diseño tipográfico y de portada, sea cual fuere el medio, electrónico o mecanico, sin el consentimiento por escrito de los editores.



CONTENIDO



Presentación	19
--------------	----

Capítulo 1	
Ambiente y salud	25

1.1 El estado del ambiente y de la salud en Bogotá	30
1.1.1 Contaminación del aire	31
1.1.1.1 Salud pública y contaminación atmosférica	34
1.1.1.2 Estudios de Caso en Bogotá	37
1.1.1.2.1 Alérgenos y la salud respiratoria	37
1.1.1.2.2 ERA y Neumonías	38
1.1.1.3 Perspectiva para el futuro	41
1.1.2 Cambio climático	42
1.1.2.1 El cambio climático y la concentración de contaminantes atmosféricos	42
1.1.3 Destrucción de la capa de ozono estratosférico	44
1.1.4 Ruido	44
1.1.5 Contaminación visual	47
1.1.6 Contaminación del agua	48
1.1.6.1 Sistema Hídrico de Bogotá y efectos en la salud humana	53
1.1.6.1.1 Río Bogotá	54
1.1.6.1.2 Río Fucha	55
1.1.6.1.2.1 Acciones en el Río Fucha	55
1.1.6.1.3 Río Tunjuelo	58
1.1.6.2 Sistema de humedales en el Distrito Capital	59
1.1.6.2.1 Problemática de los Humedales	61
1.1.6.2.2 Humedal de la Vaca y Jaboque	62
1.1.7 Residuos sólidos	68
1.1.7.1 Composición y caracterización de los residuos	72
1.1.7.2 Efectos en la salud e impactos sobre el ambiente	74
1.1.7.2.1 Efectos en la salud pública	74
1.1.7.2.2 Los efectos ambientales de los residuos sólidos	78
1.1.7.3 Sistemas de disposición final	83

1.1.7.4	Aprovechamiento de los residuos sólidos	86
1.1.8	Residuos peligrosos e infecciosos	88
1.1.8.1	Legislación	88
1.1.8.2	Residuos anatomo-patológicos, infecciosos y peligrosos alrededor de los cementerios, funerarias y centros de salud en Bogotá	89
1.1.8.3	Clasificación de los residuos infecciosos	91
1.1.8.4	Resultados de la caracterización de residuos sólidos y líquidos peligrosos en sitios como cementerios, medicina legal y funerarias	95
1.1.8.5	Afectaciones y consecuencias que se puede evitar con un adecuado manejo y disposición final de los residuos infecciosos.	99
1.1.9	Contaminación electromagnética	101
1.1.9.1	Efectos de las radiaciones no ionizantes sobre la salud pública	102
1.1.9.2	Estudio de caso	103
1.2	Otras iniciativas para la salud ambiental en Bogotá	104
1.2.1	Creación de ciudadelas ambientales con desarrollo inteligente	104
1.2.1.1	Componentes de las ciudadelas ambientales	104
1.2.1.1.1	Cultura ambiental en Bogotá	104
1.2.1.1.2	Ecoturismo	108
1.3	Acciones políticas para la salud ambiental de Bogotá por el Movimiento Político MIRA	110
1.4	Bibliografía	117

Capítulo 2

Conceptos básicos de toxicología Ambiental

2.1	Definición de términos toxicológicos	124
2.2	Campos de la Toxicología	153
2.2.1	Toxicología Ambiental.	154
2.2.2	Toxicología Ocupacional (industrial).	154
2.2.3	Toxicología Reglamentaria.	154
2.2.4	Toxicología Descriptiva.	154

2.2.5	Toxicología de Alimentos.	155
2.2.6	Toxicología Clínica.	156
2.2.7	Toxicología Forense.	156
2.2.8	Toxicología Analítica.	156
2.2.9	Toxicología Bélica.	156
2.2.10	Toxicología de la Radiación.	156
2.2.11	Toxicología Genética.	157
2.2.12	Toxicología Inmunológica o Inmunotoxicología.	157
2.2.13	Toxicología Neurológica o Neurotoxicología.	157
2.3	Clasificación de los agentes tóxicos.	158
2.3.1	Por su origen	158
2.3.2	Naturales o Antropogénicos	158
2.3.3	Por su estado físico	159
2.3.4	Por su estructura química	159
2.3.5	Por el efecto que producen en el organismo	159
2.3.6	Por la selectividad sistémica del tóxico	161
2.3.7	Tóxicos según su mecanismo de acción	162
2.3.8	Por su principal utilización	162
2.3.10	Según el interés de las comunidades	162
2.4	Vías de ingreso de los tóxicos al organismo	163
2.4.1	Vía oral, o por ingestión	163
2.4.2	Vía respiratoria o inhalatoria (Inhalación por la boca o por la nariz)	164
2.4.3	Vía dérmica o por contacto cutáneo	166
2.4.4	Vía parenteral o por perforación de la piel (Inyección)	167
2.5	Dosis y concentraciones	167
2.5.1	Dosis	167
2.5.2	Concentraciones	169
2.5.3	Niveles y concentraciones permisibles	170
2.5.4	Sustancias acumulativas	172
2.6	Magnitud de la exposición a sustancias tóxicas	173
2.6.1	Marcadores biológicos	174
2.6.1.1	Marcadores biológicos de exposición.	175
2.6.1.2	Marcadores biológicos de efecto	176

2.6.1.3	Marcadores biológicos de susceptibilidad	176
2.6.2	Uso de los marcadores biológicos	177
2.7	Intoxicaciones. Clasificación	177
2.7.1	Según su origen	178
2.7.2	Según la dosis y el tiempo de aparición de los síntomas	180
2.7.3	Efectos a largo plazo	180
2.8	Bibliografía	182

Capítulo 3

Toxicidad y Ecotoxicidad

3.1	Toxicidad	187
3.2	Ecotoxicidad	187
3.3	Factores involucrados en la toxicidad de una sustancia	187
3.3.1	Factores que dependen de la sustancia	188
3.3.1.1	Estado físico, estructura química y propiedades físico-químicas	189
3.3.1.2	Dosis	195
3.3.1.3	Vías de ingreso	196
3.3.1.4	Magnitud de la Exposición	196
3.3.1.5	Toxicocinética	196
3.3.1.5.1	Absorción	198
3.3.1.5.2	Distribución y acumulación	203
3.3.1.5.3	Metabolismo (biotransformación)	206
3.3.1.5.4	Excreción	209
3.4	Factores que dependen de los organismos expuestos	211
3.4.1	Edad	211
3.4.2	Sexo	212
3.4.3	Susceptibilidad de la población expuesta	212
3.4.3.1	Alteración del sistema inmunológico	213
3.4.3.2	Factores genéticos	214
3.4.4	Enfermedades presentes o secuelas de pasadas	214
3.4.5	Dieta y estado nutricional	216
3.5	Factores ambientales que influyen en la toxicidad	217
3.6	Clases de toxicidad	218
3.6.1	Estudios a corto plazo, subcrónicos, crónicos y especiales. Parámetros y rangos. Clasificación toxicológica de las sustancias.	219

3.6.2	Enfoque actual para la clasificación toxicológica de las sustancias	223
3.6.3	Evaluación de riesgos para la salud humana	232
3.7	Bibliografía	235

Capítulo 4
Efectos Tóxicos 237

4.1	Generalidades	239
4.2	Principales efectos producidos por los agentes tóxicos en la salud humana	239
4.2.1	Efectos locales y sistémicos	239
4.2.2	Efectos tóxicos agudos	241
4.2.2.1	Efecto corrosivo	241
4.2.2.2	Efectos reversibles	241
4.2.2.3	Efecto irreversible	241
4.2.2.4	Efectos tóxicos tardíos	242
4.2.2.5	Alergias	242
4.2.2.6	Interacción de agentes químicos	243
4.2.2.7	Intoxicaciones	246
4.2.3.	Efectos a largo plazo	246
4.2.3.1	Neurotoxicidad.	247
4.2.3.2	Efectos genotóxicos y no genotóxicos	250
4.2.3.3	Tóxicos del desarrollo. Teratogenecidad	274
4.2.3.4	Hepatotóxicos (tóxicos del hígado)	276
4.2.3.5	Efectos respiratorios	277
4.2.3.6	Efectos en la reproducción	277
4.2.3.7	La amenaza de los disruptores endocrinos	278
4.3	Bibliografía	283

Capítulo 5
Contaminación Ambiental 285

5.1	Enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental	287
5.2	Interrelación del hombre con los componentes ambientales	288

5.3	Problemática ambiental de orden mundial	289
5.3.1	Calentamiento global y sus consecuencias	291
5.3.2	Destrucción de la capa de ozono	296
5.3.3	Lluvia ácida	299
5.3.4	Compuestos no degradables	301
5.3.5	Materiales radiactivos	302
5.3.6	Derrames de petróleo	302
5.4.	Problemática ambiental del país	302
5.4.1	Deforestación	303
5.4.2	Fumigación de cultivos ilícitos	303
5.4.3	Falta de tecnologías limpias y falta de control en el sector productivo	303
5.4.4	Falta de acueductos, alcantarillados y rellenos sanitarios	304
5.4.5	Contaminación de cuerpos de agua	304
5.4.6	Contaminación por ruido	305
5.5	Clases de contaminación ambiental	307
5.5.1	Contaminación biológica	307
5.5.2	Contaminación física	308
5.5.2.1	Temperaturas extremas	308
5.5.2.2	Contaminación por ruido. Ver, Problemas Ambientales del País	309
5.5.2.3	Contaminación electromagnética	309
5.5.2.4	Contaminación radiactiva	311
5.5.3	Contaminación química	315
5.5.3.1	Desastres químicos ocurridos en el mundo	316
5.5.3.2	Mayores contaminantes químicos del país	320
5.5.3.4	Sustancias químicas peligrosas	323
5.6	Bibliografía	329
Capítulo 6		
Riesgo Ambiental		333
6.1	Evaluaciones del riesgo ambiental	335
6.1.1	Evaluación toxicológica para humanos	338
6.1.2	Evaluación toxicológica para organismos ambientales	340
6.1.2.1	Paso I. Estudios de ecotoxicidad aguda	341

6.1.2.2	Criterios que sustentan la necesidad de pasar a la 2 ^a . Fase de evaluación	342
6.1.3	Parámetros y rangos ecotoxicológicos necesarios para la evaluación del riesgo ambiental producido por las sustancias (Environmental Protection Agency. USA. EPA)345	
6.2	Evaluación del potencial de exposición	348
6.2.1	Propiedades fisicoquímicas de las sustancias que determinan su cinética ambiental	349
6.3	Definición del riesgo que pueden ocasionar los contaminantes en los organismos ambientales	356
6.4	Bibliografía	358
Capítulo 7		
Contaminación del aire		361
7.1	Fuentes emisoras de la contaminación del aire y principales contaminantes	371
7.1.1	Emisión de contaminantes por fuentes móviles	372
7.1.2	Emisión de contaminantes por fuentes fijas	374
7.2	Contaminantes de primer y segundo orden emitidos por fuentes fijas y móviles	375
7.3	Contaminantes criterio	378
7.3.1	Estado físico de los contaminantes-criterio	379
7.3.2	Contaminantes criterio reglamentados en el país	381
7.4	Otros contaminantes nocivos para la calidad del aire	382
7.4.1	Compuestos orgánicos volátiles “COVs”	383
7.4.2	Grupos de sustancias tóxicas emitidas al aire a través de procesos industriales	383
7.5	Emisiones atmosféricas de contaminantes en el país	384
7.5.1	Contaminantes criterios emitidos por la flota vehicular	385
7.5.2	Emisión de contaminantes atmosféricos por el consumo de combustibles	386

7.6	Efectos tóxicos según el tipo de contaminante atmosférico	387
7.6.1	Efectos de la mezcla de NOx, SOX, O3 y material particulado	392
7.6.2	Efectos en la salud del Monóxido de carbono (C0)	394
7.6.3	Dióxido de azufre (SO2)	396
7.6.4	Ozono (O3)	397
7.6.5	Dióxido de nitrógeno (NO2)	399
7.7	Otros emisores industriales de material particulado además de las fuentes fijas y móviles	400
7.8	La importancia del Monitoreo de partículas “PM 2.5”	401
7.9	Normas nacionales para el control de la calidad del aire	403
7.10	Niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación atmosférica	405
7.11	Calidad de los combustibles utilizados en Colombia	406
7.12	Aceites lubricantes usados	410
7.13	Bibliografía	412

Capítulo 8
Contaminación Ambiental por Compuestos Volátiles y Liposolubles **415**

8.1	Hidrocarburos alifáticos saturados, alifáticos no saturados y cílicos saturados y no saturados	418
8.1.1	Hidrocarburos alifáticos saturados o parafinas	418
8.1.2	Hidrocarburos alifáticos no saturados	422
8.1.3	Hidrocarburos cílicos saturados y no saturados	422
8.1.4	Hidrocarburos aromáticos	423
8.2	Composición de algunos derivados del petróleo	424
8.3	Efectos agudos y crónicos de los hidrocarburos derivados del petróleo y de los demás solventes	424
8.4	Impacto en la salud humana y ambiente por los derrames de petróleo	427
8.5	Bibliografía	429

**Capítulo 9
Contaminación Ambiental por Compuestos
Orgánicos Persistentes 431**

9.1	Compuestos químicos persistentes objetivo del Convenio de Estocolmo, propiedades y efectos en la salud y medio ambiente	433
9.1.1	Insecticidas organoclorados	436
9.1.2	Bifenilos policlorados (PCBs), Usos, Propiedades, Exposición, Efectos tóxicos, tratamiento, Sustitutos	437
9.1.2.1	Uso y almacenamiento de Bifenilos Policlorados en el Sector eléctrico	444
9.1.3	Dioxinas y furanos. Generación de emisiones, Propiedades físico-químicas y toxicológicas, efectos	445
9.1.3.1	Efectos sobre organismos ambientales	450
9.1.3.2	Factores de equivalencia tóxica de las dioxinas	451
9.1.3.3	Liberación no intencionada de dioxinas y furanos en algunos sectores productivos sin la suficiente capacidad nacional para monitorearlos y controlarlos	452
9.2	Otros compuestos orgánicos persistentes que no hacen parte de los COP	453
9.2.2	Plásticos. Monómeros y aditivos, Efectos ambientales y humanos	459
9.2.2.1	Gestión de los residuos plásticos. El reciclaje	469
9.2.3	Jabones y detergentes. Efectos ambientales	471
9.3	Bibliografía	480

**Capítulo 10
Contaminación por Compuestos
Inorgánicos Persistentes 483**

10.1	Fuentes de los metales	485
10.2	Metales potencialmente tóxicos para el ser humano	489
10.2.1	Plomo	490

10.2.2	Mercurio	496
10.2.3	Arsénico	502
10.2.4	Cadmio	507
10.3	Otros compuestos inorgánicos persistentes. Asbesto	510
10.3.1	Contaminación ambiental con asbestos	510
10.4	Bibliografía	517

Capítulo 11
Los plaguicidas, su Impacto en la salud y
Medio ambiente **521**

11.1	Diferentes formas de clasificación de los plaguicidas	524
11.2	Usos diferentes de los plaguicidas	527
11.3	Población expuesta y grado de exposición	532
11.4	Efectos de los plaguicidas en la salud humana y el ambiente	535
11.5	Formas de aplicación de los plaguicidas	536
11.5.1	Efectos adversos de los plaguicidas	540
11.6	Toxicidad para los humanos y otros organismos vivos	543
11.7	Grupos de plaguicidas de mayor riesgo para la salud humana y el ambiente	549
11.7.1	Grupo de herbicidas de mayor riesgo	550
11.7.2	Grupo de insecticidas de mayor riesgo	555
11.7.3	Grupo de fungicidas de mayor riesgo	560
11.8	Contaminación de alimentos por residuos tóxicos de los plaguicidas	562
11.9	Plaguicidas y nutrición	563
11.10	Resumen de los problemas humanos y ambientales que producen los plaguicidas.	564
11.11	Alternativas	565
11.12	Bibliografía	566

Capítulo 12
Contaminación del agua **569**

12.1	Contaminantes biológicos y microbiológicos	572
12.2	Contaminantes químicos	573

12.2.1	Contaminantes químicos inorgánicos: metales y asbesto	574
12.2.2	Contaminantes químicos orgánicos presentes en el agua	574
12.3	Contaminación Marina	577
12.3.1	Fuentes de contaminación	577
12.4	Acciones e instrumentos de manejo y protección para prevenir la contaminación	582
12.5	Bibliografía	586
Capítulo 13 Contaminación de suelos		589
13.1	Composición y propiedades de los suelos	591
13.2	Contaminación de los suelos	595
13.2.1	Agentes contaminantes del suelo y su procedencia	597
13.2.2	Efectos tóxicos derivados de la contaminación de los suelos	605
13.3	Bibliografía	606
Capítulo 14 Residuos Peligrosos		607
14.1	Generalidades de la contaminación con residuos y desechos peligrosos	609
14.2	Problemática de los residuos y desechos peligrosos (RESPEL) en Colombia	611
14.3	Generación de los residuos y desechos peligrosos	613
14.5	Control de residuos peligrosos	625
14.6	Propiedades y características de peligrosidad de los residuos	627
14.7	Sistemas de clasificación de los residuos peligrosos	630
14.8	Migración y efectos nocivos de los residuos y desechos peligrosos	632
14.7	Bibliografía	634

Capítulo 15	
Tecnología Limpia	637
15.1 Origen	639
15.2 Definición	640
15.3 Avances en Colombia	641
15.4 Aplicación de la Tecnología de Producción Limpia (T.P.L.)	642
15.5 Estudio de caso tecnología limpias en residuos peligrosos.	643
15.6 Bibliografía	645
 ANEXOS	 647
ANEXO 1	649
ANEXO 2	656
ANEXO 3	658
ANEXO 4	659
ANEXO 5	661
ANEXO 6	663
ANEXO 7	679
ANEXO 8	680
ANEXO 9	683
ANEXO 10	691
ANEXO 11	697
ANEXO 12	700
ANEXO 13	706
ANEXO 14	708



PRESENTACIÓN



A partir de 1960, varios sucesos han allanado el terreno para la expedición de normas de Derecho Internacional relativas al tratamiento de sustancias químicas; el común denominador, ha sido la preocupación sobre los efectos tóxicos de dichas sustancias. El desastre de la talidomida, el incidente de enfermedad epidémica de origen mercurial en Minamata, y la apocalíptica publicación de Rachel Carson “La Primavera Silenciosa” en 1962, con una extensa recopilación de la literatura científica sobre las consecuencias de algunos plaguicidas; hacen patente el entorno que se cierne sobre nuestro tiempo y la urgencia de establecer instrumentos de control efectivo en el ámbito mundial.

Del pleno de la Organización de las Naciones Unidas,¹ han surgido directrices y convenios jurídicamente vinculantes para sus signatarios, a fin de un tratamiento adecuado de las sustancias químicas durante su ciclo de vida, en conjunto con procesos de investigación científica y de desarrollo tecnológico que provean los sustitutos de los compuestos perjudiciales o las medidas de control eficaz que sean del caso.

Desde un punto de vista general, todos los aspectos del ciclo de vida de las sustancias químicas se encuentran regulados por normas vinculantes o deontológicas como los códigos, tratados, convenios o convenciones. Podemos citar la Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, el Protocolo de Montreal sobre el retiro de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, el Protocolo de Kyoto para estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en aras de evitar

¹ Su Programa para el Medio Ambiente (PNUMA), su Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Mundial de la Salud (WHO./OMS), la Organización Internacional de Trabajo (ILO./OIT), la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD), entre otras.

el cambio climático que impida el desarrollo económico sostenible o amenace la producción de alimentos, el Convenio de Basilea para controlar los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos, el Convenio de Cartagena para la protección y el desarrollo del medio marino de la Región del Gran Caribe, el Convenio de Estocolmo el cual pretende proteger la salud humana y ambiente de los compuestos persistentes.

El uso masivo de sustancias químicas a través de 8 millones de productos terminados, genera graves riesgos de alcance tecnológico en todo el planeta, El estudio de la toxicología puede brindar los componentes fundamentales que materialicen nuestra ilusión de recuperar un ambiente sano, donde las personas puedan desarrollarse íntegramente como individuos y como sociedad.

En nuestro caso particular, una ciudad como Bogotá debe concienciarse de los riesgos y los daños que ha sufrido por el crecimiento económico y la exclusión de varios sectores poblacionales de los servicios de saneamiento básico primario. Solo con ver la situación de la calidad del aire en el Distrito, escombros mal dispuestos, obras públicas sin control de polvaredas, que también es un PM10, condiciones precarias en la ronda del Tunjuelito, barrios enteros contaminados por los vapores tóxicos², entre varias razones; son indicadores de que en la ciudad la exclusión ambiental existe como apéndice de la exclusión social.

En recientes debates se ha concluido que la mejor solución es el uso de biocombustibles en lugar del diesel azufrado, ya que al parecer el país no verá muy pronto diesel de calidad. Esta alternativa, si bien disminuye el monóxido de

² Como Ciudad Montes al costado del Río Fucha, un sitio de almacenamiento y disposición final de los residuos nucleares de INGEOMINAS en plena Avenida El Dorado, recuperadores de oficio sin las medidas de seguridad apropiadas.

carbono, aumenta por otra parte el vapor de la gasolina, la emisión de los dióxidos de carbono y los óxidos de nitrógeno, tóxicos nefandos que incrementan el ozono en el aire local, lo que genera un mayor calentamiento de la atmósfera. En sólo ozono, Bogotá superó 38 veces el nivel permitido en el año 2005, hecho que se traduce en los frecuentes cambios de clima; en febrero del 2007, los bogotanos vivieron dos inmersiones calóricas sin precedentes.

Lo anterior nos indica que a pesar de los compromisos internacionales, los gobiernos deben esforzarse por formular nuevos modelos de desarrollo que acojan el mejoramiento de la competitividad de las ciudades desde lo socio-ambiental; con una producción más limpia, acceso a información, real trabajo conjunto y, sobre todo, con la reparación de los contornos afectados.

En la segunda edición del libro “TOXICOLOGÍA AMBIENTAL”, la profesora María del Carmen Vallejo R. consigue superar su primer trabajo que, dicho sea de paso, contó con una extraordinaria acogida en todo en el mundo hispano. La claridad y amplitud del trabajo, el saber y la experiencia de muchos años como investigadora y docente de universidades más destacadas del país, así como la bibliografía consultada; hacen de esta obra un testimonio científico único en su género.

Como si fuera poco, esta edición ha sido enriquecida con los valiosos aportes del Concejal Carlos Alberto Baena, quien hace un examen acucioso de las Políticas Públicas ambientales del Distrito, en relación con las conclusiones que tanto preocupan a todos los que se han tomado la molestia de indagar en el asunto; su análisis, en lugar de incurrir en cuestionamientos someros y recurrentes, conduce a la formulación de unas soluciones asequibles e incluyentes que van desde la

generación de condiciones de autorregulación hasta la inmediata recuperación de las zonas más críticas de la ciudad, esto último, a través de epicentros de desarrollo para las localidades las ciudadelas ambientales, donde todos los sectores productivos comparten oportunidades y responsabilidades. La autoridad del Concejal Baena corresponde además de su excelente preparación académica, a la obtención de los mejores indicadores de gestión en la historia del Cabildo distrital, en los que se destaca precisamente como uno de sus ejes temáticos, la necesidad inminente de repensar la ciudad desde la salud pública y el ambiente.

Alexandra Moreno Piraquive
Senadora



CAPÍTULO **1**



AMBIENTE Y SALUD



A partir de la revolución industrial, a finales del siglo XVIII, la contaminación ambiental ha crecido de forma permanente a nivel mundial. En las últimas décadas, se han originado una serie de riesgos para la salud y el ambiente, relacionados con la introducción al mercado de nuevos materiales y nuevas tecnologías de producción, poniendo en las manos del hombre miles de agentes tóxicos, generadores de intoxicaciones y de contaminación del ambiente.

Por ello, los temas ambientales han surgido como temas centrales en las decisiones políticas, económicas y sociales. Distintas visiones del desarrollo podrían presagiar un incremento en la frecuencia e intensidad de los conflictos ambientales entre las organizaciones sociales, ambientalistas, políticas y empresariales al inicio de este siglo.

Una tarea fundamental que nos compete a todos, es la calidad del hábitat en que vivimos y vivirán nuestros descendientes. Hasta hace unos años, no había sido motivo de tanta preocupación, porque la naturaleza en forma pródiga había rodeado al ser humano de múltiples privilegios y todo lo teníamos en abundancia, como para no tener que pensar en que la interacción con el ambiente es una relación de doble vía y no tenerlo en cuenta podría resultar contraproducente. Ahora la situación es diferente; en la medida en que el avance del conocimiento y el desarrollo tecnológico han permitido intervenir y transformar los elementos naturales y el número de habitantes se multiplica, la interacción dejó de ser de mutuo beneficio para convertirse en agresión irracional contra la naturaleza.

En la actualidad, no se puede negar el papel que desempeña la contaminación ambiental en la generación de enfermedades, ya que muchas de ellas, son la respuesta

de un individuo a su ambiente, y la estructura de dichas enfermedades reflejan las condiciones ambientales de su entorno. Las condiciones ambientales están directamente asociadas a las condiciones sociales, dando lugar a la reaparición de una serie de epidemias y enfermedades de la pobreza, que estaban prácticamente erradicadas, como el cólera.

Estas enfermedades se han constituido en un grave problema de Salud Pública del país cuyos factores desencadenantes son ante todo, las malas condiciones ambientales tales como:

- Falta de acueductos y alcantarillados en nuestros municipios, aunada al alto nivel de hacinamiento humano.
- Carencia de rellenos sanitarios para una buena disposición de los desechos, siendo éstos un foco de crecimiento de insectos, roedores, gusanos y microorganismos patógenos transmisores de enfermedades infecciosas.
- Existencia de aguas aptas para la reproducción de vectores, las deficientes condiciones de las viviendas, la presencia de suelos húmedos y con temperaturas adecuadas para la supervivencia de parásitos.
- Falta de educación e higiene personal que hace que se produzca contaminación con microorganismos patógenos del agua y alimentos, y ausencia de conocimiento sobre transmisión y prevención de las enfermedades infecciosas.
- Movimiento de personas de zonas endémicas a regiones no endémicas que ha permitido la diseminación de microorganismos y parásitos. Esto sucede

con el incremento de viajeros internacionales, migración de campesinos a ciudades, movilización de grupos al margen de la ley, etc.

Igualmente, hay necesidad de tomar conciencia acerca de la necesidad de promover acciones concertadas de recuperación de los ecosistemas, preservar y mejorar el ambiente, crear ciudades más humanas e individuos más sanos. Estas resultan ser las tareas éticas más importante en el diseño de las políticas de salud y el quehacer de los profesionales de las ciencias exactas, naturales y humanas.

Alcanzar un equilibrio ecológico sostenible no es tarea fácil, pero urge comenzar a reflexionar con altruismo qué clase de mundo queremos que hereden las futuras generaciones, pues quizá aún no sea tarde para evitar que enfrenten una disminución de la calidad y expectativa de vida al nacer.

Por otra parte, el crecimiento económico y la globalización han originado evidentes beneficios pero al mismo tiempo, han provocado la aparición de nuevos riesgos. La medición de la exposición a numerosos factores ambientales es compleja porque no disponemos de sistemas adecuados de información y vigilancia sanitaria que permitan valorar la magnitud y gravedad de los riesgos.

La información disponible sobre las enfermedades relacionadas con el medio ambiente procede de experimentos realizados en animales y estudios de laboratorio epidemiológicos y toxicológicos. Los resultados de estos trabajos de investigación permiten extraer y estimar posibles riesgos para la salud pública. Sabemos, además, que algunas sustancias ambientales por debajo de ciertos niveles no son peligrosas. Sin embargo, otros agentes, tales como alergenos, radiaciones ionizantes, contaminantes del aire, y productos químicos

carcinógenos, pueden suponer un riesgo a niveles más bajos de los observados. A pesar de ello, existen algunos trabajos que han identificado la relación entre determinados agentes ambientales y la salud humana.

En un reciente informe, la Organización Mundial de la Salud, señala cuántas enfermedades podrían prevenirse por medio de un adecuado control del medio ambiente. La evidencia científica demuestra que los factores de riesgo ambientales juegan un papel importante en más del 80% de enfermedades informadas por este organismo. A nivel mundial, una cuarta parte de las muertes y de la aparición de enfermedades son ocasionadas por factores ambientales. En los niños, sin embargo, los factores de riesgo ambientales pueden ocasionar más de un tercio de las enfermedades.

La exposición generalizada a bajas dosis de sustancias químicas puede estar causando daños posiblemente irreversibles, especialmente en grupos sensibles como la infancia, personas mayores y mujeres en estado de embarazo.

1.1 El estado del ambiente y de la salud en Bogotá

La contaminación y el deterioro ambiental tienen unos denominadores comunes en todas las localidades de Bogotá, que se manifiestan en los recursos naturales: aire, agua, suelos; así como la contaminación por ruido, deterioro de la fauna y flora, el impacto paisajístico y el espacio público.

A continuación se describen algunos problemas de la contaminación ambiental de Bogotá relacionados con la salud de su población.

1.1.1 Contaminación del aire

Los contaminantes del aire se clasifican en: Primer grado o primarios. Los más comunes son el ozono (O_3), óxidos de carbono (CO, CO_2), compuestos de azufre (SO_2 , SO_3 , H_2S), compuestos de nitrógeno (NO_2 , NH_3), compuestos de carbono (C_1-C_n), partículas o aerosoles (humo, polvo, hollín), compuestos radiactivos, y radiaciones electromagnéticas. Segundo grado o secundarios: Compuestos de azufre (SO_3 , H_2SO_4), compuestos de nitrógeno (NO_3 , HNO_3), compuestos de carbono (aldehídos, cetonas, ácidos) y oxidantes fotoquímicos (ozono, PAN, PBN, acroleinas)

El primer estudio de calidad de Aire en Bogota, fue realizado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón - JICA- en el año 1991, el cual demostró la afectación diaria por la emisión de aproximadamente 26.760 toneladas de partículas, 8.485 toneladas de dióxido de azufre y 453 toneladas de óxido de nitrógeno.

El estudio determinó que las fuentes fijas contribuyen principalmente, con la emisión de dióxido de azufre en un 82%, y de partículas en suspensión en un 79%; y las fuentes móviles con la emisión de óxidos de nitrógeno y de monóxido de carbón e hidrocarburos.

Dieciséis años después del informe de la JICA, la situación del aire en Bogotá sigue siendo de especial atención, considerando que en el año 2006, de las 20 localidades que conforman la ciudad, tres de ellas se han clasificado como de alta importancia ambiental por su mayor grado contaminación atmosférica: Puente Aranda, Fontibón y Kennedy. Ver figura No. 1.1.

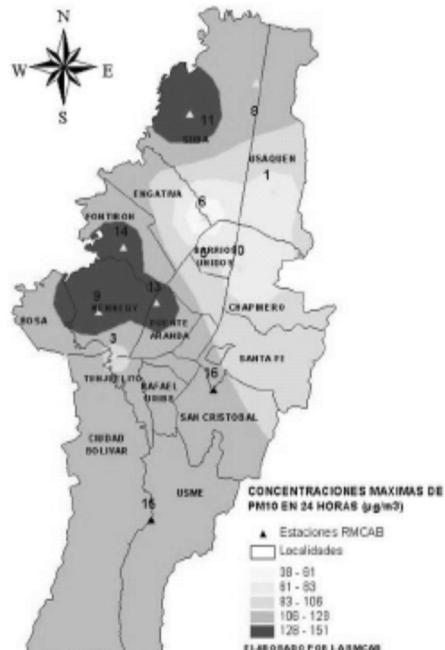


Figura No. 1.1 Mapa Concentración PM10 en Tres localidades de alta importancia en contaminación atmosférica.
Fuente DAMA. 2006

Según la información de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire en Bogotá, la concentración de material particulado inferior a 10 micras (PM10), para períodos largos en Bogotá, aumentó durante los últimos 5 años. Ver figura No. 1.2.

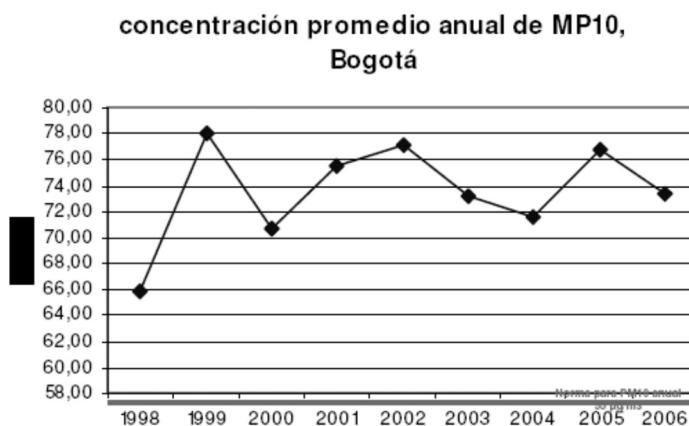


Figura No. 1.2 Concentración promedio anual de PM10 en Bogotá. Fuente: DAMA 2006.

Este contaminante del aire es el más relacionado con los problemas de salud pública.

Las concentraciones medias anuales de PM₁₀, en las localidades mencionadas, han superado la norma de manera recurrente, en más de 25 µg/m³, y junto con las localidades de Engativá, Tunjuelito, Rafael Uribe Uribe y parte de Suba han sido declaradas áreas-fuente de contaminación alta por PM₁₀.

Después del material particulado PM₁₀, otro importante contaminante del aire, debido al alto nivel de concentración en la ciudad y sus efectos sobre la salud, es el ozono troposférico (O₃). Este contaminante se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos en presencia de la luz solar. Sus efectos en el sistema respiratorio son importantes ya que es un gas altamente oxidante e irritante. La concentración O₃ en períodos de 8 horas, para 2006, sobrepasó 38 veces los niveles permisibles.

De acuerdo con los resultados de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá, la frecuencia de excedencias frente a la normas de calidad del aire para el ozono en los últimos 5 años es significativa. Ver figura 1.3.

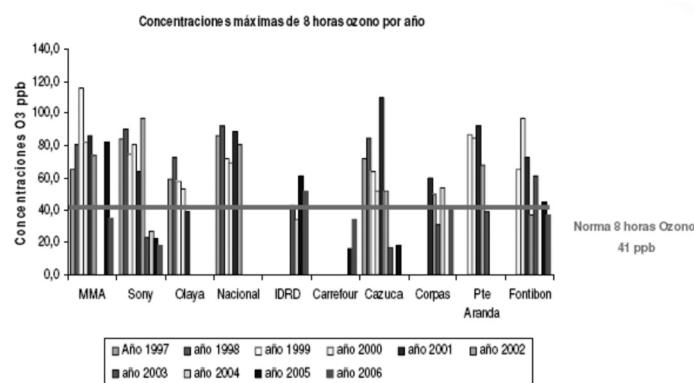


Figura 1.3 Comportamiento por estación de máximos de 8 horas en Ozono

1.1.1.1 Salud pública y contaminación atmosférica

La contaminación del aire libre y de espacios interiores es un grave problema de salud pública para el Distrito Capital ya que afecta a poblaciones vulnerables como los niños, personas mayores y mujeres en estado de embarazo.

Varios hallazgos fundamentales, recientemente encontrados en estudios a nivel mundial por la Organización Mundial de la Salud (OMS) merecen especial mención:

- En la actualidad, la exposición a material particulado (PM) y al Ozono (O_3) supone graves riesgos para la salud en muchas ciudades de los países desarrollados y en desarrollo. Es posible establecer una relación cuantitativa entre el nivel de contaminación y parámetros como la mortalidad o la morbilidad. Esto permite hacernos una valiosa idea de cuánto podría mejorar la salud si se redujera la contaminación atmosférica.
- Los contaminantes atmosféricos se han relacionado con diversos efectos negativos para la salud, incluso cuando sus concentraciones son bajas.
- Por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento en PM₁₀, el cambio porcentual establece un incremento en la mortalidad entre 0.6 y 2.82%, en los estudios realizados en América, Europa, Australia y Asia.
- La mala calidad del aire en los espacios interiores puede suponer un riesgo para la salud de más de la mitad de la población mundial. En hogares donde se utilizan combustibles de biomasa o carbón para cocinar o calentarse, las concentraciones de PM pueden ser 10 a 50 veces superiores a los valores recomendados en las directrices.

- Se puede lograr una reducción importante de la exposición a la contaminación atmosférica si se reducen las concentraciones de varios de los contaminantes atmosféricos más comunes emitidos durante la combustión de los combustibles fósiles. Esas medidas también aportarán beneficios a los programas de reducción de los gases con efecto invernadero.

Las afectaciones en la salud son ocasionadas por los gases y partículas emitidas por los vehículos que utilizan un diesel de mala calidad. Es importante considerar además el impacto potencial de las exposiciones a la contaminación atmosférica durante la gestación y la primera infancia, como muestran algunos estudios. Una reciente revisión sobre el tema muestra resultados que indican una asociación entre la exposición a la contaminación atmosférica con el bajo peso al nacer y el retraso en el crecimiento intrauterino, así como el efecto de las exposiciones tempranas sobre la salud infantil, incluyendo envejecimiento prematuro de los pulmones. La persistencia de situaciones de mala calidad del aire o su posible empeoramiento puede representar un compromiso importante para la salud de los más pequeños y de las generaciones futuras.

La salud pública reconoce que la contaminación atmosférica es un importante determinante de la salud, sobre todo en los países en desarrollo. Existen importantes desigualdades en la exposición a la contaminación atmosférica y los consiguientes riesgos para la salud; porque se combina con otros aspectos del entorno físico y social para crear una carga de morbilidad desproporcionada en los sectores más pobres de la sociedad. La exposición a los contaminantes atmosféricos está en gran parte, fuera del control de los individuos y requiere la actuación de las autoridades públicas a nivel regional, nacional e incluso, internacional. El sector de la salud

puede desempeñar un papel principal como líder de una estrategia multisectorial de prevención de la exposición a la contaminación atmosférica. Puede participar y apoyar a otros sectores (transporte, vivienda, producción de energía e industria) en la elaboración y aplicación de políticas a largo plazo que reduzcan los riesgos sanitarios derivados de la contaminación ambiental.

Recientemente, el Banco Mundial señaló que el costo anual en que incurre Bogotá por los impactos causados por la contaminación del aire en la salud, equivale casi al 2% del PIB de la ciudad, de igual forma, señala con preocupación la concentración anual promedio de PM₁₀ y PM_{2.5}, catalogando a la ciudad como la tercer ciudad más contaminada por material particulado, dentro de una muestra de ciudades externas a latinoamericana. Ver Figura 1.4 y 1.5

Figura 1.4 Costo Anual para la Salud de la contaminación Atmosférica Urbana (miles de millones de pesos) Larsen 2005

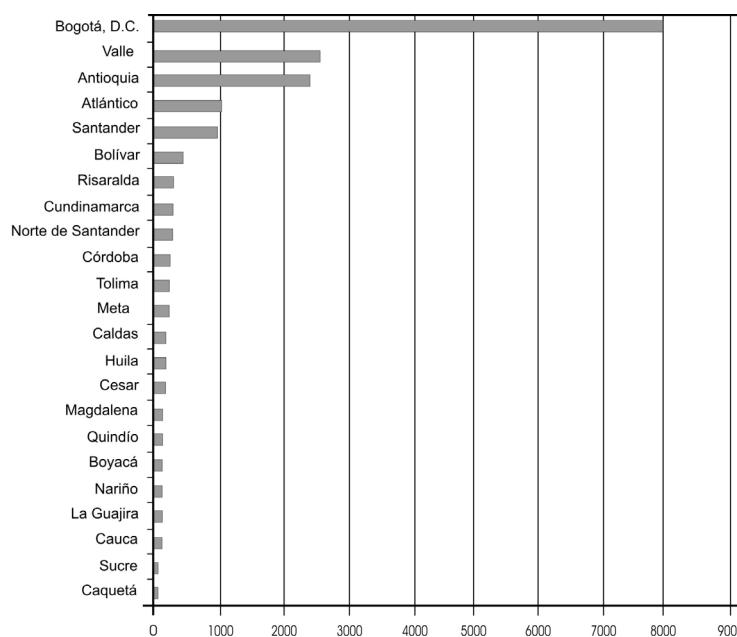
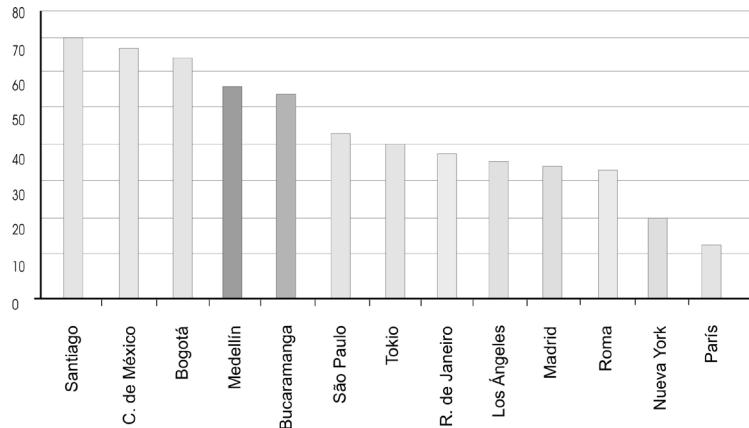


Figura 1.5 Concentración Anual Promedio de PM₁₀ en las ciudades
Banco Mundial 2005



1.1.1.2 Estudios de Caso en Bogotá

1.1.1.2.1 Alérgenos y la salud respiratoria

Las enfermedades respiratorias, el asma y las alergias están asociadas con la contaminación del aire externo e interno. La relación entre la contaminación atmosférica y la salud es cada día más conocida. El asma y las alergias han aumentado durante las últimas décadas en Colombia, aproximadamente un 10 % de la población infantil padece alguna de estas enfermedades. El clima puede estar influyendo en la prevalencia de los síntomas de asma y rinitis alérgica.

Los agentes ambientales implicados son los óxidos de nitrógeno y azufre, las partículas en suspensión, ozono, metales, compuestos orgánicos volátiles (COV) y los hidrocarburos. En ambientes interiores el humo ambiental del tabaco es el más frecuente

En un número importante de estudios se ha descrito que las altas concentraciones de polen y esporas se asocian con epidemias de asma y de otras enfermedades

alérgicas como la rinitis o la fiebre del heno. Sin embargo, no está claramente definido el papel de los alérgenos aéreos en el inicio del asma e incluso en su exacerbación, por lo que se requieren más investigaciones antes de poder establecer posibles impactos del cambio climático.

1.1.1.2.2 ERA y Neumonías

Durante los meses de enero a junio de 2005, un estudio del Hospital del Sur de Bogotá, presentó la relación de morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda, con el aumento en la concentración de partículas en la zona industrial de Puente Aranda. Ver figura 1.6 y 1.7

A partir de dicho estudio, se determinó que en la Localidad de Puente Aranda, una vez aumenta la concentración de material particulado PM10 se presenta un incremento del 4% en las consultas por ERA con un período de latencia de seis días en niños menores a 5 años.

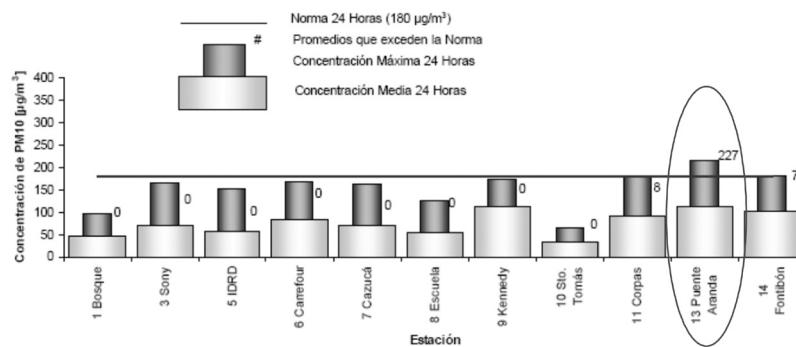


Figura 1. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas

Figura 1.6 Concentración PM10 - Promedio 24 horas

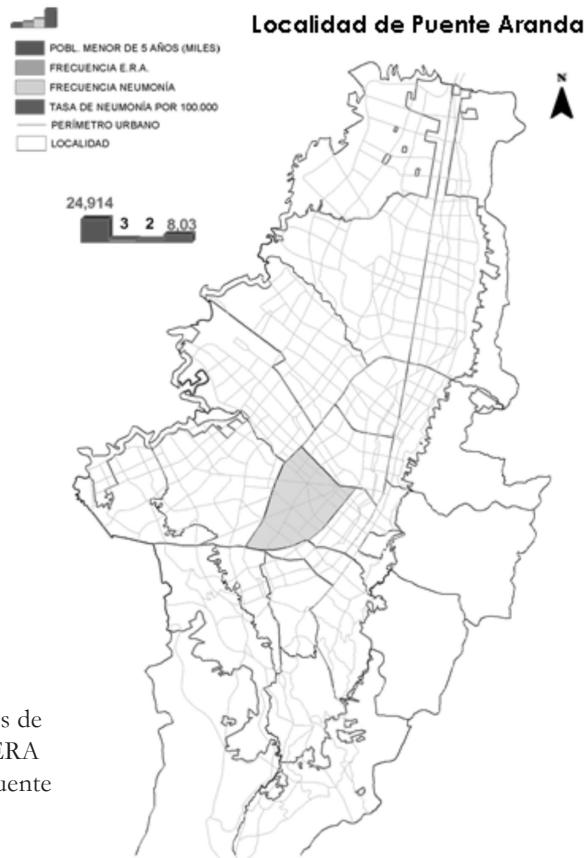


Figura 1.7 Casos de mortalidad por ERA en la localidad Puente Aranda

La salud pública de Bogotá, actualmente es afectada por la contaminación del aire por enfermedades respiratorias agudas y neumonía. Ver Tabla 1.1.

Desde el punto de vista de la salud pública, es importante destacar que el mayor impacto en la salud en el momento de la población bogotana es atribuible a la contaminación atmosférica. Estudios realizados por la Secretaría Distrital de Salud dan índices de morbi/mortalidad muy altos en la población infantil y personas mayores.

figura 1.8 Mortalidad por ERA y Tasa de Neumonía por localidad

CASOS DE MORTALIDAD POR ERA Y TASA DE NEUMONÍA POR LOCALIDAD ACUMULADO A SEPTIEMBRE DE 2006				
LOCALIDAD	Frecuencia ERA	Frecuencia Neumonía	Población menor de 5 años	Tasa de Neumonía Acumulada por 100.000
1. USAQUEN	6	2	40.286	4,96
2. CHAPINERO	1	0	7.700	0,00
3. SANTA FE	3	2	10.836	18,46
4. SAN CRISTOBAL	9	5	43.314	11,54
5. USME	12	7	37.000	18,92
6. TUNJUELITO	4	2	21.530	9,29
7. BOSA	7	4	75.465	5,30
8. KENNEDY	11	8	87.141	9,18
9. FONTIBON	2	1	29.165	3,43
10. ENGATIVA	6	3	68.735	4,36
11. SUBA	8	5	72.228	6,92
12. BARRIOS UNIDOS	1	1	12.870	7,77
13. TEUSAQUILLO	1	1	7.225	13,84
14. MARTIRES	2	1	7.761	12,89
15. ANTONIO NARIÑO	3	1	8.441	11,85
16. PUENTE ARANDA	2	2	24.914	8,03
17. CANDELARIA	0	0	2.336	0,00
18. RAFAEL URUBE URIBE	7	5	32.749	15,27
19. CIUDAD BOLIVAR	14	8	101.522	7,88
20. SUMAPAZ FUERA DE BOGOTA	0	0	585	0,00
SIN DATO	21	0	0	0
	100	58	697029	8,32

Fuente DAMA.

Las poblaciones vulnerables: niños menores de 12 años, personas mayores de 65 años y enfermos graves, tienen mayor riesgo de ver afectada su salud, especialmente, en su sistema respiratorio, por la exposición prolongada a bajos niveles de contaminación.

La figura 1.9 Presenta los niveles de contaminación por PM₁₀ (contaminante crítico), en poblaciones vulnerables por localidad y las áreas que han sido declaradas en emergencia ambiental.

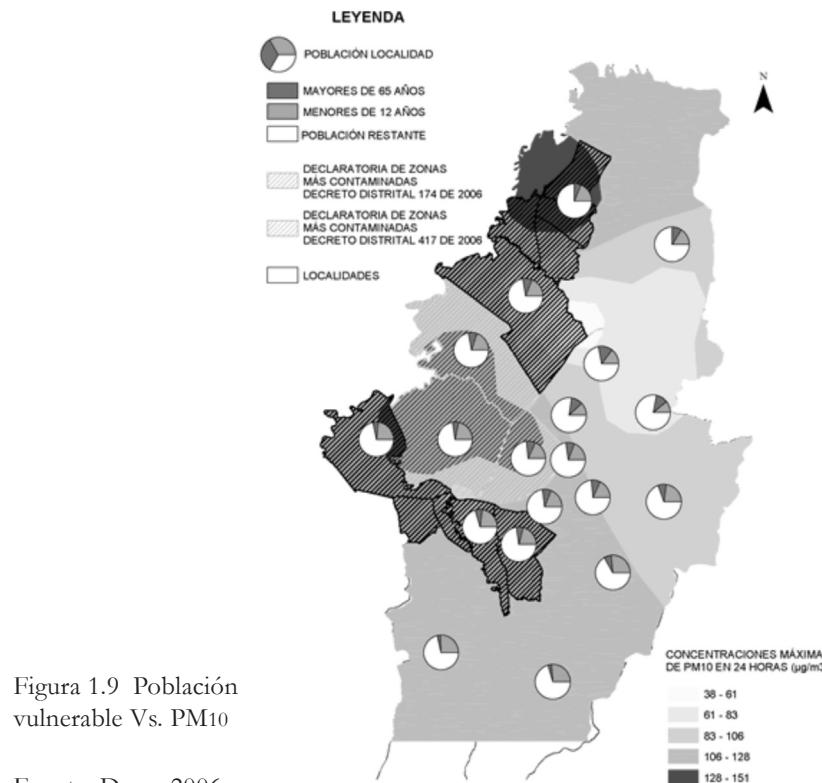


Figura 1.9 Población vulnerable Vs. PM10

Fuente: Dama 2006.

1.1.1.3 Perspectiva para el futuro

La reducción del impacto de la contaminación atmosférica en la salud requiere un examen de las políticas y programas de gestión de la calidad del aire para asegurar que dan prioridad a los problemas sanitarios.. En muchos casos, también habría que revisar los instrumentos de reglamentación, como las normas y los límites relacionados con la calidad del aire. Es necesario mejorar la vigilancia de las concentraciones de PM10 y PM_{2,5} para evaluar la exposición de la población y ayudar a las autoridades locales a establecer planes para mejorar la calidad del aire. La emisión de contaminantes hacia la atmósfera debe abordarse con instrumentos de

reglamentación pertinentes, como los techos nacionales de emisión, los límites para determinadas fuentes (por ejemplo, las empresas, los automóviles y las plantas de calefacción) y reglamentaciones que restrinjan el uso de tecnologías contaminantes.

1.1.2 Cambio climático

Las evidencias del impacto del cambio climático sobre la salud son cada día más consistentes. En relación con ello, recientes trabajos han concluido que nuestro país es uno de los más vulnerables a este cambio, y se está viendo afectado por sus impactos. Sobre la salud humana, estos impactos se refieren a un aumento de la morbi/mortalidad por olas de calor que pueden ser más frecuentes en intensidad y duración en los próximos años. Otros efectos son el aumento de la contaminación por partículas finas y ozono, y la implantación de vectores tropicales adaptados a sobrevivir en climas cálidos y más secos, lo que podrá aumentar la incidencia de enfermedades como el dengue, la malaria y la encefalitis transmitida por garrapatas.

Las temperaturas extremas (calor y frío) están asociadas con aumentos de mortalidad general, en la mayoría de los casos, por enfermedades cardiovasculares y respiratorias.

1.1.2.1 El cambio climático y la concentración de contaminantes atmosféricos

Las concentraciones de los contaminantes atmosféricos dependen de su producción y también, de manera determinante, de su dispersión. El cambio climático puede afectar a cualquiera de los dos procesos anteriores. Por un lado, relacionado con la meteorología, la posible mayor frecuencia de fenómenos anticiclónicos puede hacer disminuir la dispersión de los contaminantes.

De manera indirecta, un aumento de la temperatura puede asociarse con un incremento de las emisiones de contaminantes por el consumo mayor de energía debido a los sistemas de acondicionamiento de aire, refrigeración y conservación de alimentos y otros productos.

Es incierto predecir cómo puede afectar el cambio climático a los niveles de otros contaminantes. Los contaminantes más relacionados con los sistemas de calefacción, como el SO₂, posiblemente experimentarán un descenso en su uso y por ello, en sus emisiones. Sin embargo, para otros contaminantes como las partículas finas, (NO₂ o el CO) muy relacionadas con emisiones de los vehículos a motor, no se puede asegurar cuáles serán sus tendencias. En gran medida, estas vendrán marcadas por el consumo de combustibles fósiles. A escala local pueden ocurrir situaciones episódicas de contaminación atmosférica asociadas a fenómenos meteorológicos de altas presiones y ausencia de lluvias prolongadas.

Por último, el calentamiento de la tierra puede comportar un incremento en el número e intensidad de incendios forestales. El humo producido en estos incendios se ha visto relacionado con el incremento de procesos respiratorios en la población afectada.

figura 1.10

Medidas encaminadas a minimizar el impacto del cambio climático sobre la salud

- Establecimiento de un sistema de vigilancia de la situación atmosférica (incluyendo meteorología y polenes y esporas) y su impacto en salud.
- Medidas legislativas que establezcan estándares y objetivos de calidad del aire.
- Disminución de emisiones de gases contaminantes.
 - Puesta en marcha de estrategias en sectores clave (transporte, industrial, urbanismo, vivienda)
 - Uso eficiente de la energía
 - Utilización progresiva de energías renovables
- Puesta en marcha de acciones para evitar incendios forestales
- Acciones de educación para la salud y promoción de hábitos respetuosos con el medio ambiente
- Fomentar la participación ciudadana

1.1.3 Destrucción de la capa de ozono estratosférico

La disminución de la capa de ozono estratosférico y la exposición a radiaciones ultravioletas están asociadas a un aumento del cáncer de piel, cataratas y alteraciones del sistema inmunitario. La exposición solar aumenta el riesgo de padecer cáncer de piel (no melanoma), debido a los rayos ultravioleta. Se ha estimado que hasta un 90% de estos tumores son atribuibles a esta exposición. Las radiaciones no ionizantes provocan cáncer, leucemia, quemaduras y lesiones en los ojos (cataratas)

1.1.4 Ruido

La contaminación por ruido en Bogotá, se atribuye principalmente al creciente y congestionado parque automotor, centros comerciales, y la mediana y pequeña industria. La Tabla 1.2, muestra las fuentes generadoras de ruido en Bogotá.

Figura 1.11 Fuentes generadoras de ruido en Bogotá

Fuentes	Porcentajes
Trafico aéreo	8
Trafico vehicular	21
Ruido Comercial	21
Ruido Industrial	50

Fuente: INSOR

La Organización Panamericana de la Salud, manifiesta, que el ruido representa un problema cada vez mas importante; en zonas residenciales e industriales de algunas capitales del mundo donde el nivel medio es superior a 70 decibeles, con máximos promedio diarios de 78.5 db y picos extremos de 95 db. El habitante del mundo actual se ha acostumbrado a ir perdiendo gradualmente el sentido de la audición a medida que envejece.

Figura 1.12 Zonas con mayor presión sonora en el Distrito Capital

ZONAS	DECIBELES
Avenida caracas	90 db
Calle 19 entre caracas 4 y 10	89 db
Zona Rosa	87 db
En horas pico	
K 13 en Chapinero	85 db
K 7 Av. Jiménez Cta . 15	
Av. Boyaca	
Autopista Norte	
Sector Suba	83 db

Fuente. DAMA. 1996

La presión sonora frecuente y alta, genera impactos negativos a la salud humana, causan cambios morfológicos o fisiológicos, creando una discapacidad o pérdida gradual de la audición (hipoacusia), y otros efectos como: Tensión nerviosa, desequilibrio emocional, sentimientos de angustia, preocupación y trastornos para conciliar el sueño. Ver figuras 1.13, 1.14, 1.15, 1.16

Figura 1.13 Fuentes generadoras de ruido en Bogotá

Efectos Extrauditivos	Porcentajes
Cansancio y fatiga	39.3%
Dolor de Cabeza	25%
Deseo de escapar al ruido	13.4%
Agresividad	10.7%
Sudoración	6%
Stress y desesperación	25%
Mal genio	51.2%

Fuente: INSOR (Instituto Nacional para Sordos)

Figura 1.14 Efectos Fisiológicos por exposición a niveles altos de presión sonora

Efectos Fisiológicos
1. Aumento de la presión arterial
2. Reducción visual por dilataciones irregulares de la pupila
3. Dolor de Cabeza
4. Perdida evolutiva de la audición (hipoacusia)
5. Sudoración Tensión muscular
6. Problemas digestivos
7. En la madre gestante puede alterar directamente al feto

Fuente: INSOR

Figura 1.15. Efectos Fisiológicos a nivel psicológico por exposición a niveles altos de presión sonora

Efectos Fisiológicos a nivel psicológico	
1.	Desorden en el ritmo del sueño
2.	Deficiencia en la atención y concentración
3.	Agresividad, desmotivación e irritabilidad
4.	Conflictos en las relaciones interpersonales
5.	Interfieren en la comunicación
6.	Stress, bajo rendimiento e inseguridad en las labores, que hacen que el sujeto sea mas propenso a cometer accidentes
7.	Disminución del individuo para responder a nuevas exigencias ambientales

Fuente: INSOR

Figura 1.16 Efectos Fisiológicos en la salud infantil por exposición a niveles altos de presión sonora.

Fuente: INSOR

Efectos en la salud infantil	
Otitis	
Hipoacusia	
Expresión verbal	
Bajo rendimiento escolar	

Notas Tabla 1.8

1 Tan débil como se pueda.

2 Presión sonora pico, medida a 100 mm del oído.

3 Las zonas tranquilas exteriores deben preservarse y minimizar en ellas la razón de ruido perturbador a sonido natural de fondo.

4 Bajo los cascos

Ambiente	Efectos en la salud	dB	Tiempo (horas)	Máximo (dB)
Exterior habitable	Molestias graves, día y anochecer Molestias moderadas, día y atardecer	55 50	16 16	- -
Interior de viviendas	Interferencia en la comunicación verbal, día y anochecer	35	16	
Dormitorios	Perturbación del sueño, noche	30	8	45
Fuera de los dormitorios	Perturbación del sueño, ventana abierta (valores en el exterior)	45	8	60
Aulas de escolar y preescolar, interior	Interferencia en la comunicación, perturbación en la extracción de información, inteligibilidad del mensaje	35	Durante la clase	-
Dormitorios de preescolar, interior	Perturbación del sueño	30	Horas de descanso	45
Escolar, terrenos de juego	Molestias (fuentes externas)	55	Durante el juego	-
Salas de hospitales, interior	Perturbación del sueño, noche Perturbación del sueño, día y anochecer	30 30	8 16	40 -
Salas de tratamiento en hospitales, interior	Interferencia con descanso y restablecimiento	1		
Zonas industriales, comerciales y de tráfico, interior y exterior	Daños al oído	70	24	110
Ceremonias, festivales y actividades recreativas	Daños al oído (asistentes habituales: < 5 veces/año)	100	4	110
Altavoces, interior y exterior	Daños al oído	85	1	110
Música a través de cascos y auriculares	Daños al oído (valores en campo libre)	85.	1	110
Sonidos impulsivos de juguetes, fuegos artificiales y armas de fuego	Daños al oído (adultos) Daños al oído (niños)	- -	-	140 120
Exteriores en parques y áreas protegidas	Perturbación de la tranquilidad		3	2

Figura 1.17 Guías de la Organización Mundial de la Salud
Valores límite recomendados. Fuente: OMS

1.1.5 Contaminación visual

La contaminación visual genera deterioro del ambiente, además puede causar problemas de salud tales como alteraciones comportamentales: estrés, angustia, inseguridad, desazón e intranquilidad. Ver Tabla 1.9

La Publicidad Exterior Visual, es uno de los mayores generadores de deterioro del medio ambiente. Es considerado el medio masivo de comunicación permanente

o temporal, fijo o móvil, destinado a informar o llamar la atención del público a través de elementos visuales como leyendas, inscripciones, dibujos, fotografías, signos o similares, visibles desde las vías de uso o dominio público, bien sean peatonales o vehiculares, terrestres, fluviales, aéreas y cuyo fin sea comercial, cívico, cultural o político.

Entre los agentes que hacen parte de la Publicidad Exterior Visual se encuentran: Avisos, vallas, pasacalles o pasavías, pendones, carteleras, murales artísticos, publicidad aérea, globos anclados, elementos inflamables.

La Contaminación visual en Bogotá sobrepasa los 6.146 metros cuadrados, equivalente a 770 vallas de 8 m cuadrados. Las localidades mas afectadas son: Usaquén 1.357 m², Suba 1.321 m², Puente Aranda 1.068 m², Chapinero 816 m² y Fontibón 737 m².

Componente	Efectos
Barrera Visual a elementos naturales	Pérdida sensibilidad sicológica. Por la falta de espacios de descanso, genera gran tensión y depresión.
Barrera Visual Trafico	Peligro por falta de visibilidad, causando accidentes de tránsito
Exageración publicidad	Estimulación del sistema nervioso, desconcentración y nerviosismo

Figura 1.18 Efectos en la salud por contaminación visual

1.1.6 Contaminación del agua

El 70% de la superficie de la tierra es agua y el 70% del cuerpo humano es agua. Así, el agua no sólo es importante para la vida, sino también lo es para el desarrollo social y económico de los pueblos.

Las inundaciones, las sequías, la pobreza, la contaminación, el tratamiento inadecuado de los desechos y la

insuficiencia de infraestructuras para la desinfección del agua plantean serias amenazas a la salud pública, al desarrollo económico y social de los países en vías de desarrollo.

La CALIDAD DEL AGUA es un indicador confiable para determinar la salud de la población. El vertimiento de desechos sólidos, excretas, contaminación química a causa de sistemas inadecuados de tecnología, o el crecimiento poblacional, ha ido afectando los cuerpos de agua.

Todas estas actividades contaminantes y degradatorias del agua, constituyen factores de riesgo, es decir, situaciones que alteran la estabilidad de los sistemas e inciden en el incremento de la mortalidad y las enfermedades. Por ello, todas las modificaciones ambientales de índole entrópica, no sólo traen alteraciones en los ecosistemas de soporte vital; sino que además producen modificaciones en la salud de la población.

Mantener la calidad de vida de la población conlleva el mantenimiento de la calidad ambiental, recuperar los equilibrios perdidos y lograr unos nuevos. Por ello, la calidad del agua nos expresa de manera clara si existe o no, un adecuado equilibrio con la naturaleza.

Se deben diferenciar dos tipos de contaminación:

Contaminación natural

La contaminación natural es la que existe siempre, originada por restos animales y vegetales y por minerales y sustancias que se disuelven cuando los cuerpos de agua atraviesan diferentes terrenos.

Contaminación antropogénica

La contaminación generada por el hombre, aparece a medida que éste comienza a interactuar con el medio ambiente y surge con la inadecuada aglomeración de las poblaciones, y como consecuencia del aumento desmesurado y sin control alguno, de los sectores industriales y comerciales. Podemos decir que es preocupante el uso del agua para fines tales como: lavado de automóviles, higiene, limpieza, refrigeración, y procesos industriales en general, ya que si no son debidamente tratados retornan al ciclo con distintos niveles de contaminación.

Enfermedades transmitidas por el agua

El agua de consumo puede transmitir numerosas enfermedades producidas por agentes microbiológicos y químicos

A. Contaminación microbiológica

La cuarta parte de la población mundial no tiene acceso al agua potable. Más de la mitad de la humanidad carece de un saneamiento adecuado del agua. La mala calidad del agua, la falta de higiene y la contaminación ambiental figuran entre las principales causas de epidemias, enfermedades intestinales y muertes.

La capacidad del agua para transmitir enfermedades infecciosas depende de su calidad microbiológica.

Las bacterias patógenas que contaminan el agua y causan enfermedades se encuentran en las excretas de los seres humanos y de los animales de sangre caliente (mascotas, ganado y animales silvestres). Pueden transmitirse a través del agua y de los alimentos, de persona

a persona y de animales a seres humanos.

Las bacterias que más afectan la salud pública son:

- a. *Vibrio cholerae*, causante del cólera
- b. *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni* y *Yersinia enterocolitica*, causantes de gastroenteritis agudas y diarreicas
- c. *Salmonella typhi*, que produce fiebres tifoideas y paratifoideas y
- d. *Shigella*, causante de disentería.

Estas bacterias llegan a los cursos de agua a través de las descargas de aguas residuales sin tratar o con tratamiento deficiente, del drenaje de lluvias, de las descargas provenientes de plantas de procesamiento de carne de ganado y aves, y de escorrentías que pasan por los corrales de ganado. En las zonas rurales, la práctica de la defecación a campo abierto también constituye una fuente de contaminación de las aguas superficiales.

Las bacterias patógenas representan un serio riesgo para la salud pública y es prioritario eliminarlas del agua de consumo humano, debido a que su ingestión podría ocasionar una epidemia con graves consecuencias para la salud de la población.

El agua es vehículo además de protozoos como las giardias y amebas, de parásitos como lombrices y gusanos, que producen graves enfermedades gastrointestinales. Se ha detectado que la población infantil que vive en sitios aledaños al río Bogotá, sufren de giardiasis.

Según informes de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) 2005, el saneamiento ambiental puede reducir la incidencia de enfermedades infecciosas entre el 20 y el 80%.

Esta organización igualmente afirma que las enfermedades diarreicas, en particular el cólera, la fiebre tifoidea y la disentería, las cuales son propagadas principalmente a través de agua o alimentos contaminados, acabaron con la vida de 3,1 millones de personas, la mayoría niños, en 2005. En este mismo período, la Hepatitis B causó la muerte de más de 1,1 millones de personas y las parasitosis intestinales cobraron al menos 135.000 vidas.

Los costos sociales de ésta problemática son elevados, ya que es causante de miles de casos anuales de enfermedades diarreicas especialmente en la población infantil con un alto porcentaje de mortalidad; el cólera y las fiebres tifoideas continúan haciendo estragos en la población. Además, una deficiente calidad está asociada a problemas de hepatitis, sarna, piojos, fiebre amarilla, dengue, malaria.

B. Contaminación química

Con el crecimiento de las ciudades, los pobladores comenzaron a utilizar los ríos, junto a los cuales habían vivido, no sólo para abastecerse de agua y alimento, sino también para deshacerse de los desperdicios domésticos. También las industrias vaciaron sus residuos en los ríos aumentando la contaminación del agua y el peligro para la salud. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación, pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por las actividades domésticas e industriales.

El problema mayor en nuestro entorno son las enfermedades causadas por contaminantes químicos, ya sea

por contaminación del agua por los vertimientos industriales y domésticos, o debido a las características químicas del abastecimiento, por los materiales instalados en contacto con el agua de consumo, por las sustancias formadas como subproductos de reacción por la utilización de tratamientos químicos necesarios para la potabilización del agua, o por el mal mantenimiento o diseño de las instalaciones.

El denominador común de estas enfermedades es que en la mayoría de los casos, el efecto sobre la salud no es inmediato, sino a medio o largo plazo, dando como resultado enfermedades de tipo degenerativo en las que resulta muy difícil establecer relaciones de causalidad. Los químicos más frecuentes en el agua capaces de originar problemas de salud o enfermedades son:

- Nitratos
- Cianuro
- Trihalometanos
- Plaguicidas
- Metales pesados
- Monómeros y polímeros de plásticos,
- Derrames de petróleo crudo y de sus derivados
- Fertilizantes químicos y biológicos
- Sustancias radiactivas.

1.1.6.1 Sistema Hídrico de Bogotá y efectos en la salud humana

El sistema hídrico de Bogotá comprende los cauces y ronda de nacimiento y quebradas; los cauces y ronda de ríos y canales; los humedales y sus rondas; lagos, lagunas y embalses (aguas superficiales) y áreas de recarga de acuíferos (aguas subterráneas). En Bogotá existen 13 humedales, 29 quebradas; 3 ríos principales; 67 fuentes hídricas, que tienen su nacimiento en los cerros orientales.

El río Bogotá es receptor de las aguas de las subcuenca de El salitre, Fucha, Tunjuelo, Jaboque, Torca y Tinal. Las descargas totales al río Bogotá son del orden de 15 m³/seg.

La contaminación del recurso hídrico en la ciudad de Bogotá, se debe a la descarga de las aguas residuales domésticas e industriales de once afluentes que contaminan el río Bogotá. Los tres ríos que cruzan la ciudad Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo, presentan condiciones ambientales sépticas desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Bogotá, el riesgo para la salud se debe a las altas concentraciones químicas de carga orgánica y contaminación química por metales pesados y sólidos suspendidos, principalmente por la actividad de las canteras y gravilleras.

1.1.6.1.1 Río Bogotá

Según informe del DAMA (2004). La contaminación que presenta el río Bogotá desde la desembocadura del río Juan Amarillo o río Salitre hasta Alicachín, es en promedio de 94 mg/L de carga orgánica y alta concentración de coliformes y materiales fecales.

De acuerdo con el estudio de la Universidad de los Andes (2005), las repercusiones en la salud por la contaminación del río Bogotá son:

EFFECTOS	No. CASOS
Infecciones intestinales	3.262
Infecciones por virus	174
Parasitosis Intestinales	1.850
Enfermedades en la piel	632
Helmintiasis	90

Figura 1.19

1.1.6.1.2 Río Fucha

La contaminación del río Fucha es debida en gran parte a que en su cuenca se localiza la mayor cantidad de la actividad industrial (talleres) con gran descarga de aceites, grasas y metales y a los residuos orgánicos tales como las excretas humanas y animales, desechos vegetales, que se ven flotando desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Bogotá.

A lo largo del río se observan focos de basura y excretas de animales, donde proliferan plagas como moscas y roedores que son transmisores de enfermedades, como la fiebre tifoidea, la leptospirosis, virosis hemorrágicas.

En 1995 la EAAB, realizó un estudio sobre la carga orgánica de los ríos tributarios del río Bogotá. Según los datos promedio de DBO y DQO se dedujo que el río Fucha, junto con el Salitre y Tunjuelito son alcantarillas abiertas con similares características a las aguas servidas domésticas.

1.1.6.1.2.1 Acciones en el Río Fucha

El Día del Medio Ambiente del año 2007, el Concejal Carlos Baena, con un traje especial, tomó personalmente las muestras al agua del Río Fucha y la Quebrada Yomasa, para medir los niveles de contaminación y demostrar que sí se están vertiendo aguas residuales industriales y domésticas a estas corrientes de aguas dulces, hecho que ha ocasionado una disminución considerable en el oxígeno disuelto del agua, generando malos olores, muerte de la microflora y la microfauna acuática y lo más delicado, enfermedades a los residentes de estos sectores.

Vista Toma del
Oxígeno Disuelto
dentro del Río Fucha
Junio de 2007



El oxígeno disuelto es el factor más importante para la autopurificación. Pero cuando existe una sobrecarga orgánica lleva a la anoxia (falta de oxígeno) de los ríos, dando como resultado la extinción de cualquier forma de vida por la falta de oxígeno.

Los resultados obtenidos en estas mediciones oscilan en rangos desde 0.0 mg/l O₂ hasta 3.6 mg/l O₂ en horas de máxima luminosidad solar.

El mismo día, en la Quebrada Yomasa se obtuvo un valor de 0 mg/l O₂ hasta 1.6 mg/l O₂. Con estos valores tan bajos difícilmente puede existir vida acuática.



Vista Toma de pH
y la temperatura
dentro del Río
Fucha
Junio de 2007

Igualmente, el Concejal Baena pudo evidenciar cómo en algunos humedales de la ciudad de Bogotá, a los cuales llegan también aguas residuales de manera directa, se registran valores de Oxígeno disuelto del orden de 0 mg/l. Si bien es cierto, los vertimientos de aguas residuales ya sean de tipo infeccioso, doméstico, o las de tipo industrial son altamente tóxicas no sólo para la microfauna, fauna, flora y microflora acuáticas, sino también para las personas que de una u otra manera, tienen contacto directo con las aguas de los ríos y quebradas de la ciudad.

Los contaminantes orgánicos en los ríos se descomponen por medio de procesos anaeróbicos para dar como resultado sustancias malolientes que es un indicativo de la putrefacción de dicha materia. Estos malos olores inhalados permanentemente, llevan a que la mucosa olfativa se atrofie.

El contacto con la piel y la consiguiente penetración de agentes patógenos puede producir sarna y tiña. Puede igualmente, producir irritación e infección de los ojos.

Estudios realizados en la desembocadura del río Fucha demostraron la presencia de gran cantidad de microorganismos anaeróbicos, que son indicadores del más alto grado de contaminación, y que al descomponer la materia orgánica generan ácido sulfídrico (H_2S) que emite olores semejantes a huevos podridos.

Se encuentran igualmente, sustancias tóxicas como fenoles, plomo, cromo y mercurio en varios puntos. Los fenoles, el plomo y el Cromo VI son cancerígenos, el mercurio produce graves problemas renales.

1.1.6.1.3 Río Tunjuelo

La problemática de salud y ambiente de la cuenca del río está directamente relacionada con el tipo de desarrollo de la ciudad en esta zona, caracterizada por: marginalidad social, desarrollo urbano informal, pérdida del cauce del río, impactos de la actividad minera, de las curtiembres, del relleno sanitario de Doña Juana, zonas de alto riesgo por inundación o deslizamiento, entre otros.

Los indicadores del estado de salud en el área de influencia del río son precarios, debido a que hay mayor pobreza (ingresos bajos, alta densidad poblacional, viviendas en zonas de alto riesgo, falta de servicios básicos).

El perfil epidemiológico de la población de estas localidades indica que entre las primeras causas de morbi/mortalidad todavía perduran las enfermedades infecto-contagiosas como IRA (infecciones respiratorias agudas), EDA (enfermedades diarreicas agudas); el parasitismo intestinal, y las enfermedades de la piel, asociados a factores medio ambientales.

Se ha alterado la biodiversidad y el recurso hídrico, se han contaminado los suelos, la erosión ha causado la pérdida de terrenos cultivables, perpetuando más la pobreza y generando malnutrición en los pobladores.

Es necesario que el Gobierno Distrital tomen acciones para armonizar los aspectos de salud y ambiente, lo cual hace parte ineludible de la búsqueda del desarrollo sostenible.

1.1.6.2 Sistema de humedales en el Distrito Capital

Los humedales son ecosistemas intermedios con porciones húmedas, semihúmedas y secas. Se constituyen en zonas de manejo y preservación ambiental, dadas las funciones de hábitat de las especies endémicas, conservación de la biodiversidad, regulación hídrica y recarga de aguas subterráneas.

Estos ecosistemas cumplen un papel insustituible en la provisión de agua dulce, son un eslabón esencial del ciclo hidrológico natural, aseguran un abastecimiento de agua apropiado para mantenerse.

Los humedales son proveedores de agua, pero también necesitan un nivel adecuado para seguir suministrándola.

Son nichos de flora y fauna, y en la medida en que el calentamiento de la tierra impacta de forma negativa la flora, estos ecosistemas se afectan porque obedecen a un proceso sistémico.

Actualmente, están afectados por las presiones urbanísticas, lo que genera altos grados de eutrofificación y pérdida de las funciones ambientales e igualmente son seriamente amenazados por el calentamiento global y la contaminación.

Colombia tiene un área aproximada de 20 millones 252 mil 500 hectáreas de humedales, representados por lagos, pantanos y turberas, ciénagas, llanuras y bosques inundados. Bogotá, con 13 humedales, es la ciudad del país con más ecosistemas de este tipo, sin embargo han tenido un retroceso sobretodo, por la contaminación, el vertimiento de escombros y el desarrollo de urbanizaciones residenciales en su ronda. Está establecido que

hace 30 años, la capital del país tenía 50 mil hectáreas de humedales, pero actualmente, sólo cuenta con 800 hectáreas.

El país hace parte de la Convención Ramsar, Protocolo Internacional para la conservación de humedales. La variedad de humedales en Colombia permite la existencia de muchas especies de animales como mamíferos (chigüiro, nutria, manatí), aves tanto residentes (garza paleta, pisingo, garza real, pato turrio, tingua) como migratorias (barraquete aliazul), reptiles (babillas, caimanes, tortugas) y peces, los cuales representan la principal fuente de alimento y de sustento de los pescadores y de los habitantes de estos ecosistemas.

Tingua Bogotana de los humedales en extinción



Con el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), los 13 humedales urbanos se declaran Parques Ecológicos Distritales, definidos como áreas de alto valor escénico y/o biológico, cuyo principal uso, está estrechamente ligado a la conservación y preservación de la biodiversidad.

Debido al gran deterioro de los humedales, es urgente tomar medidas a corto, mediano y largo plazo, con miras a su restauración, especialmente para la conservación y mantenimiento de las poblaciones de avifauna.

Hacia los años 50, en la Sabana de Bogotá, la extensión de los humedales era aproximadamente de 50.000 hectáreas, en la actualidad, queda un área de la ciudad de 667.3 hectáreas, concentradas en 13 humedales: Torca (Usaquén), Guaymaral, La Conejera, Córdoba (Suba), Tibabuyes o Juan Amarillo (Suba-Engativá), Jaboque, Santa María del Lago, (Engativá), El Burro, La Vaca, Techo, Capellanía, Meandro del Say (Fontibón) y Tíbonica (Bosa).

La integridad ecológica de los humedales de Bogotá, se ve amenazada por los vertimientos de aguas residuales, por conexiones erradas del sistema de alcantarillado pluvial; que surte la llegada y disposición de diferentes tipos de residuos sólidos provenientes de los ríos, quebradas y canales, así como de actividades ilegales por disposición de materiales de construcción y otros desechos.

1.1.6.2.1 Problemática de los Humedales

- La falta de planeación de la Avenida Ciudad de Cali fragmenta el Humedal El Burro en dos sectores.
- La Autopista Norte y su futura ampliación, afectan el humedal TORCA-Guaymaral.
- La Avenida Cundinamarca, altera las funciones del humedal Juan Amarillo.
- La construcción de Centros Educativos Distritales en la zona de ronda de los humedales, y aprobación de licencias ambientales para funcionamiento de colegios privados. Ver figura 1.20

- Once humedales están afectados por 1.690.164 metros cuadrados de intervención urbanística.

PROYECTO	HUMEDAL
IED Álvaro Gómez	Juan Amarillo
Colsubsidio Torquigua	Jaboque
Liceo Católico	Guaymaral
Fesan	Conejera
Agustíniano con canchas y zona de parqueo	Córdoba
Jardines Infantiles del DABS Jardín Villa Amalia	Jaboque

Figura 1.20 Resultado de inspecciones de la contraloría de Bogotá 2006.
Infraestructura de centros educativos que afectan los humedales.

1.1.6.2.2 Humedal de la Vaca y Jaboque



Fuente: www.carlosalbertobaena.com

Un ejemplo claro del abandono de los humedales, se puede observar en el humedal de La Vaca, ubicado en la parte de atrás de Corabastos, en donde se conjugan diferentes problemas típicos de un sector que ha crecido de manera desordenada y ha sido presa fácil para los urbanizadores piratas.

A muy pocos metros del humedal se pueden observar las primeras muestras del descuido de este importante

cuerpo de agua, en un fétido basurero, en el que se mezclan los escombros con el estiércol de caballo e incluso restos de animales que han sido sacrificados. Los únicos que soportan los olores que allí se generan son los habitantes de la calle.

Esta explosiva mezcla trae además toda clase de vectores como ratas, zancudos y moscas que pululan al paso por las destapadas calles del barrio.

En el humedal “La Vaca”, uno de los más abandonados, Carlos Alberto Baena propuso la creación de riqueza y desarrollo en torno a los humedales del Distrito, por medio de las CIUDADELAS AMBIENTALES, que consive como proyectos urbanísticos oriebtados a recuperar lo ambiental y brindar oportunidades económicas a los habitantes del sector, por medio de la actividad turística; realizando acuerdos con universidades, colegios y empresarios y apoyándose en la cooperación internacional y la Responsabilidad Social Empresarial

El objetivo de esta propuesta es generar desarrollo urbanístico, pero sin dejar de lado dos componentes esenciales: El medio ambiente y la comunidad.

Humedal Jaboque

Adessa es la entidad encargada de administrar el Humedal Jaboque. Dentro de las diferentes actividades desarrolladas en pro de conservar el hábitat del humedal, viene adelantado un proyecto piloto con los lodos que salen del Humedal.

Como parte del proyecto piloto, se han realizado algunos muestreos en las piscinas piloto del lodo seco. Para ello Adessa contrato a la firma DAPHNIA durante dos

ocasiones para analizar los lodos, a cuyos resultados se les realiza una interpretación técnica. Ver figura 1.21

Por su naturaleza, los lodos sufren procesos de descomposición que generan efectos indeseables. Con el objeto de minimizar las molestias subsecuentes debidas a la degradación descontrolada de los compuestos orgánicos presentes en los lodos, se realiza un proceso denominado estabilización, que puede ser biológica o química.

En la estabilización biológica, el contenido orgánico de los lodos es reducido por degradación biológica en procesos controlados. Los procesos más comunes son la digestión anaerobia mesofílica (35°C), la digestión aerobia y el compostaje de lodos deshidratados. Adicionalmente, se logra una destrucción significativa de patógenos presentes en los lodos.

Por su parte, la estabilización química crea condiciones para inhibir a los microorganismos de los lodos con el fin de retardar la degradación de los materiales orgánicos y prevenir los olores desagradables. El proceso más utilizado es el aumento de pH usando cal u otro material alcalino.

Figura 1.21 Resultado de los análisis de laboratorio

PÁRAMETRO	UNIDADES	SUELOS Y SEDIMENTOS				Concentración Máxima Normas	Unión Europea 86/278/CEE		
		Nº 31602	Nº 31603	Nº 08/09/2006	Nº 08/09/2006	Nº 34321	Nº 34322		
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA				03/01/2007	03/01/2007	03/01/2007	03/01/2007		
ACIDEZ INTERCAMBIABLE	meq/100g	0,208	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
ALUMINIO	mg Al/Kg	1142,7	719,8	719,63	6661,7	8479,5			
CADMIO	mg Cd/Kg	<1,0	<1,0	28,7	8,4	29,4	39	18	20-40
CALCIO	mg Ca/Kg	1766,2	1569,7	2073,4	1806,4	1364,5			
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	meq/100g	25,5	26,7	1,7	3,8	4			
CONDUTIVIDAD	µS/cm	736	684	2270	1937	1714			
FOSFORO DISPONIBLE	mg P/Kg	2,91	3,18	61,93	79,52	82,86			
FOSFORO TOTAL	mg/Kg	2613,34	183,41	1371,35	1864,31	1629,15			
HIERRO TOTAL	mg Fe/Kg	16176,56	11953,91	8748,62	8076,1	8721,52			
HUMEDAD	%	4,2	1,9	5,2	4,2	3,1			
MAGNESIO METÁLICO	mg/Kg	906,6	603,7	580,1	481,8	537,4			
MATERIA ORGÁNICA	%	3,23	3,068	3,3	3,05	2,95			
NIQUEL	mg Ni/Kg	26,2	19,3	12,6	10,1	12,1	420	180	300-400
NITRÓGENO	% N	0,297	0,231	0,052	0,045	0,079			
PH	Unidades	7,89	7,86	7,16	7,24	6,97			
PLOMO	mg Pb/Kg	126	95,1	152	65,1	78,8	840	300	
POTASIO	mg/Kg	705,39	616,4	318,52	204,98	263,46			
RAS		1,7	1,8	0,3	0,3	0,3			
SODIO	mg Na/Kg	355,4	336,88	101,8	80,82	80,12			
SODIO INTERCAMBIABLE	%	1,2	1,3	1,4	1,6	0,7			
MICROBIOLÓGICO									
COLEIFORMES FECALES	NMP/100 mL	300000	240000	200	80000	200	<1000 Clase A <2X10 ⁵	1,5 X 10 ⁵ – 5,1X10 ⁵	

Del análisis efectuado se observó que:

- Tan sólo dos de las muestras analizadas cumplieron con la norma de Coliformes Fecales establecida en el RAS 2000 con lo cual queda en evidencia la necesidad de mejorar los procesos de deshidratación.
- Se aprecia un importante contenido de Cadmio en las muestras N° 34321 y N° 34323 que excede la concentración máxima permitida por la legislación Colombiana establecida en el RAS 2000. No obstante, la normativa dada por la USEPA fija un nivel permisible mucho más alto para este metal, teniendo en cuenta su baja solubilidad y tendencia a quedar inmovilizado en el suelo.
- Las concentraciones de plomo y níquel no exceden la norma nacional ni la de USEPA.
- Es importante medir la concentración de elementos como Selenio, Arsénico, Mercurio, Molibdeno y en especial, aquellos que producen comprobada fitotoxicidad como el Cromo, el Cobre, y el Zinc para poder conceptualizar sobre la viabilidad de uso de los lodos en agricultura.
- De acuerdo con los “Standards of Sludge” de la EPA los lodos analizados pueden considerarse como de Clase B puesto que cumplen con uno o más de los siguientes parámetros:
 1. Promedio geométrico de coliformes fecales como mínimo de 7 muestras menos de 2.000.000 NMP/ gramos de peso seco o menor de 2.000.000 UFC/ g de sólidos totales.

2. Uso de procesos de tratamiento de lodos diseñados para lograr una reducción significativa de patógenos
 3.
 - a. Digestión aeróbica
 - b. Secado al aire
 - c. Digestión anaeróbica
 - d. Compostaje
 - e. Estabilización con Cal
- Los lodos podrían ser usados eventualmente en remediación paisajística siempre y cuando las mediciones de metales como Arsénico, Mercurio, Molibdeno Cromo, Cobre, Níquel y el Zinc no excedan la norma colombiana contenida en el RAS 2000. Asimismo, deberá subsanarse la carencia de nutrientes esenciales como el nitrógeno, mezclando los lodos por ejemplo, con compost u otra clase de sustrato con mejores propiedades en proporciones de 2:1 o 3:1 para lo cual deberán realizarse estudios específicos.
 - Se recomienda tener especial cuidado en el aislamiento con arcilla en las paredes de las trincheras para evitar la migración de lixiviados al suelo y asimismo, evitar la excesiva profundidad de las mismas con el propósito de facilitar los procesos de secado y reducción de patógenos de los lodos.
 - El compostaje aerobio de los lodos constituye una alternativa interesante para mejorar las propiedades físicas y químicas de los mismos con miras a su aplicación directa al suelo.

1.1.7 Residuos sólidos

Una de las problemáticas que ha enfrentado la humanidad en las últimas décadas tiene que ver con el manejo y disposición final de los residuos sólidos, ya sean orgánicos o inorgánicos, producto de las diferentes actividades cotidianas. El problema se agudiza con la implementación y desarrollo del actual modelo económico ya que entre otros aspectos, este tiene como eje fundamental, el crear y propiciar una sociedad de consumo trayendo consigo diversos flujos de residuos incontrolados que significan altos costos sociales, económicos y ambientales para las ciudades afectadas. El incremento del volumen de los residuos han generado un problema a nivel residencial y poco a poco, éste se ha ido trasladando a las calles, cuerpos de agua y zonas verdes de las ciudades, lo que evidencia una clara inconciencia ambiental. Los residuos sólidos existen desde los albores de la humanidad como subproducto de la actividad de los hombres. Su composición física y química ha ido variando de acuerdo con la evolución cultural y tecnológica de la civilización. La forma más fácil que encontró el hombre primitivo de disponer los desechos no comestibles por los animales fue arrojarlos en un sitio cercano a su vivienda; así nació el botadero a cielo abierto, práctica que se ha mantenido hasta nuestros días.

El problema de los residuos sólidos en la mayoría de los países se agrava como consecuencia del acelerado crecimiento de la población, de la concentración desmesurada en áreas urbanas, así como un desordenado desarrollo industrial, de los cambios no contemplados en los hábitos de consumo, y a la ausencia de planificación urbana. En la mayoría de los casos, el desarrollo de cualquier región va acompañado de una mayor producción de residuos sólidos, los cuales si no se manejan adecuadamente, afectan la salud de la comunidad; por lo tanto, la salud se constituye en un motivo

esencial para que se implementen las soluciones satisfactorias orientadas a realizar una correcta gestión y resolver los problemas de su manejo y disposición final.

El consumismo va directamente relacionado con el volumen de basura. Consumimos diariamente productos envasados en latas, tarros, botellas, plásticos, papeles y otros, y todo ello va a parar a la basura.

Situación Actual en Colombia

El inadecuado manejo y disposición final de residuos sólidos en todo el territorio nacional alcanza hoy dimensiones críticas, que por supuesto tocan directamente la sensibilidad nacional ante inminentes emergencias ambientales y sanitarias.

En el país no hemos podido determinar ni en cantidad ni en impacto, los riesgos asociados al mal manejo de las basuras como la contaminación de los suelos, el agua que se filtra a través de los desechos mejor conocida como lixiviados y que termina contaminando aguas superficiales y subterráneas, y los gases tóxicos y cancerígenos que produce la quema descontrolada de residuos entre otros. Hay estudios que afirman que el 80% de la basura es recicitable. Hoy en día estamos enterrando anualmente, miles de toneladas de materiales que pudieran ser aprovechables en todo el país.

El año pasado, la Contraloría General de la República adelantó una auditoria especial sobre el manejo de residuos en el país y encontró síntomas de una catástrofe ambiental. Cada día el país produce 27.600 toneladas de basuras de las cuales la mayoría, se disponen de manera ilegal e inadecuada; a la mitad de los hogares colombianos no le recogen la basura; sólo 274 municipios colombianos cuentan con rellenos sanitarios y menos

de la mitad cumple con las normas mínimas requeridas por las autoridades ambientales y en 678 pueblos simplemente recogen la basura y la llevan a algún sitio para quemarla en botaderos a cielo abierto, generando problemas de roedores, insectos, etc.; en 84 pueblos más la están enterrando y en 55 la arrojan directamente a los cuerpos de agua, sin ningún tipo de tratamiento. Es una tragedia, porque la situación es una amenaza para el ecosistema y para la salud pública en el país.

Actualmente, las proyecciones del futuro inmediato son preocupantes. Según ACOPLÁSTICOS se calcula que en la actualidad en Bogotá, cada persona produce en promedio 0.70 kilogramos de basura al día. Esto significa que con un incremento poblacional promedio de 200 mil habitantes por año, el aumento en la generación de residuos será de 200 toneladas diarias por año, pasando de 7.000 toneladas por día en 2005 a 8.000 en 2010. Es decir, que los 2 años y medio de vida útil que hoy le quedan a Doña Juana se van a reducir a menos de 2.

La cadena de reciclaje en Bogotá opera bajo la informalidad como en el resto del país. Según el DANE en las calles bogotanas circulan 8.500 recuperadores de oficio en condiciones indigencia y de alta vulnerabilidad.

Este panorama nos muestra dos necesidades urgentes. Primero, voluntad política de las autoridades para aplicar las herramientas como el Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos o la normatividad establecida desde hace varios años. Y segundo, dignificar la labor del recuperador de oficio, reconociéndolo como un agente ambiental, dentro de una red ciudadana concientizada de la importancia de la separación en la fuente.

La prueba de que el problema no es la falta de conciencia de la ciudadanía sino de la Administración

es que según encuestas del Plan de Manejo M_ntegral de residuos sólidos, la disposición de la comunidad para atender programas de separación en la fuente es del 60%.

Es hora de pasar de los diagnósticos a las acciones concretas para lograr que se aproveche lo que es aprovechable. El problema de las basuras no es sólo un tema de malos olores, no se puede permitir otra tragedia como el derrumbe del relleno de Doña Juana en la década de los 90's.

Generalidades de la producción de residuos sólidos:

La producción promedio de residuos sólidos de un municipio de menos de 100.000 habitantes es de 0.8 Kg/hab –día, y para uno de más de 100.000 habitantes, es de 1.3 Kg/hab – día.

- En Colombia, hay cerca de 350 rellenos sanitarios (asociados a 110 municipios) y al menos el 50% no funcionan de manera adecuada.
- En promedio, a nivel nacional se producen 27.000 Ton/día (35% grandes ciudades)
- Composición promedio de 65% contenido orgánico y 35% de no orgánico.
- El 90%, de los residuos es susceptible de reciclaje, pero solo se recupera el 10%.
- Cerca de 700 municipios operan con Botadero a cielo abierto.

- En Colombia entre el 10% y el 15% del CH₄ proviene de residuos sólidos.
- 40.7% (11.150 t) se producen en las 4 ciudades más grandes de Colombia
- Bogotá produce el 20 % del total de los residuos (diariamente más 4 mil 800 toneladas).
- Según los cálculos que se han hecho hasta el momento en la ciudad, buscando otras alternativas a los rellenos sanitarios, mientras una tonelada de basura depositarla en los rellenos cuesta \$16 mil pesos, incinerarla tendría un valor de \$70 mil pesos.

Eso sin contar con que la producción de contaminantes atmosféricos por cuenta de la incineración también son bastante altos.

- Se trata, en definitiva, de que pongamos en práctica la consigna de las tres R, reducir, reutilizar y reciclar, en este orden de importancia. Sólo después deberíamos pensar en la disposición.

1.1.7.1 Composición y caracterización de los residuos

La importancia de cuantificar la composición y características de los residuos sólidos, radica en conocer el grado de consumo existente y determinar el valor del rescate de los residuos de reciclaje.

La caracterización de los residuos también permite estimar el espacio e infraestructura requeridos para los rellenos sanitarios.

La composición física de los residuos varía con las costumbres y grado de desarrollo de las regiones, permitiendo ver las tendencias en uso de ciertos elementos.

En la figura 1.22 se muestran los resultados de algunos análisis porcentuales de la caracterización de los residuos sólidos en Bogotá.

Los valores de materia orgánica, entre 40 y 70%, son más altos que el de los países industrializados y obviamente, el de papel, cartón, metal y vidrio son inferiores, aunque el porcentaje de plásticos es similar.

Tabla No. Promedio Histórico de residuos que ingresan al RSDJ por tipo de material.

Promedio histórico de residuos que ingresan al RSDJ desagregados por tipo de material		
Tipo de material	% Promedio	Número promedio de Ton/mes
Residuos totales		153.346,50
Materia orgánica	64.3	98.801,90
Plásticos y cauchos	18.7	28.495,90
Textiles	4.0	6.119,30
Papel y cartón	8.2	12.567,00
Metales	0.8	1.175,30
Vegetales putrescibles	0.0	0
Cuero	0.3	435,8
Minerales	0.1	132
Vidrio y cerámica	1.0	1577,2
Ladrillo y cenizas	0.0	0
Huesos	0.3	437,3
Madera	0.6	932,7

Fuente: Gerencia Interventoria UTC, julio de 2004

uente: UESP Documento técnico de soporte PMIRS 2006.

Posteriormente, el desarrollo económico, la industrialización y la implantación de modelos económicos que basan el crecimiento en el aumento sostenido del consumo, han supuesto una variación muy significativa en la composición de los residuos y de las cantidades

en que son producidos. Se han incorporado materiales nuevos como los plásticos de origen sintético y han aumentado su proporción otros como los metales, los derivados de la celulosa o el vidrio, que antes se reutilizaban abundantemente y que ahora se desechan con gran profusión.

1.1.7.2 Efectos en la salud e impactos sobre el ambiente

El impacto de los residuos sólidos en la salud y en el ambiente es ocasionado por:

- Presencia en los residuos sólidos de compuestos de naturaleza peligrosa, como pilas, aceites minerales, lámparas fluorescentes, medicinas caducadas, etc.
- Contaminación de suelos.
- Contaminación de acuíferos por lixiviados.
- Contaminación de las aguas superficiales.
- Ocupación incontrolada del territorio generando la destrucción del paisaje y de los espacios naturales.
- Creación de focos infecciosos.
- Proliferación de plagas de roedores e insectos.
- Producción de malos olores.

1.1.7.2.1 Efectos en la salud pública

1. Enfermedades causadas por la contaminación del aire

Hay múltiples patologías cuya etiología primordial es la exposición ambiental y ocupacional a agentes tóxicos de forma aguda o crónica inhalados en un momento determinado.

Se desconoce la magnitud exacta del problema pero no hay duda de que hay un gran número de personas con

riesgo de sufrir enfermedades, principalmente respiratorias, como consecuencia de una exposición profesional o ambiental a sustancias presentes en los residuos. Es muy bien sabida la prevalencia y la incidencia de EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica), asma, neumoconiosis, neumonitis por hipersensibilidad. Hay que tener en cuenta que, a excepción del cáncer, las demás patologías anteriormente mencionadas tienen una fisiopatología idéntica a la ocasionada por el tabaquismo.

Muchos estudios epidemiológicos sobre diferencias regionales e internacionales en la prevalencia de las enfermedades respiratorias crónicas sugieren que la exposición prolongada en áreas contaminadas, desde el principio hasta la mitad del siglo XX, se asociaba a un incremento de dichas enfermedades. Tanto así que, como nos lo demuestran los cálculos recientes de estudios realizados en Estados Unidos, en los cuales se muestra que si de 2.4 millones de trabajadores que han estado expuestos a contaminantes ambientales, solamente el 5% padeciesen una enfermedad como consecuencia de dicha exposición, esto representaría más de 100.000 personas. Por lo tanto, se debe tener en cuenta el impacto socioeconómico que esto puede generar debido a la cantidad de dinero que esto significa, así como a la capacidad laboral disminuida de las personas expuestas.

Es importante entender que a pesar de ser estudios epidemiológicos norteamericanos, estos nos muestran la incidencia que pudiera llegarse a dar en un país como Colombia y hacen pensar qué tan comprometida puede estar la salud de la población en regiones urbanas.

2. Enfermedades causadas por residuos

Cólera: Causada por el Vibrio Cholerae que se encuentra en los desechos orgánicos. Produce una fiebre recurrente intensa y diarrea profusa capaz de comprometer la vida.

Ascariosis: Infección cuyo agente etiológico es el ascaris lumbricoides el cual se encuentra en la basura los huevos larvados fácilmente ingeribles que posteriormente, se convertirán en la lombriz adulta en el intestino humano. Puede llegar a producir obstrucción intestinal, biliar, absceso hepático y diarrea.

Giardiasis: Infección causada por el patógeno Giardia lamblia, el cual produce disentería (diarrea hemorrágica) y posteriormente, puede llegar a producir anemia debida a la ingestión de hematíes por parte de este parásito.

Dengue: Enfermedad cuyo vector es el mosquito del género Aedes Aegyptis el cual se reproduce de forma satisfactoria gracias al agua estancada en la que puede depositar sus huevos. Si se le suma la contaminación de las basuras al hecho de que el agua se puede estancar en ésta tendremos un caldo de cultivo ideal para su reproducción.

La putrefacción de la materia orgánica que es el mayor componente de las basuras (50-70%), generará con gran rapidez gases y vapores tóxicos (metano, bióxido de carbono, benceno, cloruro de vinilo), o generadores de malos olores (mercaptanos, sulfuro de hidrógeno).

Los gases tóxicos como el metano y bióxido de carbono tienen problemas respiratorios, asfixia y aumento de la susceptibilidad de la población aledaña de sufrir con mayor frecuencia problemas respiratorios (asma, bronquitis).

El benceno presente en cualquier subproducto del petróleo (gasolina, querosene, cocinol, tener) produce leucemia, el cloruro de vinilo, monómero para la fabricación del PVC también es reconocido carcinógeno humano.

Los malos olores inhalados diariamente además del malestar general que producen, llevará a que la mucosa olfativa se atrofie.

Los residuos sólidos igualmente son trasmisores de enfermedades infecciosas a través de vectores como moscas, zancudos y roedores.

MACRO Y MICROORGANISMOS PATÓGENOS PRESENTES EN LOS DEPÓSITOS DE BASURA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA

Tipo de macro/microorganismo	Síntoma/Enfermedad/transmisor
Virus de la hepatitis A, B	Hepatitis/ Vasos, jeringas contaminados
Virus del cólera	Diarreas/ Materias fecales.
Salmonela	Salmonelosis, fiebre tifoidea/Materias fecales, moscos y zancudos
Echerichia coli (coliformes)	Diarreas/Excrementos humanos
Leptospira	Leptospirosis. Anemia, hemorragias, fiebre/roedores
Gusanos y tenias	Diarreas, cistitis hemorrágica/ Excrementos humanos y de Animales/Residuos cárnicos
Parásitos(Lombrices y huevos)	Diarreas/ Excrementos humanos

Según los estudios realizados en países de América Latina y Caribe por la Organización Panamericana de la Salud y Organización mundial de la salud , OPS/OMS, toda basura contiene residuos de alta peligrosidad; aunque no se conoce con exactitud la cantidad de residuos potencialmente peligrosos en la basura domiciliaria, se

estima que pueden contener del 0.3 a 1%. Si bien es una fracción reducida, la cantidad de 300 t/día que se depositan en los rellenos sanitarios, serían de 1 a 3 t/día de este tipo de residuos, capaces de generar graves efectos a largo plazo como cáncer, mutaciones, efectos neurotóxicos, efectos renales, entre otros. Algunos de estos residuos tienen propiedades oxidantes, corrosivas, inflamables y explosivas.

EJEMPLOS DE RESIDUOS PELIGROSOS PRESENTES EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA

Cadmio (pilas, fertilizantes químicos)	Acumulación en hígado, riñones, Huesos/osteoporosis, cáncer
Cromo VI (curtiembres)	Cáncer pulmonar
Mercurio(pilas, termómetros)	Daño renal
Berilio (Lámparas fluorescentes)	Cáncer pulmonar
Plomo/pinturas anticorrosivas, (baterías)	Anemia, infertilidad, daño cerebral., cáncer
Benceno	Leucemia, anemia
Aceites quemados y lubricantes, fenoles	Cáncer
Insecticidas organofosforados y carbamatos (insecticidas domésticos)	Afectación cerebral y del sistema nervioso
Piretroides (insecticidas domésticos)	Alergias y muerte de pájaros

1.1.7.2.2 Los efectos ambientales de los residuos sólidos

A. La contaminación en la ciudad

Basura en las calles y en los alcantarillados

La expresión residuos sólidos incluye a los residuos sólidos generados en las viviendas, en los procesos de lim-

pieza de los espacios públicos, en la actividad industrial, en la construcción y demolición de infraestructura de edificaciones públicas o privadas y en la carga y descarga de materiales. Igualmente, pueden incluirse aquellos residuos sólidos generados en pequeñas factorías industriales (artesanales), los lodos generados en los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales o industriales, la chatarra de maquinaria y los residuos de hospitales, entre otros. Por tanto, son todos aquellos residuos que por sus características físicas o su acondicionamiento deben manejarse en forma independiente de los residuos líquidos y de los residuos liberados a la atmósfera.

Los principales problemas ambientales que genera un inadecuado manejo de los residuos sólidos son el deterioro estético de los centros urbanos y del paisaje natural, y los efectos adversos para la salud humana por la proliferación de vectores transmisores de enfermedades.

Lo anterior se agrava considerando que, en la gran mayoría de los centros urbanos del país, la disposición de residuos sólidos se realiza en forma indiscriminada: en los sitios de disposición final, es común encontrar residuos industriales mezclados con residuos hospitalarios o con los residuos domésticos.

La basura en las calles

La basura en las calles se recoge de forma manual o mecánica dependiendo de las condiciones de las vías la basura de las calles proviene principalmente del barrido de aceras y bordes de carreteras como también de canecas de aseo dispuestas en el espacio público. La frecuencia mínima para recoger esta basura es de dos veces por semana, pero se ajusta para garantizar el estado general de limpieza.

Estos residuos que salen de las calles de las ciudades son llevados a disposición final pero cuando las labores de limpieza no coinciden con las fechas para recolectar y transportar la basura, estas quedan en el espacio público, en donde los recuperadores de oficio las rompen obteniendo así una dispersión de basura por las calles que cuando llueve llegan a las alcantarillas, taponándolas y causando además de malos olores, encharcamientos y en el peor de los casos inundaciones.

La descarga de la basura en arroyos y canales o su abandono en las vías públicas, también son un problema para el manejo de basuras de las ciudades, trayendo consigo la disminución de los cauces y la obstrucción tanto de éstos como de las redes de alcantarillado. En los períodos de lluvias, provoca inundaciones que pueden occasionar la pérdida de cultivos, de bienes materiales, lo que es más grave aún, de vidas humanas.

El sistema de alcantarillado funciona, entre otras, para drenar el agua de lluvia, pero cuando hay presencia de basura, la alcantarilla se obstruye, lo cual limita la capacidad, permitiendo que el agua fácilmente sobrepase el nivel de la alcantarilla, inundando la calle y disminuyendo su capacidad de drenaje.

B. *Contaminación de los cuerpos de agua y aguas subterráneas por efectos de botaderos a cielo abierto y lixiviados de rellenos sanitarios*

Los problemas del manejo de los residuos sólidos no sólo afectan la salud humana sino que, también, están relacionados con la generación de contaminación atmosférica, la contaminación del suelo y la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Impactos sobre cuerpos hídricos superficiales

Uno de los efectos ambientales más serios provocados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos, es la contaminación de las aguas superficiales por el vertimiento de éstos en los ríos, quebradas y otros cuerpos de agua. Estos residuos sólidos aumentan considerablemente la carga orgánica, disminuyen el oxígeno disuelto presente en el agua y aumentan los nutrientes (N y P), ocasionando un aumento descontrolado de algas y generando procesos de eutrofización; cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes, el problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores, 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 seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido. Como consecuencia, se produce la pérdida del recurso para el uso humano (consumo o recreación), la muerte de la fauna acuática y el deterioro del paisaje.

Así mismo, como en el país no existe discriminación para la disposición de residuos sólidos industriales, es factible que estos sean dispuestos conjuntamente con los domésticos en las corrientes de agua y que, por lo tanto, se pueda estar contaminando las aguas con sustancias peligrosas. Todo lo anterior no sólo provoca la pérdida del recurso agua, sino que implica altas inversiones para hacerla útil para su consumo.

En el relleno sanitario Doña Juana, de Bogotá, la contaminación de las aguas del río Tunjuelito por la afluencia de lixiviados sin tratamiento, es un ejemplo típico de la problemática ambiental generada por los rellenos sanitarios no manejados técnica y ambientalmente.

Los programas de monitoreo de los lixiviados generados en este relleno sanitario Doña Juana, conducidos por la CAR durante 1995, permiten concluir la alta carga contaminante diaria de DQO (demanda química de oxígeno), de DBO (demanda biológica de oxígeno) y de grasas y aceites. Igualmente, detectaron la presencia de cromo, fenoles, plomo, aluminio, mercurio y detergentes, entre otros. Si bien la CAR todavía no dispone de instrumental analítico para la detección de compuestos orgánicos, hidrocarburos y aromáticos polinucleares, es casi segura su presencia.

El efecto ambiental más obvio del manejo inadecuado de las basuras es el deterioro estético de las ciudades y el paisaje natural, la contaminación de aguas superficiales y subterráneas y la contaminación del aire. Se estima que el 91 % de los municipios de nuestro país disponen sus residuos a cielo abierto, sobre ríos o fuentes de aguas superficiales o se entierran sin ninguna técnica.

Impactos sobre las aguas subterráneas

Los acuíferos, al igual que las aguas superficiales, pueden ser contaminados por la mala disposición de los residuos sólidos. Así, según estudios de la CAR en 1984, en los botaderos El Cortijo y Gibraltar, de Bogotá, la contaminación de las aguas subterráneas por los lixiviados generados evidenció problemas de contaminación de aguas subterráneas con plomo, cromo, mercurio y sustancias orgánicas.

C. Contaminación del aire (gas metano)

Hay similar preocupación por el brusco aumento del contenido de metano en la atmósfera. Su concentración ha aumentado un 11% desde 1978. Más o menos el 80% del gas es producido por pantanos, intestinos de los ani-

males herbívoros, y por las termitas tropicales. Añadido al efecto invernadero, el metano reduce el volumen atmosférico de iones hidroxilo, alterando así la capacidad de la atmósfera para autodepurarse de contaminantes.

Según el Departamento Administrativo de Medio Ambiente, el Relleno Sanitario Doña Juana es responsable del 98% de emisiones de gas metano que se emite en la ciudad de Bogotá.

1.1.7.3 Sistemas de disposición final

Antes de abordar los diferentes sistemas de disposición final de residuos es importante conocer sobre que es el MIRS “Manejo Integral de Residuos Sólidos”, considerado por expertos como la práctica más adecuada para minimizar el impacto que producen éstos. El Manejo Integral de los Residuos Sólidos no es más que la selección, aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idónea, orientadas a disminuir el impacto ambiental negativo. Se compone de los siguientes elementos funcionales:

- Generación y almacenamiento
- Recolección
- Transporte
- Aprovechamiento y valoración
- Transformación
- Disposición final

Existen diversos sistemas de disposición final considerados como aceptables desde el punto de vista técnico y sanitario siempre y cuando cumplan con una serie de condiciones que permitan mantener la calidad de nuestros recursos sin afectar adicionalmente al sistema natural y el ser humano.

Formas de disposición

1. *Disposición a cielo abierto:* El método más generalizado para deshacerse de las basuras es colocar los residuos en tierra. Sin embargo los problemas a los que se da lugar hacen que no puedan ser considerados como un método de gestión adecuado porque generan problemas de espacio, contaminación con agentes tóxicos, contaminación de fuentes hídricas, problemas sociales, entre otros.

2. *Relleno sanitario:* Los rellenos sanitarios son diseñados para momificar la basura y los materiales sufren degradación lenta Los principales problemas ambientales que generan los rellenos sanitarios son:

- Los productos químicos tóxicos provenientes de la industria, la agroquímica y de los hogares, son arrastrados por las aguas lluvias y llegan a las aguas superficiales y subterráneas.
- La materia orgánica es descompuesta por acción de los microorganismos en ausencia de aire, se producen así gran cantidad de compuestos, que incluyen sustancias infecciosas y malolientes, gas metano y lixiviados.
Los lixiviados son líquidos residuales generados por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos en condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación
- Estos líquidos presentan gran potencial de afectación al medio ambiente y a la población circundante, toda vez que representan un riesgo para la salud humana, causando impactos ambientales como:

contaminación atmosférica por exposición de los lixiviados al aire libre, contaminación de las aguas subterráneas debido a la permeabilidad del suelo; alteración del ecosistemas, proliferación de agentes o vectores como: insectos de todo tipo, plagas, parásitos, parasitoides entre otros, transmisores de enfermedades.

Es importante citar la problemática ambiental que se ha presentando en el relleno Doña Juana (Bogota) donde hubo un deslizamiento en septiembre de 1997 causado por a la acumulación de lixiviados, lo cual no permitió el flujo normal de los gases hacia la superficie y las chimeneas, produciendo una falla que llevo los residuos al río Tunjuelito causando una alteración de las características físico-químicas y microbiológicas.

3. Incineración: La incineración reduce el volumen de los residuos líquidos o sólidos, pero lo hace a costa de convertirlos en pequeñas partículas o emisiones gaseosas. Como consecuencia de esto los residuos se expanden sobre un área mucho menor, pero la masa total continua siendo la misma. Difícilmente puede ser considerado como eficaz un método que como la incineración convierte 10 toneladas de basura en 3 toneladas de residuos tóxicos peligrosos. Este sistema convierte la mezcla heterogénea de materiales que constituyen la basura normal, en grandes cantidades de cenizas altamente tóxicas que deben ser depositadas en algún lugar.

La incineración no recupera materiales ni elimina los rellenos sanitarios. Es fuente de contaminación, no resuelve el problema de la basura y produce energía de forma poco eficaz. Aunque muchos incineradores producen energía, la cantidad recuperada es considerablemente menor que la que se requiere para producir lo que se quema. Quemar la basura no es un proceso

limpio. Se produce contaminación del aire y del agua y toneladas de basura tóxica.

4. *Basureros*: Aunque no es una práctica recomendable para manejo de residuos sólidos, se hace necesario mencionar que lo más común en todas las regiones es arrojar la basura en cualquier potrero o calle, con lo cual se generan problemas aun peores que los obtenidos con los rellenos.

Estos basureros se dan principalmente por no existir programas de Gestión Integral de Residuos sólidos en los entes municipales (sistemas de recolección, rutas permanentes de recolección y sitios adecuados para la disposición) aunado a la falta de conciencia ciudadana.

Estos basureros temporales terminan convirtiéndose en foco de malos olores y vivienda de roedores e insectos y por supuesto generadores de enfermedades.

1.1.7.4 Aprovechamiento de los residuos sólidos

Para lograr una gestión óptima se requiere involucrar mecanismos adicionales de procesamiento y transformación de los residuos para minimizar la disposición y lograr el rehuso y reciclaje con el fin de disminuir la demanda de materia prima, todo esto dentro de una visión ecológica, ambiental y económica. En este país del total de residuos producidos solo el 20 % son reciclados y el costo de reciclarlos por tonelada equivale al 50 % del costo total de recogerlos y transportarlos. Actualmente las únicas soluciones para la disposición de los residuos en cierto grado ambientalmente aplicables son los siguientes:

1. *Rentilización o reciclaje*: Es el proceso mediante el cual se recuperan, reelaboran y aprovechan los desechos de

diferentes fuentes generadoras convirtiéndolas en materia prima para la fabricación de nuevos productos útiles a las sociedad, cuyo objetivo principal es la conservación y preservación de los recursos naturales. Aunque el número no ha sido claramente definido se cree que en Colombia derivan su sustento del reciclaje cerca de 50.000 personas.

2. *Compostaje o lombricultura*: Proceso que sirve para convertir los residuos orgánicos en materia estable con apariencia de humus, el cual es un excelente mejorador orgánico de suelos. El compostaje se puede definir como la descomposición controlada por acción biológica de los residuos orgánicos, esta descomposición se puede producir de forma aeróbica o anaeróbica.

Una forma de acelerar el compostaje de desechos orgánicos se puede lograr utilizando lombricultura.

3. *Reúso*: El mercado del reúso lo constituyen diversos objetos o partes que en algún momento son considerados desechos pero que por factores económicos, sociales y culturales adquieren nuevo valor y son comercializados para el reúso, que hace años fue el principal canal de aprovechamiento y hoy es marginal.

4. *Acopio o comercialización*: Es un trabajo que viene seguido del reciclaje, el cual se lleva a cabo por cooperativas o empresas recuperadoras; en el país existen muchas de este tipo y su trabajo debe ser valorado como un aporte al medio ambiente.

5. *Reciclar*: Elemento que permite vincular en una misma producción concreta las dimensiones ética, estética y técnica como síntesis de la reflexión acerca de la cultura de los desecharables y la posible reconstrucción y recreación del desecho en procesos productivos y artísticos

1.1.8 Residuos peligrosos e infecciosos

1.1.8.1 Legislación

En Colombia, el tema de los residuos peligrosos, aparece en la Ley 09 de 1979, Código Sanitario Nacional en la cual se contemplan las disposiciones generales de orden Sanitario para el manejo, uso, disposición y transporte de los residuos sólidos. Esta Ley en su artículo 31, establece la responsabilidad en el manejo de las basuras con características especiales, señalando, que el producto de éstas, en los términos señalados por el ministerio de Salud, será responsable de su recolección, transporte y disposición final. Igualmente en su artículo 33 estipula las características técnicas requeridas por los vehículos de transporte para estos residuos Decreto 02 del 11 de enero de 1982 dado por el Ministerio de Salud que señala en el artículo 27 lo siguiente: Los incineradores de residuos patológicos e industriales deberán contar obligatoriamente con sistemas de quemado y post - quemado de gases o con los sistemas de control de emisiones que exijan las normas como son el decreto 02/82, decreto 948 de 1995, resolución 058 de 2002, resolución 886 de 2004.

La Resolución 2309 de 1986 define la connotación de residuos especiales, entendiéndose como los objetos, elementos o sustancias que se abandonen, boten, desechen, descarten o rechacen y que sean patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos, radiactivos, o volatilizables y los empaques y envases que los hayan contenido como también los lodos, cenizas y similares.

Posteriormente, en el Decreto 1713 de 2002 mediante el cuál reglamenta el manejo de residuos sólidos a nivel nacional los tiene contemplados de manera general, pues antes de éste ya estaba vigente el decreto 2676 de

2000 y la resolución 1164 de 2002 que tienen que ver ya de manera más directa con el tema de los residuos peligrosos de tipo hospitalario y/o similares (dentro de los que se incluyen los residuos de funerarias, cementerios, laboratorios, centros de necropsias, clínicas veterinarias).

En diciembre de 2005, se emite el decreto 4741 de 2005 el cual tiene que ver de manera más directa con el tema de los residuos de tipo peligroso en el país y en este momento se están empezando a divulgar los lineamiento para la aplicación del mismo.

A la fecha, no se carece de normas, pero se carece de conocimiento acerca de los riesgos tóxicos para las personas que se exponen al contacto con éstos. Para el manejo de residuos infecciosos es necesario estar vacunados contra enfermedades de tipo infectocontagioso como hepatitis B, tétano, difteria, entre otras.

1.1.8.2 Residuos anatopatológicos, infecciosos y peligrosos alrededor de los cementerios, funerarias y centros de salud en Bogotá

El ejercicio de manejar cadáveres humanos es cuestión de aquellos trabajadores de las funerarias, los cementerios, los laboratorios de tanatopraxia y de medicina legal. Aunque no atañe al común de las personas, si de manera directa a las personas que ejercen la función real de levantamientos de cuerpos, embalsamamiento de los mismos, necropsias, inhumaciones, cremación de cuerpos y exhumaciones.

La muerte es algo inherente a la misma vida ya que es la última etapa de la existencia humana en la tierra, ello acarrea que desde el mismo instante de morir nos

convirtamos en un foco infeccioso para nuestras mismas familias ya que el cuerpo empieza de manera inmediata el proceso de descomposición, pasando a la etapa del clímax de la putrefacción para seguir y culminar con el estado esquelético como tal.

Con un cadáver se realizan diferentes acciones dependiendo de las causas del deceso. Por ejemplo si la persona ha muerto en casa o en un hospital, los pasos a seguir son un poco diferentes a cuando la persona muere en combate en medio de la selva o cuando fallece de manera trágica en un accidente ya sea aéreo, vehicular o caídas en una obra de construcción o sitios de trabajo. Sin embargo luego de los pasos o etapas de diligenciamiento previo o de investigaciones por parte de la Fiscalía, el cuerpo termina llegando ya sea a un laboratorio de necropsias llamado comúnmente medicina legal o al laboratorio de tanatopraxia de la funeraria.

¿Y qué tipo de residuos manejamos durante estos procesos? Básicamente residuos de tipo peligroso, e infeccioso como son los Biosanitarios, cortopunzantes, anatompalógico y químicos citotóxicos. Todos estos residuos están compuestos por cultivos, mezcla de microorganismos, órganos en descomposición y portadores de enfermedades infectocontagiosas.

Si vamos a definir los residuos peligrosos de tipo infeccioso, podemos decir que son los residuos generados en las funerarias, cementerios, laboratorios u hospitales que están directamente relacionados con la prestación de servicios mortuorios y de salud respectivamente y deben tener un tratamiento especial por el riesgo de contaminación que presentan para las personas, ante la posibilidad de haber estado en contacto con agentes patógenos. Y cuenta con algunas de las siguientes características: Infecciosas, combustibles, inflamables,

explosivas, reactivas, radiactivas, volátiles, corrosivas y / o tóxicas, que pueden causar daño a la salud humana y / o al medio ambiente. Así mismo se consideran peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos. Se clasifican en:

**Residuos Infecciosos
o de Riesgo Biológico**



Son los generados durante los diferentes procesos de tanatopraxia, exhumaciones, necropsias, en la atención de salud y que al haber entrado en contacto con pacientes, representan gran riesgo de infección tanto al interior, como al exterior de las instituciones, sea cementerio, hospital, funeraria, laboratorio. Dentro de ellos están aquellos residuos generados en las pruebas que estuvieron en contacto con fluidos corporales, muestras para análisis, sangre, subproductos y residuos provenientes de pacientes y/o cadáveres infectados.

1.1.8.3 Clasificación de los residuos infecciosos

Los residuos infecciosos o de riesgo biológico se clasifican en:

- **Biosanitarios**

Son todos aquellos elementos o instrumentos utilizados durante la ejecución de los procedimientos asistenciales que tienen contacto con materia orgánica, sangre o fluidos corporales de un paciente y/ de un cadáver, tales como: gasas, apósticos, algodones, drenes, vendajes, material de laboratorio o cualquier otro elemento desechable que la tecnología médica introduzca para estos fines.

- **Anatomopatológicos**

Son aquellos residuos que se generan en procedimientos de cirugía y laboratorio. Dentro de estos tenemos las biopsias, placenta, tejidos, órganos amputados, partes y fluidos corporales que se remueven durante cirugías u otros, incluyendo muestras para análisis y necropsias.

- **Cortopunzantes**

Son todos los residuos cortantes o punzantes utilizados en la actividad de la Salud o dentro de un proceso de tanatopraxia (embalsamamiento de un cadáver) o dentro de una necropsia. Se trata especialmente de agujas, bisturíes, lancetas, jeringas, mangueras, hidroaspiradores entre otros. Dada la facilidad para crear una puerta de entrada de los gérmenes patógenos en el organismo humano, éstos residuos constituyen fundamentalmente un alto riesgo por la exposición directa.

- **Animales**

Son aquellos provenientes de animales de experimentación, inoculados con microorganismos patógenos y / o los provenientes de animales portadores de enfermedades infectocontagiosas, o cualquier elemento o sustancia que haya estado en contacto con éstos.

- **Residuos Químicos**

Son los restos de sustancias químicas y sus empaques o cualquier otro residuo contaminado con éstos, los cuales, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición, pueden causar lesiones graves, efectos adversos en la salud o el medio ambiente, y hasta la muerte.

Estos residuos se clasifican en:

- **Fármacos**

Son aquellos medicamentos o excedentes de las sustancias que han sido empleados en cualquier tipo de procedimiento y están vencidos, deteriorados o parcialmente consumidos.

- *Citotóxicos Especiales*

Son residuos que por razones legales o por sus características fisicoquímicas y su composición, presentan riesgos para el medio ambiente. Entre estos residuos están: Radiactivos, citotóxicos, fármacos, metales pesados, reactivos y mercuriales. Son generados a partir de actividades auxiliares de los centros de salud. Constituyen un riesgo por sus características agresivas tales como corrosividad, reactividad, inflamabilidad, toxicidad, explosividad y radiactividad.

- *Metales Pesados*

Son cualquier objeto, elemento o restos de éstos en desuso, contaminados o que contengan metales pesados como: Plomo, Cromo, Mercurio, Cadmio, Antimonio, Bario, Níquel, Estaño, Vanadio, Zinc. En el proceso de embalsamamiento de un cuerpo humano, se usan algunas sustancias como el fosfato disódico el cual dentro de sus propiedades químicas presenta del orden de 3 ppm de Arsénico y un total de 10 ppm de metales pesados.

- *Reactivos*

Son aquellos que por sí solos y en condiciones normales, al mezclarse con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos, generan gases, vapores, humos tóxicos, explosión o reaccionan térmicamente, colocando en riesgo la salud humana o el medio ambiente.

También para efectos de embalsamar un cuerpo humano, se utilizan algunos químicos como ácido bórico, fosfato monosódico, glicerina (la cual a su

vez contiene trazas de sulfatos, cloruros, esteres), fenol cristal y el formio o formaldehído (el cual contiene 0.003% máx. de ácido fórmico, 7 % máx. de metanol libre, 1 ppm máx. de hierro), el Metanol utilizado como anticoagulante, desnaturalizante o como disolvente, colorante rojo sangre, cloruro de zinc, entre otros.

- *Contenedores Presurizados*

Son los empaques presurizados de gases anestésicos, óxidos de etileno y otros que tengan esta presentación.

- *Aceites Usados*

Son aquellos con base mineral o sintética que se han convertido o tornado inadecuados para el uso afinado o previsto inicialmente.

Para el caso de cementerios aplica cuando poseen sistemas de cremación de cadáveres y para el caso de hospitales aplica cuando se tienen hornos u incineradores de residuos hospitalarios.

- *Residuos Radiactivos*

Son las sustancias emisoras de energía predecible o continua en forma alfa, beta o de fotones, cuya interacción con la materia, puede dar lugar a la emisión de rayos X y neutrones. Este tipo de residuos se encuentran en los centros de salud del Distrito a muchos de los cuales no se les da el adecuado manejo desde el punto de vista técnico ni ambiental. Generalmente, son residuos que se almacenan en un cuarto y ya, porque se desconoce el camino real de tratamiento o disposición final que deben de seguir.

1.1.8.4 Resultados de la caracterización de residuos sólidos y líquidos peligrosos en sitios como cementerios, medicina legal y funerarias

A continuación, se presentan algunos resultados de la caracterización de residuos sólidos y líquidos peligrosos en sitios como cementerios, medicina legal y funerarias. Ver Figura 1.23

Caracterización de Residuos Sólidos Durante la realización de Exhumaciones			
EXHUMACIONES (NO APROVECHABLES) SE CONSIDERAN ANATOMOPATOLOGICOS (Estos valores de pesajes equivalen a 2 cadáveres exhumados).			
TIPO DE RESIDUO	Kg-día	Kg-Mes	Kg-Año
Trapos-ropa podrida	10,98	329,4	3952,8
Plásticos de exhumación	1,3725	41,175	494,1
Escombros revueltos	72,74	2182,2	26186,4
Coronas podridas	2,745	82,35	988,2
Metal de herrajes	3,66	109,8	1317,6
TOTAL	91,50	2744,93	32939,10
PPC Exhumación:	45,75	1372,46	16469,55
CANTIDAD DE RESIDUOS PARA 6 EXHUMACIONES - DIA EN PROMEDIO	274,49	8234,78	98817,30

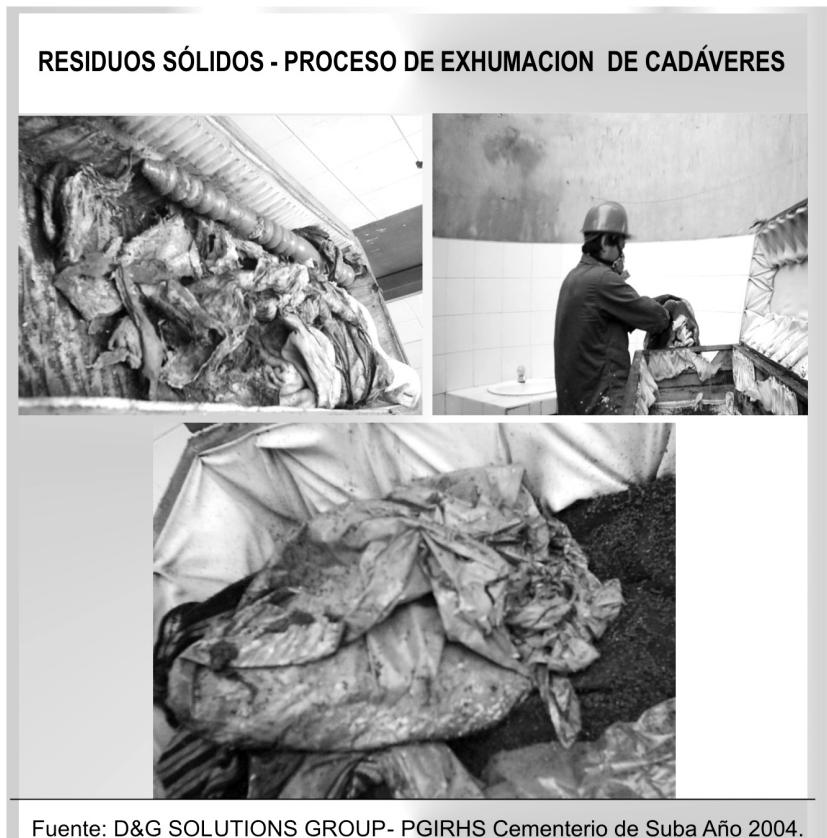
Fuente: La consultoría - Diciembre de 2004

EN CEMENTERIOS

En estos lugares se presentan dos proceso importantes: La exhumación y la inhumación.

Cuando hablamos de *exhumación* hacemos referencia al proceso de sacar un cadáver después de haber permanecido sepultado durante 3 ó 4 años.

Figura 1.24



Fuente: D&G SOLUTIONS GROUP- PGIRHS Cementerio de Suba Año 2004.

Cuando hablamos de inhumación hacemos referencia al proceso de enterrar un cuerpo en la tierra o en una fosa tipo bóveda.

Figura 1.25

Caracterización de Residuos Sólidos en las Zonas Comunes del Cementerio donde se realizan Inhumaciones			
INHUMACIONES (Estos pesajes obedecen a un total de 3 cadáveres inhumados)	Kg-día	Kg-Mes	Kg-Año
Residuos verdes provenientes del barrido	6	180	2160
Restos de comestibles (Visitantes)	2	60	720
Plásticos	0,25	7,5	90
vidrios	5,82	174,58	2094,91
Coronas	17,5	525	6300
TOTAL RESIDUOS TRES CADÁVERES INHUMADOS	31,57	947,08	11364,91
PPC inhumación	10,52	315,69	3788,30
CANTIDAD DE RESIDUOS PARA 7 INHUMACIONES-DÍA EN PROMEDIO	73,66	2209,84	26518,13

Fuente: La consultora - Diciembre de 2004



2004/12/07

Fuente: PGIRHS Cementerio Universal de Barranquilla

Generalmente, en un laboratorio de embalsamar cuerpos se genera mucho textil, toda vez que durante el proceso se utilizan sábanas, pañales desechables, pijamas, ropa interior, ropas quirúrgicas, gasas y algodones, entre otros. En algunas oportunidades, también se encuentran elementos como cajas dentales, cabellos, bolsas plásticas, cauchos de amarrar, estuches de cosméticos, frascos de insumos químicos utilizados.

Residuos Laboratorio de Embalsamamiento

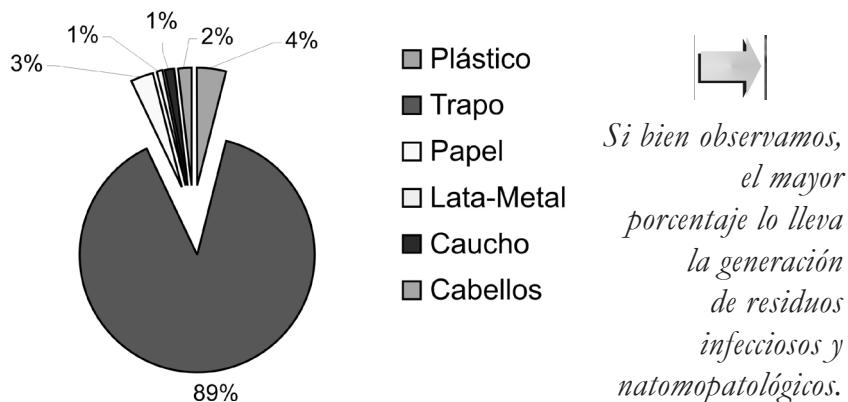


Figura 1.26

Además, las aguas residuales domésticas e industriales provenientes de esta actividad, van de manera clandestina directamente a la red de alcantarillado de la ciudad.

De las actividades de velación de un cuerpo

En las salas de velación se puede encontrar la siguiente caracterización típica de residuos sólidos.

Figura 1.27

Elaboro: Vision Business Group T&E					
No. Recipientes	Punto de generación	Tipo de Residuo	Origen	Cantidad/ periodo de tiempo (Kg/día)	Disposición final/ reaprovechamiento (Gestión)
18	Pasillos-zonas comunes	Desechables plásticos	Cafetería	4	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
		Vidrio	Cafetería, dolientes	0,3	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
		Papel	Oficinas, dolientes	1,5	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
2	Cafetería interna	Residuos de cocina	Cafetería	0,5	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
21	Baños	Papel y toallas de baño	Uso del baño	5	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
1	Sótano	Vidrios de los cajones	Vidrios rotos	1	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
1	Floristería entrada	Recortes de flores	Arreglos florales	8	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
		Papelería y barrido	Aseo de instalación	1	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
1	Floristería Parqueadero	Recortes de flores	Arreglos florales	5	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
		Desechables plásticos	Cafetería	1	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
1	Miscelánea	Papel, cintas, empaques	Venta al público	0,5	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
3	Parqueaderos	Cartón y papel	Empaques	1	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
		Plástico	Empaques	0,35	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
		Trapo, polvo de barrido, madera	Aseo de instalaciones	2	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
3	Restaurante-cafetería	Residuos de comida	Preparación de alimentos	6	Lo recoge la empresa de servicio de aseo
		Plásticos, empaques	Empaques de insumos	1	Lo recoge la empresa de servicio

En procesos de medicina legal, podemos encontrar la siguiente caracterización típica:

Figura 1.28

Residuos Sólidos Generados en Medicina Legal

Tipos de Residuos	Kg	%
Residuos Comunes	11,03	24,0%
Reciclables	4,32	9,4%
Infecciosos - Anaomopatológicos	30,56	66,5%
Químicos (Sales de Cianuro y Arsenico)	0,051	0,1%
Total	45,961	100,0%

Instituto de Medicina Legal Medellín- 2001- Agudelo, Loaiza, Montes

En resumen, podemos inferir el siguiente cuadro que resume el tipo de residuos que se pueden generar ya sea en un centro hospitalario, un cementerio y una funeraria.

Figura 1.29

RESIDUOS	HOSPITAL	CEMENTERIO (Inhumación Exhumación)	FUNERARIA- MORGUES
Biodegradables	SI	SI	SI
Reciclables	SI	SI	SI
Inertes	SI	SI	SI
Ordinarios o Comunes	SI	SI	SI
Riesgo Biológico	SI	SI	SI
Biosaitarios	SI	SI	SI
Anatomopatológicos	SI	SI	SI
Cortopunzantes	SI	SI	SI
Animales	NO	NO	NO
Químicos	SI	NO	SI
Radioactivos	SI	SI	SI
Fármacos	SI	NO	SI
Citotóxicos	SI	NO	SI
Metales Pesados	SI	NO	SI
Reactivos	SI	SI	SI
Contenedores Presurizados	SI	SI	SI
Aceites usados	SI	SI	SI

1.1.8.5 Afectaciones y consecuencias que se puede evitar con un adecuado manejo y disposición final de los residuos infecciosos.

En muchas ocasiones los dolientes solicitan el vestuario del familiar fallecido, sin tener en cuenta que muy seguramente van cargados de bacterias y virus infecciosos por el contacto directo con el cadáver, y además han pasado por diferentes superficies o mesones de medicina legal, o del mismo laboratorio de tanatopraxia, sitios a donde llegan diariamente muchos cadáveres humanos para las necropsias y/o los procesos de embalsamamiento. En estos sitios se evidencia la presencia de fluidos corporales de cadáveres y la presencia de olores, vapores y gases desagradables que pueden quedar también impregnados en esas ropas. Lo anterior implica que las ropas sean consideradas de naturaleza patógena.

No debemos olvidar, la importancia ambiental y para la salud pública el manejo y disposición final de residuos sólidos y líquidos hospitalarios y similares. Una deficiente gestión de estos desechos es con frecuencia causa de infecciones y enfermedades ocasionadas por microorganismos patógenos como Hepatitis, Rubéola, Panadismo, Tuberculosis, Citomegalovirus, SIDA, cáncer y otras con consecuencias graves para la comunidad, particularmente en las instituciones prestadoras de servicios de salud, en funerarias, laboratorios, cementerios y similares, por el volumen y tipo de desechos sólidos que generan.

Estos presentan un alto riesgo potencial para la salud humana y el ambiente como el agua superficial y subterránea, suelos, aire, medio biótico y calidad de vida, al no hacerse una óptima gestión de éstos, terminando finalmente en botaderos a cielo abierto, quebradas y ríos.

Algunos centros generadores de residuos hospitalarios usan incineradores que si bien están trabajando continuamente, en algunos casos, no poseen temperaturas ni sistemas de control adecuados para evitar la contaminación por agentes tales como dioxinas y furanos, óxidos de nitrógeno, azufre y carbono y material particulado, incrementando la contaminación atmosférica.

Asimismo, ante la ausencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales en las diferentes instituciones generadoras de residuos infecciosos, grandes cantidades de microorganismos patógenos contenidos en las heces, orina, vómito, sangre y secreciones son descargadas a los alcantarillados y luego a fuentes de agua.

1.1.9 Contaminación electromagnética

Los campos electromagnéticos son las corrientes de ondas eléctricas y magnéticas generadas por fuentes naturales o artificiales que tienen propiedades trasmisoras de energía.

Fuentes naturales

- Cargas eléctricas de las tormentas
- Campos magnéticos terrestres

Fuentes artificiales

Aquellas generadas por el hombre como:

- Redes eléctricas
- Estaciones de radio
- Estaciones base de telefonía móvil
- Antenas de radio y televisión
- Redes satelitales
- Electrodomésticos

Estos campos pueden ser ionizantes, o no ionizantes según la densidad e intensidad de la fuente energética que los provee. Los ionizantes cuando son capaces de destruir la materia, separando las moléculas que las componen. Los no ionizantes cuando no las separa. Estos últimos son los analizados por la COMISIÓN INTERNACIONAL SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA RADIACIÓN IONIZANTE (ICNIRP) debido a que han generado incertidumbre entre la población. Entre estos últimos, las tecnologías varían según las bandas que utilicen las fuentes de generación. Los campos de frecuencias bajas “FEB” o “ELF” llegan hasta las bandas de 300 Hz como la red de suministro eléctrico

y los aparatos eléctricos. Los campos de frecuencias intermedias “FI” están entre las bandas de 300 Hz a 10 MHz, como los dispositivos antirrobo, los sistemas de seguridad y las pantallas de computadoras. Los campos de radiofrecuencia “RF” están entre las bandas de 10Hz a 300 GHz, como la radio, la televisión, las antenas de radares y los teléfonos celulares y los hornos microondas.

1.1.9.1 Efectos de las radiaciones no ionizantes sobre la salud pública

La problemática de las radiaciones no ionizantes sobre la salud pública, está centrada en los campos de radiofrecuencia, como lo advierte la Organización Mundial de la Salud, ya que cuando acumulan campos electromagnéticos, la exposición humana sin medios o niveles de protección adecuada ocasionan diversos impactos que son enumerados genéricamente en las tablas elaboradas por la ICNIRP.

Según los estudios, los individuos expuestos a una radiación constante, presentan serias molestias relacionadas con el corazón, el sistema nervioso central, problemas de piel y tejidos nerviosos, pérdida auditiva y estimulación celular nerviosa y muscular. Los principales efectos de las radiaciones no ionizantes son aditivos conforme aumenta la intensidad y potencia de las fuentes generadoras y receptoras.

Respecto de los efectos cancerígenos de las radiaciones no ionizantes, la ICNIRP concluye que no se presentan en la población en general.

Los efectos cancerígenos son asociados a las radiaciones ionizantes.

Los estudios afirman que en este tema, las radiaciones no ionizantes sólo presentan referencias puntuales: la leucemia en grupos militares activos en campamentos con fuentes de radiaciones no ionizantes, y los criterios para analizar el trabajo infantil peligroso, expuestos por Organización Mundial de la Salud en el Programa internacional para la erradicación del trabajo infantil IPEC, Quito, 2002, en el que se explica la relación causal entre la exposición ocupacional a las radiaciones no ionizantes a varios tipos de cáncer infantil.

Los estudios sobre los efectos en la salud para las frecuencias media alta y alta han sido concluyentes para el campo ocupacional (de allí que los trabajadores de estas industrias sean pensionados en un tiempo menor al de otros trabajadores), y para la exposición al público en general son presentados unas referencias básicas para evitar la estimulación nerviosa y muscular, la alteración a la regulación térmica de células y tejidos, y las lesiones por el choque directo con las fuentes emisoras de las radiaciones no ionizantes.

1.1.9.2. Estudio de caso

El Colegio Carlos Arango Vélez localizado en la Localidad de Kennedy, sufrió los efectos de la contaminación electromagnética, ocasionada por dos redes de alta tensión de 115 KV que pasan a 5 metros de altura. Se presentaron 13 casos de alteraciones graves de la salud de estudiantes y profesores. La Secretaría de Educación Distrital decidió la reubicación de los estudiantes a otras instalaciones educativas cercanas.

1.2 Otras iniciativas para la salud ambiental en Bogotá

1.2.1 Creación de ciudadelas ambientales con desarrollo inteligente

La creación de ciudadelas ambientales permitirá conciliar necesidades económicas, humanas y sociales con la preservación del medio ambiente.

1.2.1.1 Componentes de las ciudadelas ambientales

Las ciudadelas ambientales incluyen dos componentes El desarrollo de la cultura ambiental en Bogotá y el ecoturismo.

1.2.1.1.1 Cultura ambiental en Bogotá

Problemática

- La ciudad de Bogotá por décadas, no ha construido ni manejado el concepto de cultura ambiental, las entidades distritales y los ciudadanos, dialogan bajo el significado del término de educación ambiental, sin considerar que la cultura se cultiva y transmite de generación en generación y se manifiesta en los hábitos cotidianos. Esta actual proyección de la educación ambiental, se limita a cumplir con la norma que la regula, sin trascender en los procesos de formación para alcanzar nuevas conductas del ciudadano ante el ambiente.
- Ciudadanía sin formación ética por el ambiente, actuando bajo conductas ecológicas irresponsables.
- La desinformación de la ciudadanía de los bienes y servicios que ofrece el patrimonio ecológico y

ambiental de cada localidad de la ciudad, hace desvalorizar la riqueza ambiental, perder los recursos naturales, económicos y sociales y finalmente genera riesgos para su salud.

- La legislación ambiental existente es desconocida por la ciudadanía, en esa medida, no se aplica, ni existe compromiso individual, ni de conjunto, por defender los derechos ambientales desde la ciudadanía y no desde lo privado.
- El tema de educación ambiental, para formar a los ciudadanos en ecología y ambiente urbano no es deficiente en su visión, por la falta de proyección administrativa de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y sus desencuentros con la Secretaría de Educación del Distrito (SED), entidad encarga de difundir la educación ambiental en los colegios por medio de los Proyectos Ambientales Escolares (PRAES).
- Las metas propuestas desde el año 2004 por la SDA, en educación ambiental no alcanzan el 100% de ejecución.
- El Proyecto de Educación Ambiental para la construcción de tejido social entorno a nuestro ambiente, que dirige la SDA, no ha superado las expectativas para transformar los hábitos de los ciudadanos, orientados a preservar, conservar la naturaleza y prevenir la contaminación ambiental, ya que su contenido se basa en acciones de impacto inmediato sin proyección a largo plazo.
- No se han diseñado e implementado incentivos económicos ambientales para promover la gestión ambiental del ciudadano en su lugar de vivienda,

y/o trabajo, que minimice la generación de residuos y utilice de manera eficiente los recursos.

- La Secretaría de Educación Distrital, no proyecta procesos administrativos, académicos y financieros para el desarrollo de los PRAES, de acuerdo con la Ley 115 de 1994. Art. 15. Ley General de Educación y el Decreto Presidencial 1743 de 1994, que reglamentó lo concerniente al Proyecto Ambiental Escolar (PRAES), para todos los establecimientos de educación formal del país. Actualmente los PRAES, se encuentran desarticulados y no todos los colegios lo elaboran y los desarrollados carecen de trascendencia investigativa e interdisciplinaria, pues estos terminan siendo trabajos ambientales solo del área de ciencias naturales, sin incluir otras áreas, que fortalezcan su elaboración en el plantel educativo, con un resultado ambiental que apunte a solucionar diferentes problemáticas ambientales de la localidad o la ciudad.
- La falta de organización interinstitucional por parte de la SDA Y SED para formular e implementar la Política de Educación Ambiental para el Distrito Capital.
- Las Alcaldías Locales Distritales, no promulgan ni apoyan la participación ciudadana para la toma de decisiones relacionadas con la identificación, manejo, control y mitigación de los impactos ambientales generados por las diferentes actividades y proyectos desarrollados a nivel local y distrital.
- Normas de obligatorio cumplimiento como el decreto 697 de 1993, que creó el Comité Ambiental Local y el Decreto 061 de 2003, que estableció los Planeas Ambientes Locales, al 31 de Diciembre del año 2005, estos instrumentos necesarios para

fomentar programa educativos que generen conciencia ambiental y motiven la participación de la comunidad en cada una de las localidades no se habían conformado.

Situación actual

La ausencia de PRAES, en la ciudad como trabajo serio en educación ambiental, surge producto de la falta de interés por parte de la Secretaría de Educación hacia estos proyectos, principalmente en esta la Administración del Alcalde Luis Eduardo Garzón que enfocó los recursos financieros en proyectos, planes como: alimentación escolar, escuela ciudad escuela, subsidios condicionados entre otros. Esta es una Administración más que no incluyó de manera prioritaria, dentro de sus programas los PRAES, propuestos desde el año 1994.

A hoy de un total de 361 colegios en Bogotá, sólo se adelantan 20 PRAES, como ejemplo demostrativo para la ciudad.

Dentro de las limitantes para ejercer una verdadera Política de Educación Ambiental al interior de la Secretaría de Educación, que fortalezca la formación y apoyo de los docentes en la orientación de los PRAES, está la falta de inclusión de profesionales dentro de la planta docente y administrativa central, con formación profesional especializada en medio ambiente, que asesoren la investigación de los PRAES, desde un enfoque interdisciplinario.

Ausencia de administración ambiental en las localidades de la ciudad; los planes locales ambientales no identifican, cuantifican ni cualifican los patrimonios locales ecológicos y ambientales, por ende no se crea una cultura ambiental por respeto, preservación y conservación de estos patrimonios.

De acuerdo con el Informe de la Contraloría de Bogotá del año 2005, ninguna localidad había constituido los Comités Ambientales Locales y no se cumplió con la inversión exigida por el decreto 061 de 2003, para invertir en medio ambiente con una partida de 0.5% y el 3.0% del total del presupuesto de inversiones de la localidad, concluyendo con la falta de prevalencia en las acciones de las Alcaldías Locales para inversión ambiental.

Incumplimiento Histórico de normas y protocolos internacionales que regulan la educación ambiental, entendiendo esta el medio para inyectar en la ciudadanía el concepto de cultura ambiental, que finalmente garantece el cambio de conciencia, actitudes, aptitudes y la participación activa de los ciudadanos, en los procesos de desarrollo de la ciudad. Ver tabla 1.14

La falta de implementación adecuada de la educación y cultura ambiental, la catalogan a Bogotá como la segunda ciudad más contaminada de Latinoamérica, perdiendo valores agregados a nivel internacional y sin opciones para ser competitiva ambientalmente.

1.2.1.1.2 Ecoturismo

El ecoturismo (Turismo Ecológico) debe tener en cuenta el Código Ético Mundial para el Turismo, elaborado por la Organización Mundial del Turismo (OMT) en la que se define, entre sus 10 artículos:

- ARTÍCULO 1: Contribución del turismo al entendimiento y al respeto mutuos entre hombres y sociedades.
- ARTÍCULO 2: El turismo, instrumento de desarrollo personal y colectivo.
- ARTÍCULO 3: El turismo, factor de desarrollo sostenible.

- ARTÍCULO 4: El turismo, factor de aprovechamiento y enriquecimiento del patrimonio cultural de la humanidad.
- ARTÍCULO 5: El turismo, actividad beneficiosa para los países y las comunidades de destino.
- ARTÍCULO 6: Obligaciones de los agentes del desarrollo turístico.
- ARTÍCULO 7: Derecho al turismo.
- ARTÍCULO 8: Libertad de desplazamiento turístico.
- ARTÍCULO 9: Derechos de los trabajadores y de los empresarios del sector turístico.
- ARTÍCULO 10: Aplicación de los principios del Código Ético Mundial para el Turismo.

Ecoparques turísticos

Consiste en el segmento estructural de la actividad turística distrital, que utiliza de forma sostenible, el patrimonio natural y cultural, e incentiva su conservación y busca la formación de una conciencia ambientalista a través de la interpretación del ambiente, promoviendo el bienestar de las poblaciones involucradas.

Aplicación: Al borde de la reserva de los ríos Juan Ama-rillo, Salitre, Fucha, y Tunjuelo, recuperando las zonas de protección de sus cuencas, hoy ocupadas por el urbanismo de pobreza que asola nuestra sociedad, el cual será impactado con planes de Asentamiento de Población al igual que en las Ciudadelas Ambientales.

Se busca la recuperación de los afluentes distritales del río Bogotá, convirtiéndolos en ecoparques turísticos, alrededor de los cuales se generará ecoturismo controlado, con una serie de servicios complementarios para sus transeúntes tales como: Terrazas, cafeterías, tiendas temáticas de cultura y librerías; para el disfrute de las fuentes hídricas de la ciudad respetando el medio ambiente.

1.3 Acciones políticas para la salud ambiental de Bogotá por el Movimiento Político MIRA

En el Congreso de la República cursa un proyecto de ley por el cual son establecidas medidas generales para la prevención de la contaminación electromagnética y visual, generadas por las fuentes de radiaciones no ionizantes en Colombia y propuesta por la bancada del Movimiento Político Mira.

Por tal motivo, el proyecto consagra como una de las medidas, que el Ministerio de Telecomunicaciones implemente las Directivas de la “ICNIRP” en lo concerniente al público en general, debido a que posee la base de datos y el asesoramiento científico reconocido por la Organización Mundial de la Salud, la Organización Internacional del Trabajo y la Unión Europea.

Estas Directivas han sido ampliamente acogidas desde 1998 por parte de más de 54 países y 8 organizaciones internacionales dentro del Programa Internacional CEM (“EMF” en inglés) de la Organización Mundial de la Salud, dirigido a la armonización legislativa para incrementar la confianza pública en los compromisos de los gobiernos y los científicos, respecto de la prevención de los riesgos a la salud; reducir el debate y el temor acerca de los campos electromagnéticos y ofrecer un alto nivel de protección a la salud para todas las personas sin distinguir las regiones o su nivel socioeconómico.

Como ejemplo, varios países cuentan con legislación basada en las Directivas de la ICNIRP: los países miembros de la Unión Europea que adoptaron la Recomendación 1999/159/CE del Consejo de 12 de

julio de 1999, relativa a la exposición al público en general a campos electromagnéticos entre 0Hz a 300 GHz.

En Latinoamérica, Ecuador es uno de los países que adoptó las Directivas en el Reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante, generadas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, publicado en el Registro Oficial No 536 de marzo 03 de 2005. Perú por su parte, lo hace con el Decreto Supremo No. 010-2005, “Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para radiaciones no ionizantes”

Es importante anotar que operadores de telefonía Móvil Celular han acatado dichas normas, como en el caso ecuatoriano, donde los mapas electromagnéticos son dispuestos para el público. En este sentido, el país debe otorgarle a sus residentes unas condiciones ambientales y sanitarias por lo menos de igual calidad a las ofrecidas en otros países del continente.

Desde lo nacional, la ausencia de disposiciones normativas sobre las fuentes generadoras y receptoras de los campos electromagnéticos no ionizantes, constituye una preocupación pública en varias ciudades del país.

El avance de las tecnologías de comunicación inhalámbricas y la creciente expansión de sus mercados vienen ocasionando impactos acumulativos electromagnéticos y visuales que no han sido manejados adecuadamente, aunque la Constitución Política en los Artículos 79 y 80 consagra el derecho a un ambiente sano y el deber del Estado de prevenir, planificar y controlar los factores de deterioro ambiental.

Por esta razón, es importante adoptar lineamientos generales para exigir a las empresas de telecomunicaciones instaladas u operadoras en Colombia, los mismos

requerimientos que otros países, por ejemplo, aceptando la más avanzada regulación internacional de la potencia e intensidad de la radiación de distintas fuentes, principalmente de los equipos y maquinarias tipo magnetrón, los cuales realmente originan las radiaciones y son utilizados por antenas radioeléctricas aéreas, redes de microondas y las redes satelitales. Así como para regular las radiaciones de las líneas o tendidos de energía con una capacidad superior a 21.000 Woltios y las subestaciones eléctricas.

Referente al tema de salud pública, las investigaciones y estudios realizados en Colombia son escasos. Es necesario reconocer la importancia de los estudios relevantes de carácter internacional para desarrollar la equidad y reciprocidad entre el bienestar público y los sectores de la economía que se lucran con su actividad y al tiempo contaminan el espectro electromagnético, el cual es un bien público que debe ser regulado para su óptimo aprovechamiento.

La normatividad nacional debe actualizarse dado que se ha considerado sólo la prevención de la contaminación por las radiaciones de las fuentes de telecomunicación celular con normas técnicas americanas, pero no regula los equipos y redes satelitales, televisión satelital (problema generalizado en el país), sistemas Avantel, la radiodifusión y los equipamientos del sector energético. Esta normatividad parte de los artículos 75 y 189 numeral 11 de la Constitución Política; el Decreto 1900 de 1990; el Decreto 555 de 1998; el Decreto 2041 de 1998 y el Decreto 1705 de 1999 que indican la facultad del Gobierno Nacional para gestionar el espacio electromagnético y expedir las reglamentaciones nacionales para el sector de las telecomunicaciones.

Recientemente, el Gobierno Nacional expidió el Decreto 195 de 2005 que regula los campos comprendidos

entre 9Hz a 300 GHz y que deben ser implementados por los operadores de telecomunicaciones en un plazo de 2 años a partir de su vigencia. Sin embargo, con base en el principio de prevención y debido al crecimiento del sector de las telecomunicaciones, es necesario que el país disponga de un régimen más estricto para incluir la exposición del público en general a partir de las bandas de 0 Hz.

Pero por parte de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones en el Estudio de los límites de exposición humana a los campos electromagnéticos producidos por antenas de telecomunicaciones y análisis de su integración al entorno, consultoría de la Universidad Pontificia Javeriana 2002, recomienda adoptar las directrices de la ICNRP donde se proveen pautas respetuosas de la salud humana y del entorno, pero que permiten el desarrollo de tecnologías inhalámbricas en el sector de las telecomunicaciones.

Es procedente entonces, que el Estado ejerza su poder normativo para reducir o controlar los riesgos y efectos de los avances tecnológicos que representan eventuales peligros para la salud.

A su vez, el artículo 149 de la Ley 9 de 1979, que impone una medida para la radiofísica sanitaria, dispone que la exposición a la radiación no ionizante en los lugares de trabajo debe someterse a los procedimientos de control para evitar impactos nocivos para la salud o eficiencia de los trabajadores. En el caso que los medios de control ambiental no sean suficientes, la norma dispone que deben ser aplicadas las medidas de protección personal y de protección médica necesarias; por tanto el proyecto, al imponer medidas de control ambiental y personal para el público en general, complementa el régimen de salud ocupacional de los trabajadores públicos y privados colombianos.

Por otro lado, sería un argumento inválido aducir que dichas normas dan suficiente protección a los derechos de los colombianos, considerando que la alta concentración de poblaciones, por ejemplo, en la capital de la república, hace que las directrices sectoriales sean insuficientes y no atiendan los requerimientos de protección a la salud pública, frente al crecimiento de la infraestructura energética y de telecomunicaciones.

En este sentido hay que ser enérgicos, porque el Ministerio de Telecomunicaciones no ha ejercido a cabalidad la función ambiental dentro de las competencias que el Congreso le otorgara para expedir normas sectoriales y otorgar las concesiones para la utilización del espacio electromagnético. Igualmente, las operadoras son menos laxas en su deber de cumplir la Ley 142 de 1994, que exige acatar las disposiciones relativas al medio ambiente, al control, la preservación y la defensa del patrimonio ecológico vigentes en el curso de la prestación del servicio.

Desde lo jurídico, una de las medidas, es precisar que por el principio de concurrencia y/o subsidiariedad, las Entidades Territoriales puedan establecer medidas más estrictas para prevenir la contaminación electromagnética, toda vez que las condiciones particulares de varias ciudades grandes e intermedias exigen la aplicación del artículo 63 de la Ley 99 de 1993.

Esta disposición pretende reafirmar el principio de autonomía de las entidades territoriales exigiéndoles responsabilidad en la prevención de todo factor que afecte en distintos grados la calidad de vida de las poblaciones, con fundamento en las siguientes disposiciones:

- 1) Artículo 287 de la Constitución Política, principio de autonomía de las entidades territoriales;

- 2) El numeral 2 del artículo 300 de la Constitución, que otorga a las Asambleas Departamentales, la competencia de expedir las disposiciones relacionadas con la planeación, el desarrollo económico y social, el apoyo financiero y crediticio a los municipios, el turismo, el transporte, el ambiente, las obras públicas, las vías de comunicación y el desarrollo de sus zonas de frontera. Competencia que por el Decreto Ley 1421 de 1993, se extiende al Distrito Capital, por su especial régimen.
- 3) En el numeral 9 del artículo 313 de la Constitución, que otorga a los Concejos la competencia para dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico del municipio, dentro de los límites del principio de concurrencia y subsidiariedad exigidos por los criterios jurisprudenciales de la Corte Constitucional, que para el caso del Distrito Capital concuerda con el numeral 7 del artículo 12 del D. L. 1421 de 1993.

El vacío es evidente por la dispersión de las estructuras en el sistema orográfico del Distrito y por la imposibilidad de establecer estrategias de aislamiento y camuflaje especiales para prevenir los impactos visuales y paisajísticos, lo cual debería adaptarse a las normas internacionales que si permiten algún tipo de intervención desde lo ambiental y urbanístico.

Las fuentes localizadas en las áreas urbanas y suburbanas están generando impactos visuales y paisajísticos dado que los permisos no incluyen este componente, y en el caso de las antenas de telecomunicaciones inalámbricas es imposible reglamentar condiciones para su mimetización toda vez que las disposiciones de la Aeronáutica Civil lo prohíben por medida de seguridad aérea. No obstante, hay antenas que por su altura no afectan la seguridad área y por el contrario si afectan

visualmente a la ciudadanía residente o trabajadora cercana a los edificios y emplazamientos donde son ubicadas. Igualmente, no hay estrategias concretas de mimetización de los emplazamientos eléctricos de alto voltaje como las subestaciones eléctricas.

Igualmente, es frecuente que la estética de las propiedades horizontales sea afectada por las numerosas antenas y dispositivos de recepción de televisión satelital, aún siendo de un mismo operador. Estas fuentes son susceptibles de ser mimetizadas o aisladas.

El documento técnico de soporte para el Plan Maestro de Telecomunicaciones, explica que son imprescindibles normas específicas para proteger a la población en general de la contaminación del entorno por radiaciones no ionizantes y que no son tratadas específicamente en el tema de urbanismo.

Sobre la problemática relacionada con la instalación de fuentes de radiaciones no ionizantes en particular, la instalación de antenas de telecomunicaciones; la Personería de Bogotá D. C., ha iniciado una veeduría temática solicitando al Departamento Administrativo de Planeación Distrital, el censo de antenas instaladas y desmontadas en la ciudad, los procedimientos para su instalación, los mecanismos de coordinación interinstitucional entre el Ministerio de Telecomunicaciones, el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, las Alcaldías Locales, el Departamento Administrativo de Medio Ambiente y otras autoridades competentes, la competencia de la Junta de Patrimonio Urbano, el Plan Maestro de Telecomunicaciones y lo referente a su ubicación como requerimiento fundamental para prevenir impactos visuales.

Por otro lado, la proliferación de radiaciones no ionizantes, origina interferencias destructivas de las señales amplificadas. Por esta razón, se caen las llamadas, se hace interferencia en las frecuencias de radio y televisión.

En relación con la televisión y las redes microondas, el POT no plantea soluciones concretas, lo que favorece la posición estratégica de los operadores de las señales y los propietarios de las fuentes receptoras.

Con esta iniciativa se ofrecerá al país y a las entidades territoriales, la oportunidad de desarrollar equitativamente el sector de las telecomunicaciones inalámbricas y el sector energético, considerando las preocupaciones por el entorno, la calidad de vida, y sobre todo la protección a la vida y la salud de los capitalinos.

1.4 Bibliografía

- AIR QUALITY GUIDELINES FOR EUROPE. COPENHAGEN, WORLD HEALTH ORGANIZATION REGIONAL OFFICE FOR EUROPE. Publications, European Series, No. 23.1987.
- AIR QUALITY GUIDELINES FOR EUROPE, 2ND ED. COPENHAGEN, WORLD HEALTH ORGANIZATION REGIONAL OFFICE FOR EUROPE, (WHO REGIONAL PUBLICATIONS, EUROPEAN SERIES, NO. 91). 2000.
- ARGINIEGAS, ÁNGELA; RODRÍGUEZ, CAROLINA; PACHÓN, JORGE; SARMIENTO, HUGO; HERNÁNDEZ, LUÍS JORGE. Estudio de la Morbilidad en niños menores a cinco años por

enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá. Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Bogotá, Secretaría Distrital de Salud de Bogotá. 2006.

- BALLESTER F. Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. Rev. Esp. 79-97 Salud Pública 2005.
- BERNARD SM, SAMET JM, GRAMBSCH A, EBI KL; ROMIEU I. The potential impacts of climate variability and change on air pollution related health effects in the United States. Environ. Health Perspect.2001;109 Suppl 2:199-209.
- CONTRALORÍA DE BOGOTÁ. D.C. Evaluación de la Gestión Ambiental y Estado de los Recursos Naturales .Bogotá.1998.
- CONTRALORÍA DE BOGOTÁ. D.C. Estado de los recursos naturales y del Ambiente. 1999.
- CONTRALORÍA DE BOGOTÁ. D.C. Control Social Ambiental en Bogotá.2006.
- DÍAZ J, LINARES GIL C, GARCÍA HERRERA R. Impacto de las temperaturas extremas en la salud pública: futuras actuaciones. Rev. Esp. Salud Pública 98 2005.
- D&G SOLUTION GROUPS.PGIRS. Cementerio Suba.2004.
- D&G SOLUTION GROUPS. Estudios en Funerarias.2006.
- PATZ JA ET AL. The Potential Health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the U.S National Assessment. Environ. Health Perspect; 108 (4): 367-76. 2000.

- PGIRHS. Cementerio de Barranquilla.
- SÁNCHEZ ERNESTO - TRIANA, KULSUM AHMED y YEWANDE AWE. Prioridades Ambientales para la reducción de la pobreza en Colombia. Banco Mundial 2006
- SMITH KR, CORVALAN CF, KJELLSTROM T. ¿How much global ill health is attributable to environmental factors? Epidemiology; 10(5):573-84.1999.
- WEILAND SK, HUSING A, STRACHAN DP, RZEHAK P, PEARCE N; ISAAC Phase One Study Group. Climate and the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinitis, and atopic eczema in children. Occup. Environ. Med.;61(7):609-15. 2004.
- www.dama.gov.co
- www.fundacionhumedales.com
- www.carlosalbertobaena.com
- www.caobos.com
- www.caobos.com/glosario.htm





CAPÍTULO 2



*CONCEPTOS BÁSICOS
DE TOXICOLOGÍA
AMBIENTAL*



En Colombia el acelerado desarrollo industrial, tecnológico, el incremento de los procesos de urbanización y el aumento de las tasas de crecimiento de la población, han generado en la sociedad moderna una dependencia en el uso de sustancias químicas.

Una gran parte de las actividades socioeconómicas se concentra en el transporte, la agricultura, en el sector minero, petrolero e industrial, generando riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

El problema toxicológico radica fundamentalmente en el modo inadecuado como se producen y se usan las sustancias químicas y en la forma como se disponen sus residuos

Nunca los seres humanos estuvieron en presencia de tantos tóxicos como en esta era industrial, atómica y mecanizada. Por ello, la Toxicología Convencional moderna ya no tiene en cuenta a los tóxicos clásicos como el curare, el arsénico y la estricnina, y da paso a los nuevos y modernos tóxicos como los: Ambientales, industriales, bélicos, radiactivos y a los tóxicos sociales (cocaína, bazuco, marihuana, heroína, éxtasis) que hoy día son el flagelo de nuestra sociedad.

Es importante que conozcamos los términos usados en Toxicología para poder entender:

- El mecanismo de acción de los tóxicos en el organismo.
- La alteración de los procesos biológicos que ocurren al estar en contacto con agentes tóxicos.
- El amplio espectro de efectos nocivos de los agentes tóxicos que ponen en peligro la vida, o la aparición de enfermedades de naturaleza irreversible.
- Las medidas de prevención y control que aseguren

la supervivencia de los organismos vivos en medios contaminados.

A continuación se describen todos los términos usados en Toxicología Ambiental.

2. 1 Definición de términos toxicológicos

Aberración cromosómica. Anormalidad en el número o en la estructura de los cromosomas.

Abiótico. No relacionado con los organismos vivos.

Absorción (biológica). Proceso de entrada o transporte, activo o pasivo de una sustancia al interior del organismo. Puede tener lugar a través de diferentes vías.

Absorción (de radiación). Fenómeno en el que una radiación transfiere parte o toda su energía a la materia sobre la que incide.

Acaricida. Sustancia utilizada para matar garrapatas, piojos y otros ácaros.

Ácido desoxirribonucléico. Molécula compleja, integrante de los cromosomas, que almacena la información hereditaria en forma de variaciones (con características de código), en las secuencias de las bases de purina y pirimidina.

Activación metabólica. Biotransformación de una sustancia de toxicidad relativamente baja a un derivado más tóxico.

Acumulación. Sucesivas retenciones de una sustancia por un organismo diana, un órgano o una parte del ambiente, que conducen a un aumento de la cantidad o concentración de la sustancia en los mismos. WHO, 1999.

Adenocarcinoma. Tumor maligno originado en el epitelio glandular.

Adsorción. Adherencia de una sustancia a la superficie de un sólido como resultado de la acción de fuerzas electroquímicas.

Aerobio. Organismo que necesita oxígeno para respirar y, por tanto para crecer y vivir.

Alérgeno. Sustancia antigénica capaz de producir hiper-sensibilidad.

Alergia. Síntomas o signos que aparecen en individuos sensibilizados, tras la exposición a una sustancia (alérgeno) que produjo la sensibilización en un contacto anterior, y que no origina trastornos en sujetos no sensibilizados.

Alvéolo (pulmonar). Celdilla, cavidad o saco aéreo terminal de las ramificaciones de los bronquiolos pulmonares, donde se realiza el intercambio gaseoso.

Ambiental, protección. Actuaciones dirigidas a evitar o minimizar los efectos adversos, sobre el ambiente.

Ambiental, monitorización. Determinación sistemática, continua o repetida, de sustancias en el ambiente, para evaluar la exposición y riesgo, por comparación con apropiados valores de referencia, basados en el conocimiento de las relaciones probables, entre la exposición ambiental y los efectos adversos resultantes.

Ambiente. Lo que rodea o cerca. El entorno, sea natural o antropogénico.

Anaeróbico. Situación carente de oxígeno molecular.

Anaerobio. Organismo que no necesita oxígeno para vivir.

Anoxia. Ausencia total de oxígeno, ordinariamente, insuficiente suministro de oxígeno a los tejidos.

Antígeno. Sustancia que induce al sistema inmunitario, a producir células específicas, o anticuerpos específicos.

Antimicótico. Sustancia que mata o inhibe el crecimiento de hongos. Sinónimo de fungicida.

Antropogénico. Causado por las actividades humanas.

Asbestosis. Forma de neumoconiosis causada por inhalación de fibras de asbesto.

Asfixia. Situación resultante de la insuficiente absorción de oxígeno por el organismo. Los síntomas incluyen dificultad respiratoria, pérdida de los sentidos, convulsiones, inconciencia y muerte.

Asma. Enfermedad respiratoria crónica, caracterizada por broncoconstricción, secreción de mucosas, edema en los alvéolos pulmonares, que se manifiesta con dificultad respiratoria y tos.

Astenia. Manera irregular de moverse o andar, causada por la pérdida o falla de la coordinación muscular.

Bioacumulación. Aumento progresivo de la cantidad de una sustancia en un organismo o en parte de él, como

consecuencia de que el ritmo de absorción, supera la capacidad del organismo para eliminar la sustancia. Síntesis: bioconcentración, biomagnificación.

Bioacumulación. potencial de. Capacidad de un organismo para concentrar una sustancia, directamente desde el ambiente o, indirectamente a través de los alimentos.

Biocida. Sustancia utilizada para matar organismos.

Bioconcentración. Proceso por el cual una sustancia alcanza en un organismo, una concentración más alta que la que tiene en el ambiente al que está expuesto.

Biodegradación. Destrucción “in vivo” o “in vitro” de una sustancia por acción enzimática. En muchas ocasiones los productos de degradación son más nocivos que la sustancia degradada.

Biomarcador. 1. Parámetro que puede utilizarse para identificar un efecto tóxico en un organismo, y puede permitir la extrapolación entre especies. 2. Indicador que señala un acontecimiento o una situación en una muestra o sistema biológico, y proporciona una medida de la exposición, del efecto o de la susceptibilidad. Síntesis: bioindicador.

Biósfera. Porción del planeta tierra que permite o incluye la vida.

Biota. La totalidad de los organismos vivos.

Biotransformación. Cualquier transformación química de una sustancia, producida por organismos vivos, o por preparaciones obtenidas por estos.

Broncoconstricción. Estrechamiento de las vías aéreas pulmonares, se produce por causas irritativas, alérgicas e inflamatorias.

Buenas prácticas de Laboratorio (BLP, en inglés GLP). Normas fundamentales incorporadas en las legislaciones nacionales, relativas a la organización y las condiciones en la que los estudios de laboratorio deben ser planificados, realizados, controlados, registrados y resumidos en un informe.

Cáncer. Denominación de las tumoraciones malignas. Los carcinomas se originan en las células epiteliales, mientras que los sarcomas en el tejido conjuntivo.

Carboxihemoglobina. Compuesto formado por unión del monóxido de Carbono a la hemoglobina, y es incapaz de transportar el oxígeno.

Carcinogénesis. Proceso de inducción de neoplasias o tumores malignos por agentes físicos, químicos y biológicos.

Carcinogenecidad. Capacidad de inducir un cáncer.

Centros nerviosos. Lugares de integración nerviosa que controlan las funciones autonómicas y viscerales. Están situados en el bulbo raquídeo o tronco cerebral (Se denominan centros vitales, porque su lesión produce la muerte, ya que rigen la respiración, frecuencia cardíaca y presión sanguínea). En el hipotálamo (centros del hambre, la sed, temperatura, conducta sexual, reacciones de defensa, temor, cólera y otras; en estas funciones también participa el sistema límbico o de las emociones y la conducta instintiva). Otros controlan las respuestas reflejas de la tos, el estornudo, la deglución, la náusea y el vómito).

Cocarcinógeno. Factor físico, químico o biológico que intensifica el efecto de un carcinógeno.

Codex Alimentarius. Colección de normativas internacionales adoptadas dentro del Programa conjunto de OMS/FAO sobre alimentos. IPCS, 1987.

Coeficiente de absorción (en biología). Relación entre la cantidad de sustancia absorbida y la administrada; en el caso de exposición a partículas por vía respiratoria, el coeficiente es la relación entre la cantidad absorbida y la que llega a los pulmones.

Coeficiente de partición (reparto). Razón de la distribución de una sustancia entre dos fases cuando el sistema está en equilibrio; la razón de concentraciones de la misma especie molecular en las dos fases es constante a temperatura constante. Los coeficientes de partición utilizados con mayor frecuencia en toxicología son las distribuciones lípido/agua y octanol/agua.

Coeficiente de partición octanol-agua (Pow, Kow). Medida de la lipofilia, mediante la determinación del equilibrio de la distribución entre el octanol (n-octanol) y el agua, que se utiliza en toxicología y en la estimación del destino y transporte de sustancias químicas en el ambiente.

Coeficiente de partición del carbono orgánico (Koc). Medida de la tendencia de las sustancias orgánicas para ser adsorbidas por los suelos y sedimentos. La Koc es específica para cada sustancia y en gran medida independiente de las propiedades del suelo.

Concentración. Cantidad de una sustancia, expresada en peso o en moles, por unidad de peso o volumen.

Concentración efectiva (CE). Proporción de una sustancia en un medio que causa un determinado efecto en un sistema dado.

Concentración efectiva media (CE50). Concentración, calculada estadísticamente, de una sustancia en el medio, que se espera produzca un determinado efecto en el 50% de los organismos de experimentación de una población dada, bajo un conjunto de condiciones definidas.

Concentración ambiental estimada (EEC). Concentración de un contaminante que puede ocurrir en el ambiente como resultado de una actividad planificada y el cual hay organismos expuestos.

Producen desequilibrio ecológico y presencia de residuos en las cadenas alimentarias.

Concentración de referencia (RfC). Concentración estimada de una exposición diaria para la población en general que representa riesgo apreciable de efectos nocivos durante toda la vida. Se expresa en miligramos del contaminante por litro o en miligramos por metro cúbico (mg/L o mg/m³)

Concentración inhibitoria (CI). Concentración estimada del tóxico que causa un porcentaje específico de inhibición de una función biológica. Por Ej., La CI50, puede ser la concentración del contaminante que causa el 50% de reducción del crecimiento de algas o larvas de peces.

Concentración letal (CL). Concentración estimada del agente tóxico que produce la muerte de una proporción específica de los organismos utilizados en una prueba de laboratorio.

Concentración letal absoluta (CL-100). Mínima concentración de una sustancia en el ambiente que mata a la totalidad de los individuos de una especie.

lidad (100%) de los organismos de una especie ensayados bajo condiciones definidas.

Concentración letal media (CL50). Concentración, calculada estadísticamente, de una sustancia en el medio, que se espera que mate al 50% de los organismos de una población bajo un conjunto de condiciones definidas.

Concentración letal mínima (CLmin). La concentración más baja de una sustancia tóxica en un medio que mata a algún individuo de organismos de experimentación bajo un conjunto de condiciones definidas.

Concentración máxima tolerable (MTC), en inglés). Máxima concentración de una sustancia en el medio que no causa la muerte en animales de experimentación. WHO, 1979.

Concentración letal media inhalatoria (Cl50, vía inhalatoria). Concentración de un contaminante (gases, vapores, nieblas, partículas) que en un tiempo determinado y por vía inhalatoria ocasiona la muerte del 50% de los organismos empleados en la prueba de laboratorio. Se expresa en miligramos del contaminante por litro de aire.

Contaminante. 1. Agente microbiano indebidamente presente en un medio. 2. Impureza menor presente en una sustancia. 3. Material extraño inadvertidamente añadido a una muestra antes o durante el análisis químico o biológico. 4. Componente indeseable de un alimento, medicamento o cualquier otro producto, que puede entrañar riesgo al usuario consumidor. 5. Componentes indeseables del ambiente.

Compuestos BTEX. Hidrocarburos derivados del petróleo: benceno,tolueno, etilbenceno y xileno.

Compuestos orgánico persistentes (COP). Son compuestos orgánicos que permanecen en los componentes ambientales o en los organismos por largos períodos, conservando su misma estructura química y toxicidad, o si se degradan lo hacen muy lentamente.

Curva dosis-respuesta. Expresión gráfica de la relación entre la dosis y la proporción (%) de los individuos de una población que experimentan o no un efecto determinado.

Corrosivo. Sustancia que por contacto ejerce un efecto destructivo superficial; en toxicología destacan estas lesiones en piel, ojos, mucosa del tracto respiratorio o gastrointestinal, etc.

Dermatitis de contacto. Estado inflamatorio de la piel, normalmente en una zona localizada, como consecuencia de una exposición directa de ésta a una sustancia sensibilizante (alérgeno) o irritante (corrosivo, desengrasante, etc.), o infeccioso.

Desecho. Cualquier cosa que se descarta deliberadamente o de la que se dispone para fines diferentes a los de su primera utilización.

Desorción. Proceso mediante el cual un contaminante adherido a una superficie sólida se suelta con la ayuda de una fase líquida.

Diana (biológica). Población, organismo, órgano, tejido, célula o constituyente celular sobre el que ejerce su acción un agente físico, químico o biológico. WHO, 1979. Término relacionado: receptor.

Distribución. 1. Fase del tránsito de una sustancia en el organismo, desde la absorción hasta alcanzar el equili-

brio de concentraciones. si se produce almacenamiento, puede suceder una redistribución antes de la eliminación. 2. Dispersión de una sustancia y sus derivados a través del ambiente.

Dosis. Cantidad de sustancia que produce un efecto al ser administrada al organismo por cualquier vía. El efecto puede ser benéfico, nocivo o letal. Se expresa en mg/Kg.

Dosis efectiva (DE). Dosis de una sustancia que origina un efecto definido en un sistema dado.

Dosis efectiva media (DE50). Dosis, calculada estadísticamente, de un agente químico o físico (radiación) que se espera que produzca un efecto determinado en el 50% de los organismos de experimentación de una población o que produzca la mitad del efecto máximo en un sistema biológico bajo un conjunto de condiciones definidas.

Dosis estimada de exposición (DEE). Proporción de una sustancia en relación al peso de un organismo (dosis) al que éste puede verse expuesto, considerando todas las fuentes y vías. IRIS, 1986.

Dosis letal absoluta (DL-100). Mínima cantidad de una sustancia por unidad de peso corporal, que mata a la totalidad de los animales ensayados bajo condiciones definidas.

Dosis letal media (DL50). Dosis, calculada estadísticamente, de un agente químico o físico (radiación) que se espera que mate al 50% de los organismos de una población bajo un conjunto de condiciones definidas.

Dosis letal media oral (DL50 Oral). Cantidad de sustancia que en un tiempo determinado y por vía oral, ocasiona la muerte del 50% de los organismos empleados en la prueba del laboratorio. Se expresa en miligramos de la sustancia por Kilogramo de peso animal

Dosis letal media dérmica (DL50 Dérmica). Cantidad de sustancia que en un tiempo determinado y por aplicación cutánea, ocasiona la muerte del 50% de los organismos empleados en la prueba de laboratorio. Se expresa en miligramos de sustancia por Kilogramo de peso animal.

Dosis letal mínima (DLmin). La menor cantidad de sustancia que introducida en el organismo produce la muerte a algún animal de experimentación bajo un conjunto de condiciones definidas.

Dosis de referencia (RfD). Valor estimado de una exposición diaria para la población. En general que no representa un riesgo apreciable de efectos nocivos durante toda la vida. Se expresa en miligramos del contaminante por Kg de peso corporal y por DIA. (Mg/kg/día).

Dosis respuesta. Relación entre la dosis del contaminante administrado y la magnitud del efecto biológico observado en un individuo.

Ecogenética. Estudio de la influencia de los factores hereditarios sobre los efectos de los xenobióticos en los distintos individuos.

Ecología (del griego oikos, casa). Rama de la biología que estudia las interacciones entre los organismos vivos y todos los factores de su ambiente, incluidos los demás organismos. ICPS, 1987.

Ecología humana. Estudio de las interrelaciones de los humanos con su ambiente -físico, biológico, socio-económico y cultural- incluyendo las relaciones entre los individuos o grupos humanos con otros grupos humanos o de otras especies.

Ecosistema. Entidad funcional constituida por todos los organismos (microorganismos, animales y plantas) que viven en un área natural determinada y que interactúan mutuamente y con los componentes físicos y químicos de su ambiente; es la unidad estructural y funcional en ecología. IPCS, 1987

Ecotoxicología. Estudio de los efectos tóxicos de los agentes físicos y químicos sobre las poblaciones y comunidades de los ecosistemas; abarca las formas de transferencia de estos agentes y sus interacciones con el ambiente.

Efecto a largo plazo. Efecto que aparece después de un periodo largo (meses, años) a la exposición del agente tóxico. Generalmente se considera como la secuela de una exposición crónica o por acumulación del tóxico en el organismo.

Efecto acumulativo. Cambios adversos globales debidos a repetidas dosis de sustancias radiactivas, cuyas consecuencias biológicas van incrementándose.

Efecto agudo. Aquel de rápida aparición y curso (en las primeras 24 horas o en los primeros 14 días, según el tipo de estudio) producidos por una sola dosis o por corta exposición a una sustancia o radiación.

Efecto crónico. Consecuencia de procesos lentos y de larga duración.

Efluente. Líquido, sólido o gas emitido o descargado desde una fuente al ambiente.

Eliminación. Resultado global de los procesos de bio-transformación y de excreción por los que el organismo se libera de las sustancias.

Embrión. Estado del desarrollo durante el que se forman los órganos y sistemas. 1. En los humanos, desde la segunda semana después de la concepción, hasta la octava, ambas inclusive. 2. En los pájaros, desde la fertilización del huevo a la eclosión. 3. En las plantas, dentro de la semilla.

Embriotoxicidad. Capacidad de una sustancia para producir efectos tóxicos en la progenie durante el primer período de la preñez, desde la concepción al estado fetal. Estos efectos pueden incluir malformaciones, disfunciones, alteraciones del crecimiento, muerte prenatal y funciones postnatales alteradas. USEPA, 1989.

Emesis. Vómito.

Emisión. Liberación de sustancias desde una fuente al ambiente.

Emisión, límite de. Valor máximo permisible de descarga de una sustancia al medio; se expresa normalmente como concentración media ponderada en el tiempo o como valor techo.

Factor de bioconcentración (FBC). Medida de la capacidad de una sustancia presente en un medio para acumularse en los tejidos de los organismos.

Se calcula como cociente entre la concentración de la sustancia en los tejidos, en el equilibrio, y la

concentración en el medio. Se produce acumulación cuando FBC es mayor que 1. USEPA, 1986; Repetto, 1988.

Fibrosis. Formación anormal de tejido fibrótico, con endurecimiento del conjuntivo, a partir de los fibroblastos.

Fitotóxico. Que mata o inhibe el crecimiento de plantas.

Fluorosis. Malformaciones y manchas en huesos, dientes y uñas, que se hacen más frágiles, a causa de excesiva absorción de fluoruros, especialmente cuando se absorben durante el crecimiento de aquéllos.

Fumigante. Sustancia que se aplica en forma de humo, vapor, o aerosol para desinfectar, matar o repeler cualquier tipo de plaga.

Fungicida. Sustancia usada para eliminar hongos.

Gameto. Célula reproductora (esperma u óvulo) que contiene un conjunto haploide (mitad) de cromosomas.

Gen. Unidad básica estructural y funcional de material hereditario: Una secuencia ordenada de nucleótidos que codifica la síntesis de una cadena de polipéptido (traducción), o una secuencia reguladora que hace posible la traducción.

Genoma. Conjunto de genes cromosómicos de un organismo: ADN completo de un organismo.

Genotipo. Composición alélica específica de una célula bien referida al total del genoma o, más comúnmente, a un gen o conjunto de genes.

Genotoxicidad. Capacidad para causar daño al material genético; el daño puede ser de tipo mutágeno o carcinógeno.

Glomérulo. Ovillo o plexo de capilares sanguíneos del riñón.

Henry, ley de. A temperatura y presión constante, la razón entre la presión parcial de un gas sobre un líquido, y la concentración molar en éste de aquél es constante; es además una medida del reparto entre la fase gaseosa y la disuelta.

Hepatotóxico. Agente tóxico para las células del hígado.

Herbicida. Sustancia utilizada para eliminar malas hierbas, plantas o árboles.

Hidrargirismo. Ver Mercurialismo.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos o polinucleares (HAP): Moléculas que tienen de 2 a 5 anillos bencénicos, resultantes de la combustión de materia orgánica, especialmente cuando hay producción de hollín, humo o material carbonizado.

Hidrófilo. Carácter de una sustancia que tiene afinidad por el agua. Sinónimo: hidrofílico.

Hidrófobo. Característica de una sustancia que es insoluble en agua o resistente a la hidratación o el humedecimiento. Sinónimo: lipofílico.

Hipersensibilidad. Estado en el que un individuo reacciona con efectos alérgicos a la exposición a una determinada sustancia (alérgeno), después de haber sido predispuesto (sensibilizado) en la exposición anterior.

Inducción enzimática. Aumento en la velocidad de síntesis de una enzima como respuesta a la acción de un agente que se denomina inductor.

Ingesta. Cantidad de sustancia que penetra en el cuerpo por vía oral, independientemente de que sea o no absorbida.

Ingesta diaria admisible (IDA). Estimación de la cantidad total de una sustancia o elemento químico contenida en los alimentos o en agua de bebida, expresada respecto a la masa corporal, (mg/Kg), que puede ser ingerida diariamente durante toda la vida, sin riesgo apreciable para la salud. A efectos de cálculo por persona, se considera un peso medio de 60 Kg.

Iniciador. 1. Sustancia que comienza una reacción en cadena (simplemente, un incendio); el iniciador se consume en la reacción, al contrario que el catalizador. 2. Agente que produce un cambio en un cromosoma o en un gen, lo que permite que a la llegada de un segundo agente, llamado promotor, comience el desarrollo de un tumor.

Inmisión. Concentración ambiental de un contaminante, como resultante de la emisión y la dispersión, en el lugar de la exposición.

Inmune. Condición de inmunizado, es decir, que ha producido o posee anticuerpos frente a un antígeno.

Inmunitario (Inmunológico), sistema. Conjunto de órganos (médula ósea, bazo, timo), células (linfocitos), vasos sanguíneos y ganglios linfáticos, que participan en la formación, activación, distribución y almacenamiento de anticuerpos y mediadores de las reacciones de hipersensibilidad.

Inmunosupresión. Reducción de la capacidad de respuesta inmunitaria debido a inhibición de la síntesis de anticuerpos o a bloqueo de su acción.

Inmunotóxico. Que altera el sistema inmunitario.

Inmunotoxicología. Estudio de los mecanismos y efectos adversos de las sustancias que alteran (estimulan, deprimen o desvían) el sistema inmunitario.

Insecticida. Sustancia usada para destruir insectos, en cualquiera de sus formas (huevos, larvas, etc.).

Intoxicación. Alteraciones orgánicas o fisiológicas producidas por los agentes tóxicos

Intoxicación aguda. Aparición de los síntomas de forma inmediata o en el transcurso de unas pocas horas después de transcurrida la exposición al tóxico. Generalmente es ocasionada por dosis excesivas del tóxico que ingresa al organismo.

Intoxicación crónica. Aparición de síntomas después de transcurrir un tiempo largo a la exposición al tóxico (meses-años). Es ocasionada por la exposición a dosis pequeñas repetidas por períodos largos de tiempo que pueden incluir la vida del individuo. Algunas veces la acumulación del tóxico y su liberación progresiva de los sitios de depósito pueden originar este tipo de intoxicación.

Latencia, tiempo. Período que transcurre desde la exposición a un tóxico y la manifestación de sus efectos.

Lesión. Daño, herida o alteración patológica de una zona de tejido.

Letal. Que causa la muerte; mortífero, fatal.

Leucemia. Enfermedad maligna progresiva de los órganos formadores de sangre, que se caracteriza por distorsión de la proliferación y desarrollo de los leucocitos y de sus precursores en médula ósea y sangre.

Límites de exposición. Valores establecidos por la administración sobre las concentraciones de las sustancias o las intensidades de los agentes físicos, que no deben ser superados. IPCS, 1987.

Linfoma. Tumor en tejidos del sistema linfático.

Lipófilo, lipofílico. Que tiene afinidad por las grasas y gran solubilidad en los lípidos; posee la propiedad físico-química que favorece el equilibrio de partición o reparto de un soluto entre el agua y un disolvente orgánico inmiscible, a favor de éste; influye en la absorción y bioacumulación.

Liposolubilidad. Solubilidad o disolución de una sustancia en un medio aceitoso o graso.

Máxima concentración admisible (aceptable o permisible) (MAC, en inglés). Concentración que si es inhalada diariamente (en el caso de personas que trabajan 8 horas, cinco días a la semana, o durante 24 horas en caso de la población general), y que según los conocimientos actuales no parecen inducir daño apreciable durante la vida laboral, ni posteriormente, ni en siguientes generaciones.

Meiosis. Proceso de división celular propio de células diploides, por medio del cual cada núcleo hijo recibe la mitad del número de cromosomas característicos de las células somáticas de la especie. Da por resultado gametos en los animales y esporas en las plantas.

Mercurialismo. Intoxicación crónica originada por uso excesivo de mercurio, al respirar sus vapores o por exposición en procesos de minería o fundición.

Metabolismo. Suma de todos los procesos químicos y físicos que tienen lugar en un organismo. En sentido más estricto, cambios físicos y químicos que sufre una sustancia en un organismo. Incluye la incorporación y distribución en el organismo de los componentes químicos, los cambios (biotransformaciones sufridas) y la eliminación de los compuestos y de sus metabolitos. WHO, 1989a.

Metabolito. Cualquier producto intermedio o final resultante del metabolismo.

Metahemoglobina. Forma de la hemoglobina incapaz de transportar oxígeno por tener el átomo de hierro del grupo hemo en su forma oxidada (Fe III).

Metahemoglobinizante. Sustancia capaz de oxidar directa o indirectamente el hierro II de la hemoglobina a hierro III para formar metahemoglobina, derivado de la hemoglobina que no puede transportar oxígeno.

Metahemoglobinemia. Presencia de hemoglobina oxidada (metahemoglobina) en la sangre en mayor proporción de la normal.

Metástasis. Movimiento de bacterias u otras células, especialmente las cancerosas, de una parte del cuerpo a otra, dando lugar a modificación en la localización espacial de una enfermedad o de sus síntomas.

Miastenia. Debilidad muscular.

Micotoxina. Toxina producida por un hongo.

Morbilidad. Cualquier desviación, subjetiva u objetiva de un estado de bienestar fisiológico o psicológico; en este sentido “malestar”, “enfermedad” y “condición mórbida” puede considerarse como sinónimos.

Mortalidad. Ocurrencia de muerte, estudiada en una población o subpoblación dada. La palabra mortalidad se utiliza a menudo de forma incorrecta en lugar de índice de mortalidad. IPCS, 1987.

Mutación. Cualquier cambio heredable, relativamente estable, del material genético que puede ser una transformación química de un gen individual (mutación génica o puntual) que altera su función, o un reordenamiento, ganancia o pérdida de un cromosoma, visible al microscopio (mutación cromosómica). Las mutaciones pueden ocurrir en células germinales y transmitirse a la descendencia o en células somáticas y pasar de una célula a otra al dividirse éstas.

Mutagénesis. Introducción de cambios heredables (mutaciones) del genotipo en una célula como consecuencia de alteración o de pérdida de genes o de cromosomas (o de parte de ellos).

Mutagenicidad. Capacidad de un agente biológico, químico o físico para inducir cambios heredables (mutaciones).

Mutágeno. Cualquier sustancia que puede inducir cambios heredables (*mutaciones*) en el genotipo de una célula como consecuencia de alteraciones o de pérdida de genes o de cromosomas o de parte de los mismos.

Narcótico. Agente que produce insensibilización o estupor. Sinónimo: estupefaciente.

Nefrotóxico. Químicamente dañino para las células del riñón.

Nematocida. Sustancia que mata nemátodos (gusanos).

Neoplasia. Formación nueva y anormal de tejido tumoral, o crecimiento por proliferación celular más rápida de lo normal y que continúa después de haber cesado el estímulo inicial que lo desencadenó.

Neumoconiosis. Literalmente “partículas de polvo en los pulmones”. Enfermedad pulmonar producida por inhalación de partículas orgánicas o inorgánicas, que son retenidas en el tejido pulmonar, a veces con participación de un proceso inmunitario. Las hay no fibrogénicas, en las que no se produce reacción del tejido (*por hierro, estaño, bario, carbón, etc.*) y fibrogénicas (*debidas a sílice, asbestos, talcos, etc.*).

Neumonitis. Inflamación del pulmón.

Neurona. Célula nerviosa, unidad morfológica y funcional de los sistemas nerviosos central y periférico.

Neuropatía. Cualquier enfermedad del sistema nervioso central o periférico.

Neurotóxico. Capaz de producir químicamente un efecto adverso sobre el sistema nervioso tanto central como periférico.

Nivel de contaminación máximo (MCL, en inglés). Valor definido en la legislación americana para agua de bebida, basado en dos criterios: El primero tiene en cuenta los efectos adversos (incluidas las poblaciones susceptibles) y consideraciones técnicas (concentraciones naturales de fondo) y el segundo está basado en características

organolépticas (como sabor y color) más que de salud, pero tiene en cuenta las consideraciones técnicas. Sólo para carcinógenos animales y humanos se exige total ausencia.

Nivel de exposición ambiental (EEL, en inglés). Concentración (o cantidad, o tiempo, o ambos) de una sustancia que incide sobre cualquier elemento del medio.

Nivel máximo de exposición tolerable (MTEL, en inglés). Cantidad o concentración máxima de una sustancia a la que puede ser expuesto un organismo durante un tiempo prolongado, sin producirle ningún efecto adverso.

Nivel máximo permisible (MPL, en inglés). Valor establecido normalmente como combinación de concentración y tiempo, para agentes químicos y toxicambientales, por encima del cual la exposición es perjudicial para el hombre.

Nivel mínimo de efecto adverso observable (LOAEL, en inglés). La menor concentración o cantidad de una sustancia que, según la observación o experimentación, causa cualquier modificación indeseable en un organismo distingible de un organismo idéntico control.

Nivel mínimo de efecto observable (LOEL, en inglés). La menor concentración o cantidad de una sustancia que, según la observación o experimentación, causa cualquier alteración en un organismo distingible de un organismo idéntico control.

Nivel sin efecto (NEL, en inglés). Dosis máxima de una sustancia, que no produce cambios detectables bajo condiciones de exposición definidas. En la actualidad este término tiende a ser sustituido por el de nivel sin efecto observable (NOEL) o nivel sin efecto adverso observable (NOAEL).

Nivel sin efecto adverso observable (NOAEL, en inglés). La máxima concentración o nivel de una sustancia, hallada experimentalmente o por observación, que no causa alteraciones adversas detectables en la morfología, capacidad funcional, desarrollo o duración e la vida de los organismos diana, bajo condiciones definidas de exposición.

Niveles de riesgo mínimo (MRLs). Niveles o concentraciones estimadas de una exposición diaria para la población en general que miden un riesgo mínimo de los contaminantes que pueden ser ingeridos o inhalados a través de una exposición aguda o crónica.

Organismos indicadores de la exposición. Especies sensibles al efecto de los contaminantes y representativas del medio de exposición.

Peligro. Posibilidad de que un agente produzca efectos dañinos, a causa de sus propiedades específicas y a las circunstancias y grado de la exposición. En otras palabras, un agente peligroso es una fuente de daño.

Persistencia. Propiedad de un contaminante de permanecer por largo tiempo en los componentes ambientales conservando su estructura química y su toxicidad, o si se degradan, lo hacen de forma muy lenta.

Plaga. Organismo que puede dañar la salud, atacar los alimentos u otros productos esenciales para la humanidad, o que afecta de forma adversa a los seres vivos.

Plaguicida. En sentido estricto, sustancia que mata plagas; en el uso corriente, cualquier sustancia que se utiliza para controlar, evitar o destruir plagas de origen vegetal, animal y microbiano.

Polución. Introducción de contaminantes en el ambiente, o cualquier modificación del ambiente. Sinónimo: Contaminación. ISO, 1979; WHO, 1989a.

Polución atmosférica. Presencia de sustancias en la atmósfera como consecuencia de procesos naturales o de actividades humanas, en concentraciones y tiempo suficientes como para alterar la comodidad, la salud o el bienestar de los seres vivos o perjudicar al medio. ISO, 1980. Sinónimo: Contaminación atmosférica.

Procarcinógeno. Sustancia que ha de ser metabolizada para inducir tumores malignos.

Promotor. En oncología, agente que induce cáncer cuando se administra a un animal o a un ser humano que ha sido expuesto a un cancerígeno.

Reciclado (de desechos). Proceso que permite la recuperación de una parte de un desecho para material reutilizable o para energía.

Residuo. Objeto, material, sustancia o elemento, en forma sólida, semisólida, líquida o gaseosa, que resulta de una obra, industria o actividad y que es rechazado por quien lo genera.

Residuo peligroso. Residuo que por su característica ya sea infecciosa, tóxica, explosiva, corrosiva, inflamable, volátil, combustible, radiactiva o reactiva, puede causar daño a la salud humana o al ambiente.

Residualidad. Propiedad de un agente químico de dejar residuos con potencial tóxico, en los componentes ambientales, organismos, cultivos y alimentos.

Riesgo. Probabilidad de que se produzcan efectos adversos o daños por exposición a un agente tóxico, a causa de las propiedades inherentes del mismo y a las circunstancias o grados de la exposición.

Riesgo Ambiental. Probabilidad de que un efecto nocivo se produzca en el ambiente o en los organismos presentes en él, como resultado de la contaminación de los componentes ambientales.

Riesgo, identificación del. Reconocimiento de un peligro potencial y definición de los factores necesarios para determinar la probabilidad de exposición de poblaciones u organismos a tal peligro y el daño resultante de tal exposición.

Riesgo, indicador del. Cualidad o símbolo asociado con un aumento de la probabilidad de presentación de una enfermedad u otro dato específico que puede ser usado como revelador de este incremento del riesgo; no es necesariamente un elemento causal o patogénico.

Riesgo mínimo. Riesgo despreciable por un individuo, es decir es virtualmente seguro.

Rodenticida. Sustancia usada para matar roedores. Sinónimo: Raticida

Salud. Estado de bienestar completo, físico, mental y social, y no meramente la ausencia de dolencia o enfermedad (OMS).

Salud ambiental. Salud humana y su influencia por el ambiente, incluyendo los medios técnicos y administrativos para mejorar el ambiente humano desde el punto de vista de la salud.

Saturnismo. Intoxicación por plomo. Sinónimo: Plumbismo.

Seguridad química. Garantía práctica de que los organismos no están expuestos a cantidades tóxicas de sustancias químicas; esto implica conseguir un riesgo aceptablemente bajo de exposición a sustancias potencialmente tóxicas.

Sensibilización. Proceso inmunitario por el que un individuo se convierte en hipersensible a sustancias (medicamentos, cosméticos, polvos, polen, caspa, etc.) que le hacen desarrollar una reacción alérgica cuando se expone posteriormente al material sensibilizante (alérgeno).

Sensibilizante. Capacidad de una sustancia o preparación para desencadenar una reacción del sistema inmunitario (hipersensibilización), la cual produce efectos adversos en una posterior exposición a la referida sustancia o preparación. CEE, 1987.

Signo. Evidencia objetiva de una afección o enfermedad, perceptible por un observador (hipertensión, ECG).

Silicosis. Neumoconiosis producida por la aspiración de polvo de sílice.

Síndrome. Conjunto de signos y síntomas que caracterizan a una determinada enfermedad.

Sistema nervioso. Conjunto de nervios, centros, tejidos y ganglios nerviosos. Existen nervios sensitivos y motores.

Sistema nervioso central (SNC). Está constituido por el encéfalo (cerebro y cerebelo) y la médula espinal (albergada en la columna vertebral), conectados por el tronco cerebral (bulbo raquídeo).

Sistema nervioso parasimpático. Parte del sistema nervioso autónomo o vegetativo (independiente del central) con funciones contrarias al SN simpático. Su neurotransmisor es la acetilcolina.

Sistema nervioso periférico (SNP). Está formado por los nervios que nacen en el tronco cerebral (nervios craneales) y los que salen de la médula (nervios espinales o raquídeos).

Sistema nervioso simpático. Parte del sistema nervioso autónomo o vegetativo (independiente del central) que rige la vida orgánica. Inerva los músculos de fibra lisa, el corazón, las glándulas secretoras, etc. Sus neurotransmisores son: Acetilcolina (en fibras preganglionares) y adrenalina o noradrenalina (en fibras postganglionares).

Susceptibilidad. Condición en la que existe una disminución de la resistencia de un individuo frente a determinada enfermedad o intoxicación, y que se experimenta con dosis a exposiciones inferiores a las habitualmente nocivas para el resto de la población.

Teratogenicidad. 1. Capacidad potencial para producir malformaciones o defectos en la descendencia. 2. Es una manifestación de toxicidad en la reproducción, caso particular de la embrio/fetotoxicidad, demostrada por la producción o el incremento de la frecuencia de malformaciones estructurales, congénitas, no hereditarias, en la progenie, visualmente detectables al nacimiento.

Teratógeno. Agente que por administración a la madre en período prenatal, induce malformaciones estructurales o defectos a la descendencia.

Tolerancia. 1. Capacidad de un organismo para experimentar exposición a dosis nocivas de una sustancia sin

sufrir efectos adversos. 2. Capacidad de un organismo para sobrevivir en presencia de una sustancia tóxica: Se puede adquirir aumento de la tolerancia por adaptación a exposición constante o incrementada.

Toxicidad. Capacidad para producir daño a un organismo vivo, en relación con la cantidad o dosis de sustancia administrada o absorbida, la vía de administración y su distribución en el tiempo (dosis única o repetidas), tipo y severidad del daño, tiempo necesario para producir éste, la naturaleza del organismo afectado y otras condiciones involucradas.

Toxicidad aguda. Capacidad de una sustancia para producir efectos adversos dentro de un corto plazo de tiempo (usualmente hasta 14 días) después de la administración de una dosis única (o una exposición dada) o tras dosis o exposiciones múltiples en 24 horas.

Toxicidad crónica. Capacidad de una sustancia para producir efectos adversos consecuentes a una exposición prolongada; éstos pueden aparecer durante o después de interrumpida la exposición.

Toxicidad, factor de equivalencia (TEF). Factor usado en la valoración del riesgo al estimar la toxicidad de una mezcla compleja; cuando se aplica a la mezcla de dibenzo-p-dioxinas, furanos y bifenilos clorados, se toma como TEF = 1, el de la 2, 3, 7, 8-tetraclorodibenzo-p-dioxina.

Toxicidad subcrónica. 1. Efectos adversos ocasionados por administración o exposición repetida de una sustancia durante un corto período de tiempo, usualmente el 10% de la vida (al menos 90 días en animales). 2. Capacidad para producir efectos adversos tras exposición subcrónica.

Toxicocinética. Expresión en términos matemáticos de los procesos que experimenta una sustancia tóxica en su tránsito por el cuerpo (captación, absorción, distribución, biotransformación y eliminación). Considera la velocidad de los procesos y las variaciones de las concentraciones de las sustancias originales y de sus metabolitos en los compartimientos.

Tóxico. Cualquier agente químico o físico capaz de producir un efecto adverso para la salud. Todos los agentes físicos y químicos son tóxicos potenciales, ya que su acción depende de la dosis y de las circunstancias individuales y ambientales. Repetto, 1988.

Toxicodinámica. Proceso de interacción de una sustancia tóxica con los lugares diana, y las consecuencias bioquímicas y fisiopatológicas que conducen a los efectos tóxicos.

Toxicología. Ciencia que estudia los agentes tóxicos de cualquier naturaleza, sus propiedades, su cinética y comportamiento, sus mecanismos de acción, las lesiones que ellos ocasionan y los tratamientos adecuados para proteger los organismos afectados.

Toxicología para el desarrollo. 1. Estudio de los efectos adversos de los tóxicos sobre el desarrollo de los organismos (anormalidades estructurales, alteración del nacimiento, deficiencias funcionales o muerte) como consecuencia de la exposición de cada padre antes de la concepción, o durante los períodos pre y postnatal, hasta la maduración sexual. 2. Estudio de la aparición de trastornos no hereditarios en la progenie, en cualquier período, pre, peri y post-natal, de carácter estructural, funcional o de comportamiento.

Toxicología para la reproducción. Estudio de los efectos adversos no hereditarios de las sustancias sobre el embrión, feto, neonato y mamífero prepúber, y sobre los sistemas reproductor y endocrino del adulto.

Toxina. Sustancia venenosa producida por un organismo, (microbio, animal o planta).

Tumor. 1. Inflamación (bulto) o crecimiento anormal de un tejido, ya sea benigno o maligno. 2. Crecimiento anormal, en velocidad y estructura a partir del tejido normal, sin utilidad fisiológica. Sinónimo: Neoplasia.

Veneno. 1. Toxina animal utilizada para autodefensa o depredación y liberada normalmente por mordedura o picadura. 2. Tóxico usado intencionadamente. Sinónimo: Toxina.

Vida media. 1. Tiempo medio ($t^{1/2}$ o $V1/2$). Tiempo en el cual la concentración de una sustancia se reduce a la mitad. 2. Parámetro utilizado para medir el grado de persistencia de un contaminante. Es el tiempo requerido para que la concentración del contaminante presente en los componentes ambientales disminuya a su mitad.

Xenobiótico. En sentido estricto, cualquier sustancia que interactúa con un organismo y que no es uno de sus componentes naturales. Sinónimo: Sustancia exógena, sustancia extraña.

2.2 Campos de la Toxicología

La toxicología tiene varias ramas o campos de acción entre ellas figuran las siguientes:

2.2.1 Toxicología Ambiental.

Estudia el origen, fuentes y propiedades de los contaminantes ambientales, los efectos nocivos que causan en el hombre y en los ecosistemas, su interacción con otros componentes presentes en los componentes ambientales, su cinética, la evaluación del daño, y los mecanismos de prevención y control.

2.2.2 Toxicología Ocupacional (industrial).

Analiza y estudia los efectos en la salud que ocasiona la exposición a los agentes tóxicos presentes en los lugares de trabajo. Este campo es muy útil para la protección de la salud de los trabajadores y para eliminar los riesgos a que están expuestos. Las enfermedades ocupacionales producidas por agentes industriales causan gran mortalidad en la población expuesta en el mundo.

2.2.3 Toxicología Reglamentaria.

Reúne y evalúa la información toxicológica existente para establecer normas de exposición “sin riesgos” sobre la base de los niveles y concentraciones de los agentes tóxicos. Es decir, una norma o recomendación es el nivel o concentración de un agente tóxico, al que está expuesto una persona sin sufrir un efecto nocivo para la salud.

2.2.4 Toxicología Descriptiva.

Gira en torno a la recolección de información toxicológica derivada de la experimentación en animales. Estos tipos de experimentos se usan para establecer los niveles o cantidad de un agente tóxico que puede producir una enfermedad o la muerte. En Los EE.UU, la Agencia de Protección Ambiental (EPA), la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) y la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) utilizan la

información proveniente de estos estudios para establecer los límites que regulan las exposiciones.

En el país no existe la experimentación animal, por ello tomamos los datos de Entidades Internacionales y, las autoridades competentes del país los analizan y los dan a conocer. Las entidades involucradas en normalizar o reglamentar el control de los agentes contaminantes para mantener un ambiente saludable, son los ministerios de Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, como también otras entidades: Secretaría Distrital del Ambiente, Corporaciones ambientales autónomas regionales y las Secretarías de Salud de los Departamentos.

2.2.5 Toxicología de Alimentos.

Estudia los efectos nocivos que sobre la salud humana pueden producir los contaminantes de alimentos, que están presentes de forma natural o son agregados para mejorar la calidad de los alimentos (aditivos). Hay tóxicos igualmente, que se forman a través de los diferentes procesos de producción y manipulación del alimento. Un ejemplo de ello, es el ahumado natural y el asado a fuego directo de productos cárnicos (formación de hidrocarburos aromáticos polinucleares carcinógenos).

En la actualidad, son de gran interés las alergias producidas por ciertos alimentos. El 35% de La población del mundo sufre de alergias, el 20% de ellas son de origen genético, como es el caso de la intolerancia a los lácteos, a cítricos, leguminosas, pescados, huevos, etc. El otro 15% es producido por factores ambientales tales como la presencia en el ambiente, de polen, mohos, humedad, polvo, microácaros, pelos y plumas de animales.

2.2.6 Toxicología Clínica.

Estudia las alteraciones en la salud, relacionadas con la exposición a sustancias tóxicas y su tratamiento. Los toxicólogos clínicos, son médicos conocedores de los signos y síntomas producidos por una amplia gama de sustancias tóxicas y serán los encargados de administrar el tratamiento apropiado.

2.2.7 Toxicología Forense.

Estudia lo referente a las intoxicaciones criminales. Una intoxicación por banal que parezca, puede tener implicaciones legales, como los casos de intoxicaciones homicidas o suicidas.

2.2.8 Toxicología Analítica.

Se encarga, mediante procedimientos de laboratorio, de identificar y cuantificar el tóxico en una gran variedad de muestras biológicas (fluídos, excrementos) y ambientales.

2.2.9 Toxicología Bélica.

Estudia los agentes físicos, biológicos y químicos que son utilizados como armas de guerra y, que en muchas ocasiones pueden ocasionar efectos nocivos en poblaciones, por eso son llamadas armas de destrucción masiva. Por ejemplo, las armas nucleares (bomba atómica), la toxina botulínica, el ántrax, el gas mostaza, el gas sarín, el cianuro.

2.2.10 Toxicología de la Radiación.

Estudia los efectos inmediatos y a largo plazo que producen los materiales radiactivos, de gran uso en este momento en el diagnóstico de enfermedades, en la terapia del cáncer, en la industria e investigación. Como ejemplo tenemos, los rayos

X, la fuente de Cobalto 60 (Co60) utilizado en la irradiación del cáncer.

2.2.11 Toxicología Genética.

Estudia los efectos genotóxicos que producen las sustancias que tienen la capacidad de interactuar con el DNA, para producir daño en la estructura de éste o en la información contenida en los 23 pares de cromosomas que hacen parte del genoma humano.

Pueden producir mutaciones, cáncer y malformaciones. El humo y el hollín, producidos por la quema de materiales fósiles son genotóxicos.

2.2.12 Toxicología Inmunológica o Immunotoxicología.

Estudia a las sustancias que son capaces de alterar el sistema inmunitario junto con sus mecanismos de acción tóxica (supresión, estimulación y desviación) y sus efectos.

Las dioxinas resultantes de la incineración de basuras además de ser genotóxicas, destruyen el sistema inmunológico.

2.2.13 Toxicología Neurológica o Neurotoxicología.

Estudia a los agentes o sustancias que producen alteraciones de los centros nerviosos, como es el caso de solventes utilizados en la industria y como combustibles, son todos depresores del sistema nervioso central.

2.3 Clasificación de los agentes tóxicos.

Los agentes tóxicos se pueden clasificar de varias maneras:

2.3.1 Por su origen

Vegetales. El reino vegetal está lleno de muchos y variados tóxicos entre ellos tenemos: la nicotina, la morfina, la cocaína, la escopolamina, la paverina, la codeína, la cafeína, la teofilina, las saponinas, los glucósidos cianogenéticos (cianuro), etc.

Animales. Entre los venenos de animales figuran entre otros, el veneno de las serpientes, de insectos, de anfibios, de peces, de moluscos, de alacranes, escorpiones, hormigas, ranas.

Minerales. Entre los minerales tenemos los distintos metales que se encuentran libres o combinados en la geósfera.

Los tóxicos ambientales pueden igualmente clasificarse de acuerdo con su origen en:

Vegetales. Algas y polen.

Animales. Excremento humano y de animales.

Minerales. Metales, asbestos presentes en las minas, nitratos en las aguas.

2.3.2 Naturales o Antropogénicos

La clasificación de los tóxicos más utilizada en el área ambiental:

Naturales. Gases de pozos y cuevas, gases producidos por putrefacción de materia orgánica, erupciones volcánicas y quemas forestales.

Antropogénicos. Son los producidos por el hombre: Fertilizantes químicos, plaguicidas, jabones y detergentes, plásticos, pinturas, solventes, combustibles, medicamentos.

2.3.3 Por su estado físico

Gases, vapores, nieblas. Gas natural, gas propano, acetileno, entre otros.

Líquidos volátiles y no volátiles. La mayoría de solventes son volátiles, por ejemplo, los alcoholes e hidrocarburos derivados del petróleo.

Sólidos. Polvos, partículas.

Semisólidos. Lodos.

2.3.4 Por su estructura química

De acuerdo con su estructura química, o sea se tiene en cuenta su función química. Ácidos, álcalis, alcoholes, aminas, aldehídos, éteres, ésteres, hidrocarburos, fenoles, etc.

2.3.5 Por el efecto que producen en el organismo.

De Efecto local. Es aquel que se produce al primer contacto con el organismo. El daño está circunscrito al lugar de contacto entre el organismo y el agente tóxico.

Generalmente son tóxicos gaseosos, vapores de líquidos volátiles o sustancias altamente corrosivas las que producen alteraciones de la piel y mucosas (ocular, nasal y bucal). Por ejemplo, los ácidos (nítrico, sulfúrico, clorhídrico) y bases fuertes (soda y potasa) destruyen la piel y mucosas al primer contacto, los óxidos de azufre y los vapores de solventes pueden producir irritación en las mucosas ocular, nasal y bucal.

De Efecto sistémico. Ocurre en distinto lugar de aquel por el que el agente tóxico penetró en el cuerpo, es decir, deberá ingresar al interior del organismo a través de las diferentes vías. Requiere absorción y distribución del tóxico en el organismo. Los mecanismos y partes del cuerpo se organizan en grupos bastante diferenciados, llamados sistemas, que realizan diversas funciones necesarias para la vida. Los sistemas comúnmente reconocidos son los siguientes:

- Osteomuscular
- Respiratorio
- Nervioso
- Digestivo
- Cardiovascular (incluye la sangre)
- Reproductor
- Endocrino
- Excretor, e
- Inmunológico

Dichos sistemas están interconectados, es decir que el funcionamiento de cada uno, afecta o depende de los otros, por ello un tóxico puede alterar varios sistemas a la vez y como consecuencia tener una amplia gama de efectos.

2.3.6 Por la selectividad sistémica del tóxico

Cada tóxico tiene selectividad o afinidad por un determinado órgano o sistema. Así tenemos:

Tóxicos óseos. Tienen selectividad por los huesos del organismo, por ejemplo, las radiaciones ionizantes y algunos metales.

Tóxicos respiratorios. Afectan el sistema respiratorio, por ejemplo los gases y vapores de líquidos volátiles. Algunos pueden ser irritantes como lo óxidos de azufre y de nitrógeno (SO_x, NO_x), asfixiantes (gas metano, gas natural, gas propano) y corrosivos (vapores de amoníaco, cloro, bromuro de metilo, ácidos).

Tóxicos nerviosos. Afectan el sistema nervioso central, periférico y fibras nerviosas, por ejemplo, los solventes y derivados del petróleo.

Tóxicos cardiovasculares. Afectan el corazón, venas, arterias, vasos sanguíneos, por ejemplo el monóxido de carbono.

Tóxicos hematológicos. Afectan a la sangre y el organismo formador de ella (médula ósea), por ejemplo el benceno y plomo.

Tóxicos que afectan los órganos excretores. Afectan al hígado, riñón y vejiga, por ejemplo, los metales pesados y los solventes.

Tóxicos que afectan a la vez varios sistemas. por ejemplo las dioxinas afectan el sistema endocrino, reproductor e inmunológico; el alcohol etílico afecta, el sistema nervioso central y periférico y el sistema hepáticos y renal.

2.3.7 Tóxicos según su mecanismo de acción

De acuerdo con su mecanismo de acción, es decir con la forma como el tóxico actúa para hacer el daño. Pueden ser:

- Estimulantes del Sistema Nervioso Central (SNC). Por ejemplo, la cafeína, anfetaminas, cocaína.
- Depresores del SNC. Alcoholes, solventes.
- Estimulantes enzimáticos. Insecticidas organoclorados, bifenilos policlorados “PCB”.
- Bloqueadores enzimáticos. Insecticidas organofosforados, cianuro, metales.
- Combinación con la hemoglobina. Monóxido de Carbono.
- Oxidación de la hemoglobina (tóxicos metahemoglobinizante). Nitratos, anilinas.
- Degeneración hepática. Alcohol, cloroformo.
- Daño de los glómerulos renales. Mercurio elemental y sus sales inorgánicas, plomo.
- Daño del nervio óptico. Metanol.

2.3.8 Por su principal utilización

Medicamentos, aditivos alimentarios, plaguicidas, combustibles, solventes, fertilizantes, detergentes, tóxicos domésticos.

2.3.9 Por su capacidad de envenenamiento

Extremadamente tóxico, muy tóxico y levemente tóxico.

2.3.10 Segundo el interés de las comunidades

Tóxicos atmosféricos, ocupacionales y con efectos agudos y crónicos.

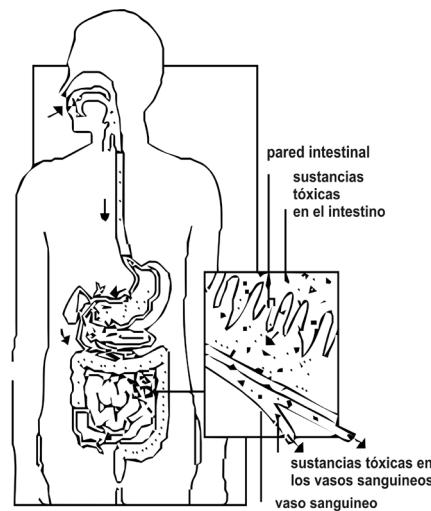
2.4 Vías de ingreso de los tóxicos al organismo

La sustancia tóxica puede ingresar al organismo, siguiendo una vía de exposición. La cantidad de tóxico que ingresa en la sangre en un tiempo dado depende de la vía de ingreso.

Las principales vías de ingreso de los tóxicos son las siguientes:

2.4.1 Vía oral, o por ingestión

La mayor parte de las intoxicaciones se producen por esta vía. Los niños pequeños suelen ingerir accidentalmente la sustancia tóxica, mientras que los adultos lo hacen a veces deliberadamente para autoeliminar. Las personas que comen, beben o fuman después de haber manejado una sustancia tóxica y sin haberse lavado las manos, pueden ingerir accidentalmente parte de ella. Este descuido es una causa frecuente de intoxicaciones por plaguicidas.



Los tóxicos ingeridos pasan al estómago y luego al intestino. Algunos pueden atravesar las paredes del intestino y alcanzar los vasos sanguíneos. Cuanto más tiempo está una sustan-

Figura 2.1 Paso de las sustancias ingeridas desde el tracto gastrointestinal a los vasos sanguíneos.

cia tóxica en el intestino, mayor es la cantidad que pasa a la sangre y más grave la intoxicación. Ver Figura 2.1

Si una persona vomita al poco tiempo de haber ingerido la sustancia peligrosa, ésta puede quedar expulsada del cuerpo antes de que haya llegado a la sangre una dosis tóxica. Por consiguiente, cuando una persona no vomita espontáneamente, suele ser útil provocarle el vómito. Hay otros dos medios de evitar que las sustancias tóxicas pasen del intestino a la sangre:

- 1) Administrar carbón activado, que adsorbe (fija) ciertos tóxicos impidiendo que atraviesen las paredes intestinales y;
- 2) Provocar el vómito o administrar laxantes para acelerar el paso del tóxico por el intestino y lograr que salga del cuerpo con más rapidez.

Las sustancias tóxicas que no son absorbidas por las paredes del estómago e intestinos, no llegan a la sangre, por lo cual no serán afectadas otras partes del organismo. Después de recorrer el tracto gastrointestinal, salen del cuerpo con las heces.

2.4.2 Vía respiratoria o inhalatoria (Inhalación por la boca o por la nariz)

Las sustancias tóxicas que están en forma de gas, vapores de líquidos volátiles, partículas en forma de polvos o fibras, humo o gotitas minúsculas (aerosoles o pulverizaciones) pueden pasar a los pulmones por la boca y la nariz con la respiración.

Solamente llegan al pulmón las partículas que son invisibles por su tamaño (tamaño igual o menor a 10 micras, 1 micra es la milésima parte de un milímetro); las

más grandes quedan retenidas en la boca, la garganta y la nariz, pudiendo ser ingeridas.

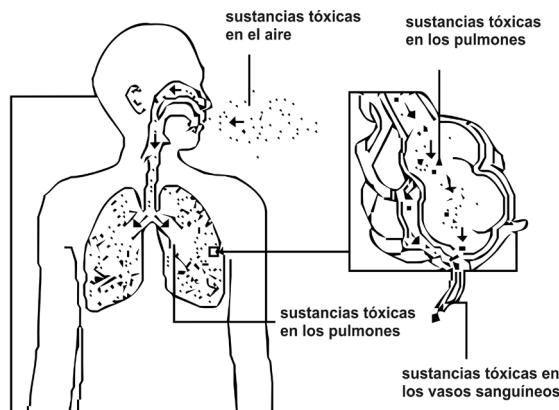


Figura 2.2 Paso de las sustancias inhaladas de los pulmones a los vasos sanguíneos.

Una persona puede intoxicarse por inhalación cuando trabaja con una sustancia tóxica en el interior de un local mal ventilado, o cuando se fumiga cultivos con plaguicidas sin la debida protección. Ver figura 2.2

La vía respiratoria es la vía de ingreso más rápida que tiene el organismo y por ello los efectos de las sustancias inhalables son inmediatos

Los calentadores, hornillos y estufas de petróleo o gas producen humos tóxicos que pueden alcanzar una concentración peligrosa si el sitio no tiene buena ventilación.

Las sustancias inhaladas pasan rápidamente a los pulmones, y luego a los vasos sanguíneos por simple difusión gaseosa, por ello es la vía de ingreso más rápida que tiene el organismo y su efecto tóxico aparece de forma inmediata. Además, los conductos aéreos pulmonares (bronquiolos y alvéolos) tienen paredes muy finas y un riego sanguíneo abundante.

2.4.3 Vía dérmica o por contacto cutáneo

El ingreso del tóxico por la piel y mucosas, es la más lenta de todas, ya que el tóxico debe atravesar varias membranas celulares hasta llegar a la sangre, además los tóxicos deben ser de naturaleza lipóidea o liposoluble como el caso de los solventes. Ver figura 2.3

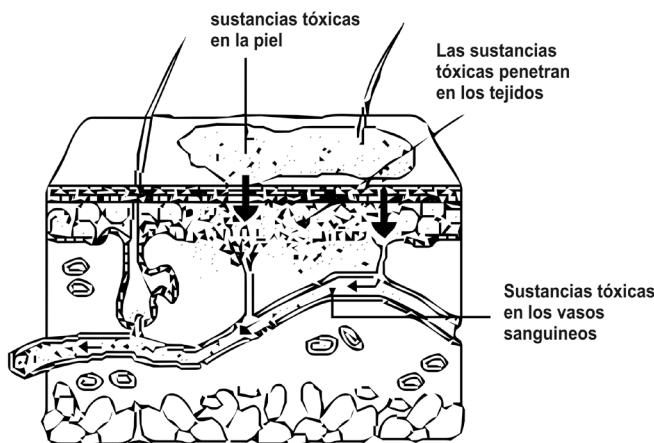


Figura 2.3 Paso de las sustancias de la piel a los vasos sanguíneos

Las personas que trabajan con sustancias químicas (solventes, derivados del petróleo, plaguicidas) pueden sufrir intoxicaciones si se salpican o humedecen la piel o si llevan ropa empapada por el producto.

La piel es una barrera que protege al cuerpo de las sustancias tóxicas. Sin embargo, algunas pueden pasar a través de ella. Los tóxicos atraviesan con más facilidad la piel húmeda caliente y sudorosa que la fría y seca; por otra parte, la piel con lesiones o quemaduras ofrece menos resistencia que la piel intacta. A veces es posible eliminar el tóxico de la piel lavándola antes de que pase al interior del cuerpo.

2.4.4 Vía parenteral o por perforación de la piel (Inyección)

A través de la piel pueden penetrar sustancias tóxicas por inyección con una jeringa o un inyector de pistola, así como en el curso de un tatuaje o por picadura o mordedura de un animal venenoso (insecto, pez o serpiente). La inyección puede efectuarse directamente en un vaso sanguíneo o en el tejido muscular o adiposo subcutáneo. La inyección directa en la sangre surte un efecto muy rápido. Las sustancias tóxicas inyectadas bajo la piel o en el tejido muscular tienen que atravesar varias capas antes de llegar a los vasos sanguíneos, por lo que su acción es más lenta.

Hay sustancias que son volátiles y liposolubles y por ello pueden ingresar al organismo por las tres vías como los alcoholes, solventes e hidrocarburos derivados del petróleo (gasolina, kerosene, cocinol).

Los gases contaminantes del aire ingresan solamente por la vía inhalatoria.

2.5 Dosis y concentraciones

2.5.1 Dosis

Dosis es la cantidad de sustancia que produce un efecto determinado, al ingresar al organismo por cualquiera de las vías antes dichas.

La relación entre el tipo de respuesta y la dosis administrada ha sido analizada desde los tiempos de Paracelso, quién en 1493 expresó que todas las sustancias son tóxicas dependiendo de su dosis, o ninguna sustancia es tóxica solamente la dosis la convierte en tal.

La dosis determina el tipo y la magnitud de la respuesta biológica y éste es un concepto central de la Toxicología. La dosis es tan importante que de ella depende el potencial tóxico de la sustancia.

Los medicamentos, por ejemplo, ejercen efectos favorables si se toman en la dosis adecuada, pero pueden producir una intoxicación si la cantidad es excesiva. Entonces surge la pregunta ¿cuánta sustancia es necesaria para alcanzar un efecto determinado?

Para contestar la pregunta se toma un ejemplo: La aspirina es un medicamento que quita el dolor de cabeza, si se toma media tableta no quita el dolor, si se toma una tableta(500 mg) quita el dolor, si se toma dos o más tabletas se presenta un efecto indeseado(gastritis) y, si se toma todo el frasco mata.

Cada sustancia tiene varios efectos que dependen de la dosis. Para conocer dichas dosis se utilizan los estudios hechos en animales de laboratorio.

A los animales seleccionados se les administra las diferentes dosis de la sustancia, en condiciones definidas, para obtención de las siguientes dosis:

- Dosis sin efecto observable (NOEL) o nivel sin efecto adverso observable (NOAEL)
- Dosis efectiva para un efecto benéfico o dosis efectiva para un efecto adverso (DE)
- Dosis Letal (DL)

En términos generales, la dosis capaz de causar una intoxicación recibe el nombre de dosis tóxica (Dosis Efectiva con un efecto indeaseable).

La cantidad más pequeña que ejerce un efecto nocivo se denomina dosis umbral. Si la cantidad de sustancia que ingresa en el cuerpo es inferior a la dosis umbral, no se producen efectos nocivos (Dosis sin efecto observable), pero si la cantidad es muy superior a la dosis umbral puede causar la muerte (Dosis Letal).

La dosis determina si una sustancia es tóxica.

Todas estas dosis se expresan en mg/Kg (miligramos de la sustancia por Kilogramo de peso del animal), ver capítulo 3.

2.5.2 Concentraciones

Cuando el tóxico está presente en los componentes ambientales, se habla de concentración.

Concentración es la cantidad de tóxico que puede producir o no un determinado efecto en los organismos presentes en el medio de exposición (aire, agua, suelos, sedimentos).

Cuando la sustancia que contamina está presente en el aire o en el agua, su concentración se expresa en: mg/L (miligramos de la sustancia / litro).

Cuando la sustancia está presente en suelo, sedimentos o en los alimentos, la concentración se expresa en: mg/Kg (miligramos de la sustancia / kilogramo).

Para definir las diferentes concentraciones (sin efecto, con efecto, letales) que puede tener un contaminante, se utilizan igualmente los estudios hechos en animales de laboratorio.

Cualquier sustancia puede tener una:

- Concentración sin efecto observable (NOEC) o nivel sin efecto adverso observable (NOAEC)
- Concentración efectiva (CE) para un efecto benéfico o un efecto adverso (CE)
- Concentración letal (CL).

Para aclarar lo anterior tomamos como ejemplo el flúor. El flúor es utilizado en enjuagues, en cremas dentales y en la sal para la prevención de las caries.

- Concentraciones menores de 1ppm (mg/L), no son efectivas para la prevención de las caries dentales. Concentración sin efecto (NOEC).
- Concentraciones de 1 ppm, previenen y controlan las caries dentales. Concentración efectiva con efectos benéficos (CE).
- Concentraciones mayores de 1ppm, empiezan los efectos nocivos (fluorosis, osteoporosis). Concentración efectiva con efectos adversos (CE).
- Concentraciones de 1000 ppm en adelante son mortales. Concentración letal (CL).

2.5.3 Niveles y concentraciones permisibles

De los estudios toxicológicos efectuados en animales para cada sustancia, se obtienen las dosis y concentraciones sin efecto y efectivas.

Esta dosis o concentraciones permiten el cálculo de los niveles y concentraciones permisibles.

Los niveles y concentraciones permisibles son aquellas que no ocasionan alteraciones en la salud durante toda la vida de un individuo expuesto, o sea, son las que aseguran la supervivencia de los seres humanos o de los

organismos ambientales, especialmente cuanto se encuentran en un medio contaminado.

Por ejemplo, el nivel permisible de mercurio en pescado es de 2ppb (microgramo/Kilogramo), que indica que se puede consumir ese pescado durante toda la vida sin ningún riesgo para la salud. El nivel permisible diario de ozono en el aire es de 20 ppb (microgramos/litro), esos valores indican que se puede respirar ese aire durante toda la vida, sin presentar ningún efecto o riesgo respiratorio.

Mantener los contaminantes ambientales por debajo de los niveles permisibles es lo más importante para la conservación de la vida y del planeta.

Hay una serie de agentes que no tienen los niveles permisibles por ser potentes tóxicos, ya que mínimas cantidades matarían los animales-prueba. Entre éstos tenemos:

- La dioxina, la dosis letal es de un nanogramo (1×10^{-9} de gramo).
- La toxina botulínica, 1 gramo puede matar un millón de personas.
- El ántrax, 1 Kg puede matar 3 millones de personas.
- La tetrodotoxina, (toxina presente en peces de la especie Tetradón).
- La batracotoxina (ranas del Chocó).
- La toxina crotálica (víbora cascabel).

- El gas Sarin (insecticida organofosforado).
- El gas mostaza.

2.5.4 Sustancias acumulativas

Hay sustancias tóxicas que pueden estar presentes en el organismo, en niveles muy bajos o infratóxicos que no ocasionan ningún efecto nocivo, ingresan generalmente a través de los alimentos y el agua (contaminación del organismo).

Estos niveles pueden ir aumentando en el organismo hasta llegar a niveles altos que produzcan efectos tóxicos (intoxicación).

Las sustancias que sufren de esos procesos dentro del organismo son llamadas acumulativas. Las sustancias acumulativas son aquellas que tienen capacidad de ser retenidas en los diferentes órganos del cuerpo, de acuerdo a su afinidad, que conducen a un aumento de la cantidad o concentración de la sustancia en los mismos.

En la tabla 2.1 vemos algunos ejemplos de los tóxicos que tienen la tendencia de acumularse en el organismo.

Metales pesados
Insecticidas Organoclorados
Bifenilos Policlorados. PCBs
Dioxinas y furanos
Radiaciones ionizantes

Tabla 2.1 Tóxicos acumulativos

2.6 Magnitud de la exposición a sustancias tóxicas

Exposición es el contacto de una población, un individuo o un componente ambiental con un agente tóxico. Cuando una persona entra en contacto con una sustancia tóxica se dice que está expuesta.

La exposición a sustancias tóxicas puede ser de mayor o menor grado dependiendo de su magnitud. En la magnitud de la exposición hay involucrados varios factores, entre los principales están:

- Concentración del agente tóxico en el medio de exposición.
- Duración y frecuencia de la exposición
- Características de la población expuesta (edad, estado de salud, nutrición)

La magnitud de la exposición depende en gran parte de la concentración del agente tóxico en el medio de exposición, se determina midiendo o estimando la cantidad (concentración) del agente que está presente en el medio de contacto. Igualmente depende de la duración del contacto y del mecanismo por el que ingresa en el cuerpo el tóxico, y en parte de la cantidad de sustancia tóxica que puede eliminar el organismo durante ese tiempo.

La exposición puede ser única o producirse de manera repetida.

Por exposición aguda se entiende un simple contacto que dura segundos, minutos u horas, o bien una, sucesión de exposiciones durante un día como máximo.

Por exposición crónica se entiende un contacto que dura días, meses o años. Puede ser continua o estar interrumpida por intervalos en los que no se produce ese contacto. La exposición que sólo se produce en el trabajo, por ejemplo, no es continua.

La exposición crónica a pequeñas cantidades de una sustancia tóxica puede no dar al principio ningún síntoma o signo de intoxicación. A veces pasan muchos días o meses antes de que el cuerpo albergue suficiente cantidad de sustancia química para que haya intoxicación.

Una persona, por ejemplo, puede utilizar a diario un plaguicida, exponiéndose cada día a una pequeña cantidad de éste; ahora bien, la cantidad de plaguicida que se va depositando en el cuerpo aumenta gradualmente hasta que, al cabo de muchos días, se convierte en una dosis tóxica. En ese momento es cuando la persona empieza a sentir los efectos en su organismo.

Además, un gran número de agentes tóxicos ejercen los efectos adversos después de ser absorbidos por el organismo, mientras que otros actúan en la superficie de los ojos, piel y mucosas.

Para medir las interacciones entre el organismo y el agente tóxico, se utilizan a nivel mundial los marcadores biológicos o biomarcadores, llamados también indicadores biológicos de la exposición.

2.6.1 Marcadores biológicos

El término marcador biológico o biomarcador se utiliza en un sentido amplio, incluye casi todas las mediciones que reflejen una interacción entre un sistema biológico y un agente ambiental que puede ser químico, físico o biológico.

El hombre actúa como un aparato que pone en evidencia la presencia, el efecto o bien características individuales de la exposición a sustancias tóxicas presentes en el ambiente o en el trabajo.

La detección biológica del tóxico, es de gran valor y se constituye en una forma de evidenciar el efecto de las sustancias químicas sobre el organismo humano a través del uso de los marcadores biológicos. Ver tabla 2.2.

Los marcadores biológicos se pueden clasificar en tres grupos:

1. Marcadores biológicos de exposición.
2. Marcadores biológicos de efecto.
3. Marcadores biológicos de sensibilidad.

2.6.1.1 Marcadores biológicos de exposición.

Son mediciones dentro de un compartimiento del organismo de una sustancia exógena o de sus productos de biotransformación o el producto de interacción entre el agente y alguna molécula blanco o célula.

La utilización de biomarcadores de exposición se divide en dos categorías:

- a) Medición de los niveles del agente y sus metabolitos en células, tejidos, fluidos corporales o excretas.
- b) Medición de respuestas biológicas, tal como citogenética y cambios fisiológicos reversibles en los individuos expuestos.

2.6.1.2 Marcadores biológicos de efecto

Son alteraciones bioquímicas, fisiológicas o de otro tipo que se pueden medir en un organismo y se pueden reconocer como asociadas a una enfermedad o una deficiencia en la salud.

Ejemplos:

La inhibición de ciertas enzimas en la ruta de la síntesis de la hemoglobina por iones de plomo, da lugar a niveles elevados de precursores de protorfirina y de ácido delta-aminolevulínico en la orina.

La medición de los cambios de la función cognoscitiva (por ejemplo, el aprendizaje y la memoria) se usan en estudios de trabajadores expuestos a solventes y metales pesados.

2.6.1.3 Marcadores biológicos de susceptibilidad

Son las mediciones que reflejan la sensibilidad de un individuo, dentro de una población expuesta a un agente tóxico específico.

Además, estos marcadores indican los factores que pueden aumentar o reducir el riesgo de que un individuo desarrolle una respuesta tóxica, después de la exposición a un agente. Por lo general, esto es resultado de las diferentes tasas de la actividad enzimática que controla la activación o la detoxificación de los agentes tóxicos entre los individuos y en muchos casos esta genéticamente determinada.

Ejemplo: Un nivel genéticamente bajo de la antitripsina, aumenta el riesgo de contraer enfisema en los fumadores, ya que esta enzima protege las paredes alveolares.

Biomarcadores son las mediciones que reflejan una interacción entre un sistema biológico y un agente tóxico que puede ser de naturaleza física, química o biológica.

2.6.2 Uso de los marcadores biológicos

Los marcadores biológicos se utilizan para:

- Detectar la presencia de una exposición.
- Determinar las consecuencias biológicas de la exposición (intoxicaciones agudas, crónicas, efectos a largo plazo).
- Detectar los procesos iniciales e intermedios de un proceso patológico.
- Identificar a los individuos sensibles de una población.
- Fundamentar la decisión de intervenir, tanto a nivel individual como ambiental.

Compuesto	Índices de referencia	Valores tóxicos
FLUOR	1 ppm	10 ppm
PLOMO	Pobl. Normal 0 - 0.036 mg/100ml	mayor 0.070mg/100ml
CARBOXIHEMOGLOBI	No fumadores 5%	15%
NA	Fumadores 9%	letal 60%

Tabla 2.2 Ejemplo de biomarcadores

2.7 Intoxicaciones. Clasificación

Las intoxicaciones son las alteraciones funcionales u orgánicas producidas por los tóxicos.

Estas perturbaciones fisiológicas, o el daño en órganos y tejidos producidas por los tóxicos de diferente severidad clínica, pueden en ocasiones producir la muerte, dependiendo de la cantidad, vía de ingreso, tiempo de exposición y características de la población expuesta.

Las intoxicaciones se clasifican:

2.7.1 Según su origen

Las intoxicaciones pueden tener diferentes orígenes:

Intoxicaciones sociales. Las distintas costumbres sociales y religiosas llevan al uso y abuso de muchas sustancias que pueden ocasionar intoxicaciones, como el alcohol, el tabaco, la marihuana, el bazuco, etc.

Intoxicaciones ocupacionales. Se producen por el uso de agentes químicos, físicos o biológicos propios del oficio y dentro del mismo.

Intoxicaciones ambientales. Se producen por un ambiente contaminado, resultante por lo general de fuentes contaminantes creadas por el hombre, tales como la combustión de materiales fósiles, vertimientos industriales, emisiones gaseosas de industrias y el transporte, entre otras.

Intoxicaciones alimentarias. La presencia de agentes nocivos en los alimentos trae como consecuencia la intoxicación alimentaria, Estos agentes pueden ser microorganismos, o contaminantes llegados al alimento en forma accidental, o añadidos para mejorar las condiciones organolépticas y de estabilidad, como es el caso de los aditivos alimentarios.

Intoxicaciones por interacción medicamentosa. En muchas ocasiones, el suministro de varios fármacos simultáneamente da lugar a estas intoxicaciones.

Intoxicaciones homicidas. Es común el uso de tóxicos para causar daño o matar. Tienen acción penal.

Intoxicaciones suicidas. El intento de autoeliminación lo encontramos casi siempre rodeado de problemas sociales, como los sentimentales, desempleo, pérdida del año escolar, drogadicción, etc. El uso de sustancias tóxicas de libre adquisición como insecticidas, raticidas, álcalis (soda y potasa) y medicamentos son los tóxicos de mayor utilización en los suicidios.

Intoxicaciones accidentales. Ocasionada por imprevisión de las personas, por descuido y por ignorancia. Las más comunes de este grupo son las pediátricas, ocasionadas por error e imprevisión de los padres de dejar al alcance de los niños medicamentos, líquidos tóxicos, etc. Igualmente en este grupo figuran las intoxicaciones colectivas, aquellas que afectan a un gran número de personas expuestas al mismo tóxico, tenemos el caso de los mineros expuestos al gas grisu (metano), o los casos de intoxicaciones alimentarias ocasionadas por el consumo de alimentos cárnicos y lácteos contaminados con microorganismos.

■ ■ ■ ■ ■
Las intoxicaciones son las enfermedades producidas por los agentes tóxicos.
... ■ ■ ■ ■ ■

2.7.2 Segundo la dosis y el tiempo de aparición de los síntomas

- Intoxicaciones agudas.
- Intoxicaciones subagudas o subcrónicas.
- Intoxicaciones crónicas.

Intoxicación aguda. Son las alteraciones en la salud por la exposición de corta duración a un agente tóxico en una o varias dosis (generalmente una sobredosis), con aparición de los efectos de inmediato, o en un periodo no mayor de 24 horas. Por ejemplo, una inhalación grande de gas propano, puede el individuo morir por asfixia.

Intoxicación subaguda. Son las alteraciones en la salud por exposiciones frecuentes o repetidas durante periodos de días a semanas y con efectos observados a mediano plazo. Desde el punto de vista clínico es difícil su evaluación.

Intoxicación crónica. Son las alteraciones producidas por el tóxico por exposiciones repetidas a bajas dosis o concentraciones por periodos largos, con efectos tardíos. Los efectos pueden aparecer en meses o años. Por ejemplo, el cáncer óseo de los expuestos a los rayos X, aparece en un período de 20 años.

Estas intoxicaciones son las más frecuentes en el área ambiental, ya que estamos diariamente expuestos a los contaminantes del aire, del agua y de los alimentos a bajas concentraciones.

2.7.3 Efectos a largo plazo

Los efectos a largo plazo son resultantes de una exposición crónica. Es decir son la consecuencia de procesos

lentos y de larga duración (a menudo, aunque no siempre de naturaleza irreversible).

También pueden ser producidos por acumulación del tóxico en el organismo. Estos efectos pueden ser:

Genotóxicos. Hay varios tóxicos que pueden alterar el material genético de la célula (DNA), con producción de mutaciones, cáncer y malformaciones en la población expuesta. Por ejemplo, la exposición crónica al benceno produce leucemia, la exposición al humo del tabaco produce cáncer pulmonar, la exposición a las dioxinas produce malformaciones en embriones y fetos.

Efectos en la reproducción. Hay tóxicos que producen alteraciones en el desarrollo del feto, infertilidad, abortos espontáneos, nacimientos prematuros. Por ejemplo, el captan y folpet que se utilizan como fungicidas en floricultura.

Efectos neurotóxicos. Son los efectos adversos sobre el sistema nervioso central o periférico, producidos por tóxicos que tienen especial tropismo hacia estos centros nerviosos. La exposición crónica a algunos solventes (alcohol, tolueno, xileno) por ejemplo, pueden generar neuropatías periféricas por la capacidad que tienen de desmielinizar las fibras nerviosas (pérdida de la sensibilidad cutánea y del movimiento).

Efectos respiratorios. La exposición aguda o crónica a contaminantes en forma de gases y vapores de líquidos volátiles pueden traer graves alteraciones del sistema respiratorio.

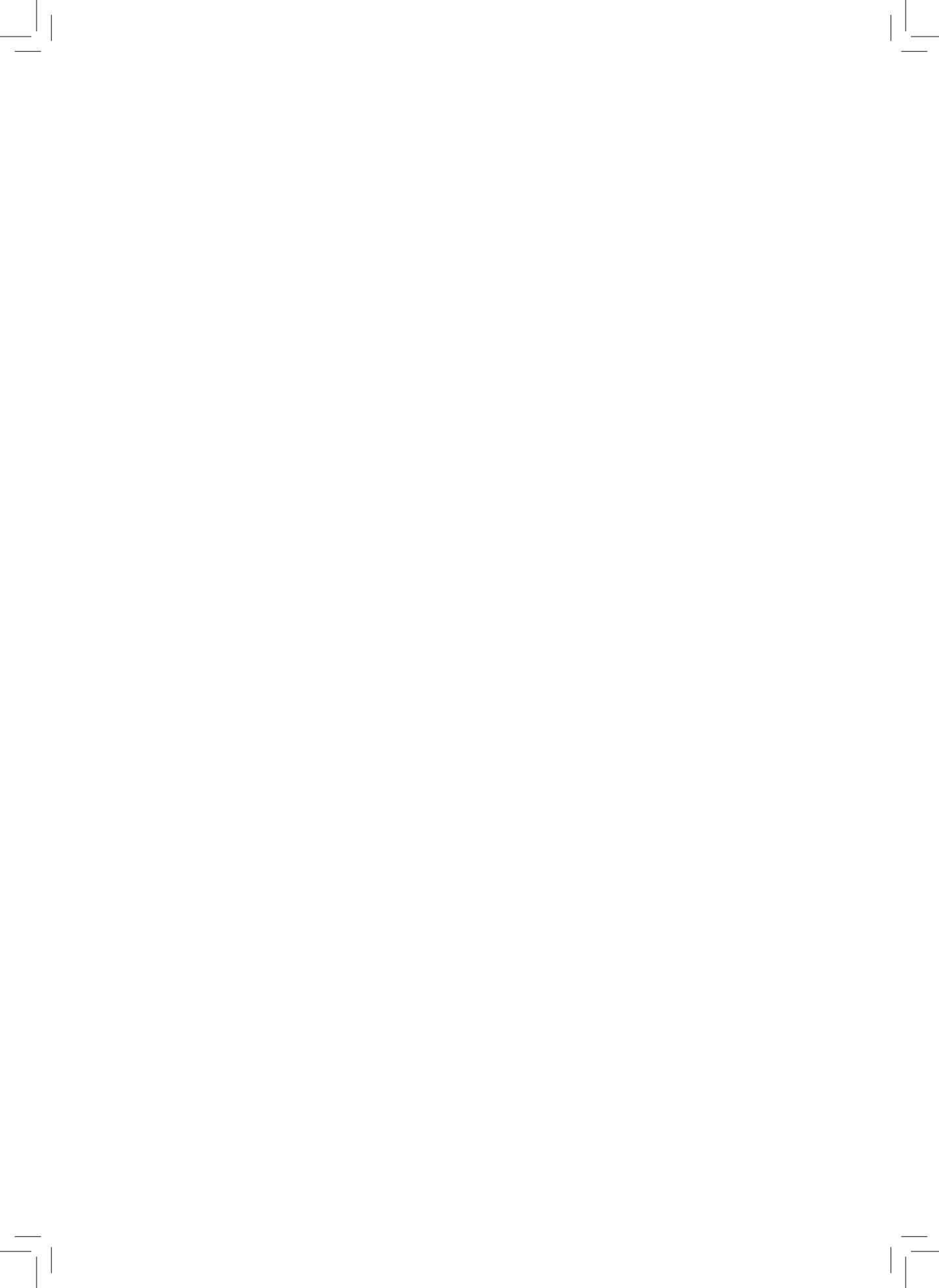
Por ejemplo la exposición diaria a los contaminantes gaseosos del aire puede producir episodios bronco-obstructivos (tos, flemas, disfonía, bronquitis, etc).

Igualmente hay tóxicos que por exposición diaria y repetida ocasionan graves efectos hepáticos, renales, alteraciones hormonales, visuales y auditivas.

2.8 Bibliografía

- INTERNATIONAL PROGRAMME OF CHEMICALS SAFETY.
- IUPAC, VERSIN ESPAÑOLA (Repetto, M. y Saenz, P. 1995) y TOXICOLOGÍA AMBIENTAL (Vallejo, M.C, 1997).
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. US-ATSDR. Curso de Toxicología para las Comunidades. Atlanta, 2003.
- ALBERT, L.A. Glosario de términos básicos sobre toxicología ambiental. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Hídricos. Xalapa, México, 1994.
- CASARETT and DOULL'S. Toxicology. 4a. Ed. McGraw Hill. New York. 1992.
- CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGIA HUMANA Y SALUD. ECO. Introducción a la Toxicología Ambiental. Ed. Albert, L. ECO/OPS, México, 1997

- CORDOBA PALACIO, D. (Ed.) Toxicología. Editorial El Manual Moderno Ltda. Bogotá, Colombia.2000.
- FERNICOLA, N. Nociones básicas de Toxicología. ECO/OPS. Metepec. México.1985.
- LADRON DE GUEVARA, J., MOYA PUEYO, V. Toxicología Médica. Ed. Interamericana. McGraw Hill. Madrid, España, 1995
- LYON, PJ. Assessing total human exposure to contaminants. A multidisciplinary approach. Environ. Scie. Technol. 24:938, 2000.
- REPETTO, M. Toxicología Fundamental. Ed.Científico-Médico. Barcelona, España. 1988.
- WONG, GN. Biochemical and cellular markers of chemicals exposure. Environmental Health Sciences. Dhhs publication No. 86-12277, 1997.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Biomarkers and risk assessment: concepts and principles. Geneva, 1998.





CAPÍTULO 3



*TOXICIDAD Y
ECOTOXICIDAD*



3.1 Toxicidad

Toxicidad es la capacidad que tiene una sustancia para producir un efecto nocivo en un organismo vivo (Organización Mundial de la Salud, OMS). En otras palabras, se trata del potencial tóxico de una sustancia que depende de sus propiedades y de la magnitud de la exposición.

3.2 Ecotoxicidad

Ecotoxicidad es la capacidad que tiene un contaminante de producir daño sobre los organismos presentes en los componentes ambientales.

Generalmente es la consecuencia de la acción originada por el contaminante sobre los seres vivos que forman los ecosistemas. Hay que considerar que los ecosistemas son un conjunto armónico consecuente con sus propios equilibrios biológicos, los contaminantes perturban estos equilibrios, no solamente originando mortalidad, sino alterando la capacidad de supervivencia en los ambientes contaminados.

Es muy importante conocer la toxicidad de una sustancia para poder evaluar el peligro que representa para el hombre o para cualquier organismo vivo.

3.3 Factores involucrados en la toxicidad de una sustancia

En la toxicidad de la sustancia están involucrados varios factores, los que dependen de la sustancia, los que dependen del individuo expuesto y los factores ambientales del medio en que está el organismo expuesto. Ver figura 3.1



Figura 3.1. Factores que influyen en la toxicidad de una sustancia

3.3.1 Factores que dependen de la sustancia

Hay varios factores que dependen de la sustancia y que influyen de gran manera en su toxicidad. Ver figura 3.2



Figura 3.2. Factores que influyen en la toxicidad que dependen de la sustancia

3.3.1.1 Estado físico, estructura química y propiedades físico-químicas

Estado Físico. Las sustancias en general se presentan en estado gaseoso, líquido, sólido y semisólido. La toxicidad será mayor para las sustancias en forma gaseosa (gases, humos, vapores de líquidos volátiles), debido a que ingresan al organismo fácilmente y de forma muy rápida a través de la vía inhalatoria. Igualmente ingresan por la misma vía las partículas con un tamaño igual o menor a 10 micras (milésima parte de un milímetro), por lo cual son también consideradas de mayor riesgo para la salud que los otros estados físicos de las sustancias.

Estructura química y actividad tóxica. La estructura química de una sustancia tiene relación con su actividad tóxica. En muchas ocasiones, la conformación química de la molécula, indica la posible toxicidad de una sustancia, o cual será su comportamiento en el ambiente. Por ejemplo:

La presencia en una molécula (alifática o aromática) de grupos amino (NH_2), nitro (NO_2), de grupos alquilo (metilo, etilo) de azufre, fósforo y metales, indican que son compuestos de gran reactividad, ya que tienen gran capacidad para reaccionar con grupos endógenos del organismo. Por ejemplo, los grupos amino y nitro además de ser metahemoglobinizantes (oxidan el ión ferroso de la hemoglobina impidiendo el transporte de oxígeno en el organismo), reaccionan en el estómago con las aminas secundarias de los alimentos para producir las nitrosaminas potentes carcinógenos (cáncer gástrico).

La presencia de halógenos en uno o dos núcleos aromáticos, indican que se trata de compuestos de gran estabilidad en los ecosistemas o en los organismos vivos, por la pobreza en electrones para reaccionar por sus dobles enlaces; además se trata de compuestos no polares (enlace carbono-halógeno es no polar) y por ello tienen un potencial de bioacumulación en los organismos vivos, en suelos y alimentos.

Un anillo aromático (benceno) o varios anillos aromáticos (hidrocarburos aromáticos policíclicos como el naftaleno, antraceno, benzopireno, etc) indican igualmente gran estabilidad y no polaridad de sus moléculas por sus enlaces dobles y por ser pobres en electrones a compartir. Esto hace que dichos compuestos sean persistentes y liposolubles y estas características son mayores al aumentar el número de anillos.

La presencia de grupos polares, como los grupos hidroxilo o carboxilo, sulfatos, carbonatos, nitratos, etc. en moléculas de cadena abierta y de pocos carbonos indican que son solubles en agua o pueden degradarse por la humedad del ambiente desapareciendo rápidamente del ecosistema o de cualquier organismo vivo como es el caso de los alcoholes.

La presencia igualmente de grupos polares mencionados anteriormente en moléculas aromáticas, le dan polaridad a la molécula ayudando a su degradación en el medio en que esté presente.

La presencia de dobles en moléculas de cadena abierta (alquenos) son ricos en electrones y por ello van a ser degradados fácilmente por enzimas.

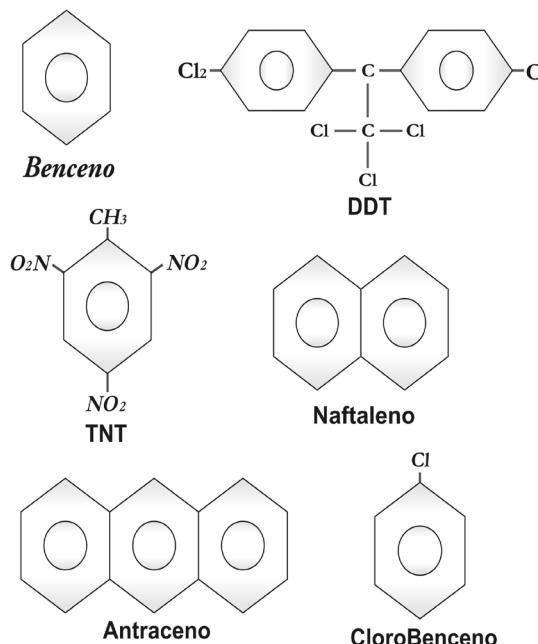
La estructura de varias moléculas relacionadas con su actividad tóxica pueden verse en la Figura 3.3.

Propiedades físicas y químicas

El peligro que representa una sustancia depende en gran medida de sus propiedades físicas y químicas, ya que hacen parte en un organismo vivo de los procesos de absorción, distribución, metabolismo y excreción, es decir de su toxicocinética. En el ambiente igualmente hacen parte del destino ambiental de los agentes contaminantes.

Cuatro propiedades fisicoquímicas son prioritarias para la evaluación del potencial tóxico de las sustancias químicas:

- El punto de ebullición
- La presión de vapor
- El coeficiente de partición octanol / agua (Kow)
- Tamaño de las partículas



Grupos polares presentes en cualquier molécula:
Sulfatos (-SO₃), nitratos (-NO₃), carbonatos (-CO₃),
Ácido (COOH), hidroxilo (OH), ester (COOR), otros.

Ejemplos:
Moléculas polares
CH₃-CH₂OH Alcohol etílico
CH₃-COOH Ácido acético

Figura 3.3 Algunas estructuras químicas que tienen influencia en la toxicidad

Punto de ebullición (P.E.) y la presión de vapor

La volatilidad de una sustancia depende de dos propiedades físicas: el punto de ebullición y la presión del vapor:

La volatilidad es de gran importancia desde el punto de vista humano, por que las sustancias pueden ingresar fácilmente al organismo por inhalación. En el ambiente hay aumento de su movilidad, debido a su dispersión en la atmósfera, ayudada por los vientos.

La interpretación de los datos de volatilidad, depende del modo de empleo propuesto, por ejemplo un producto de baja volatilidad puede persistir mucho más tiempo si se incorpora al suelo, que si se lo deja sobre la superficie, uno muy volátil tendrá gran dispersión en la atmósfera, y por lo tanto menos peligroso para el ambiente, porque su concentración disminuirá, pero desde el punto de vista humano, el peligro aumentará porque su potencial de inhalación será mayor.

Por lo general un compuesto con una fuerte presión de vapor suele ser más inocuo que uno de baja presión. Los plaguicidas, por ejemplo, tienen mayores posibilidades de dispersarse por volatilización en las zonas tropicales que en las zonas templadas.

Las sustancias pueden clasificarse en muy volátiles, de mediana volatilidad y no volátiles teniendo en cuenta su punto de ebullición y su presión de vapor. Ver tabla 3.1.

Los valores de la presión de vapor de las diferentes sustancias deben darse a una temperatura declarada, preferiblemente entre 20 y 25°C.

Punto de ebullición y Presión de vapor

SUSTANCIAS CON GRAN VOLATILIDAD Y MOVILIDAD

Punto de ebullición menor a 60°C y presión de vapor mayor a 10^{-3} mmHg

SUSTANCIAS DE MEDIANA VOLATILIDAD Y MOVILIDAD

Punto de ebullición menor de 200°C y presión de vapor de 10^{-4} a 10^{-7} mmHg

SUSTANCIAS DE BAJA VOLATILIDAD Y MOVILIDAD

Punto de ebullición mayor a 200°C y presión de vapor menor a 10^{-7}

Tabla 3.1 Clasificación de las sustancias de acuerdo a su punto de ebullición y presión de vapor

El coeficiente de partición n-octanol / agua. Logaritmo de Kow

Es la medida de la lipofilia de una sustancia, mediante la determinación del equilibrio de distribución entre el octanol (n-octanol, sustancia lipofílica o liposoluble) y el agua.

Es por consiguiente, la medida de la liposolubilidad de la sustancia, que indica la posibilidad de que se acumule en los organismos vivos.

Los agentes tóxicos tienen diferentes coeficientes de partición octanol/agua.

A nivel internacional se utiliza el logaritmo de los Kow.

En la tabla 3.2 podemos ver la clasificación de las sustancias de acuerdo a su coeficiente de partición octanol-agua.

COEFICIENTE DE PARTICIÓN OCTANOL/AGUA		
SUSTANCIAS LIPOSOLUBLES		
Kow mayor a 1	o	Log Kow igual o mayor a 3
SUSTANCIAS NO LIPOSOLUBLES		
Kow menor de 1	o	Log Kow menor a 3

Tabla 3.2 Clasificación de las sustancias de acuerdo al Kow

La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU (EPA) clasifica a las sustancias de acuerdo al Logaritmo Kow, en compuestos hidrofílicos, de mediana liposolubilidad, liposolubles y muy liposolubles, como puede verse en la tabla 3.3

Log Kow	Compuestos
Menor de 2	Hidrofílicos
2 a 3	Mediana liposolubilidad
3 a 5	Liposolubles
Mayor de 5	Altamente liposolubles

Tabla 3.3. Clasificación de las sustancias de acuerdo al Log Kow.
EPA-2001

Tamaño de partículas

Hay contaminantes del aire que pueden estar presentes en forma de partículas, generadas especialmente por la combustión de combustibles fósiles. Cuando éstas partículas son respirables pueden generar graves problemas respiratorios como se describe en el capítulo 7.

Diámetro de las partículas:

- Partículas o fibras, con un diámetro igual o mayor de 100 micras son no respirables, ya que por su tamaño no penetran a los pulmones, sino que son retenidas en las cílias de las fosas nasales.
- Partículas o fibras, con un diámetro igual o menor de 10 micras son respirables. Al inhalarse van a los alvéolos pulmonares.

Esta clasificación es importante desde el punto de vista ambiental, pues sirve para la evaluación del riesgo para la salud cuando los contaminantes atmosféricos se encuentran presentes en forma de partículas (humo y hollín de las emisiones industriales) o fibras (asbesto y sílice en industrias de cemento).

3.3.1.2 Dosis

Los efectos tóxicos generalmente se producen a grandes dosis de la sustancia. Es el factor más importante ya que opaca al resto de factores que tienen que ver con la toxicidad

Más adelante, se podrán ver las diferentes dosis y concentraciones involucradas en la toxicidad de la sustancia, y sirven además para la evaluación del riesgo humano por exposición a agentes tóxicos.

*No hay sustancias tóxicas, solamente hay dosis tóxicas
(Paracelso, Siglo XIV).*

3.3.1.3 Vías de ingreso

La vía de ingreso influye de gran manera en la toxicidad. Una misma dosis de una sustancia puede producir diferentes efectos, dependiendo de la vía por la cual ingresa.

La vía oral es la vía de exposición más común, sin embargo, la vía respiratoria y la dérmica son las rutas más importantes en la exposición ambiental y ocupacional.

3.3.1.4 Magnitud de la Exposición

La toxicidad de una sustancia depende de la magnitud de la exposición, es decir de la concentración de la sustancia en el sitio de exposición, de la duración y frecuencia de la misma, como también de las características de la población expuesta. Ver capítulo 3.

3.3.1.5 Toxicocinética

El comportamiento del tóxico en el organismo esta determinado por los procesos de absorción, distribución, metabolismo y excreción (ADME), es decir, la toxicocinética se ocupa del movimiento de las sustancias desde su ingreso hasta su eliminación del organismo. Ver figura 3.4

La toxicocinética es muy importante en la toxicidad de una sustancia debido a:

Si una sustancia se absorbe y se distribuye rápidamente, los efectos serán inmediatos, como es el caso de los gases. Una sustancia no tóxica puede activarse por metabolismo o lo contrario.

Una sustancia que se acumule en el organismo, tendrá tiempo para producir efectos a largo plazo, como es el caso de los metales y los PCBs.

Aquellas que tengan un ADME muy rápido, no tendrán el tiempo de producir efectos largo plazo con dosis únicas, como es el caso de los alcohol etílico.

La interacción dinámica de todos los procesos que constituyen el ADME, determina el tiempo que permanecerá un agente dentro del organismo, después que éste ha sido expuesto a una dosis determinada.

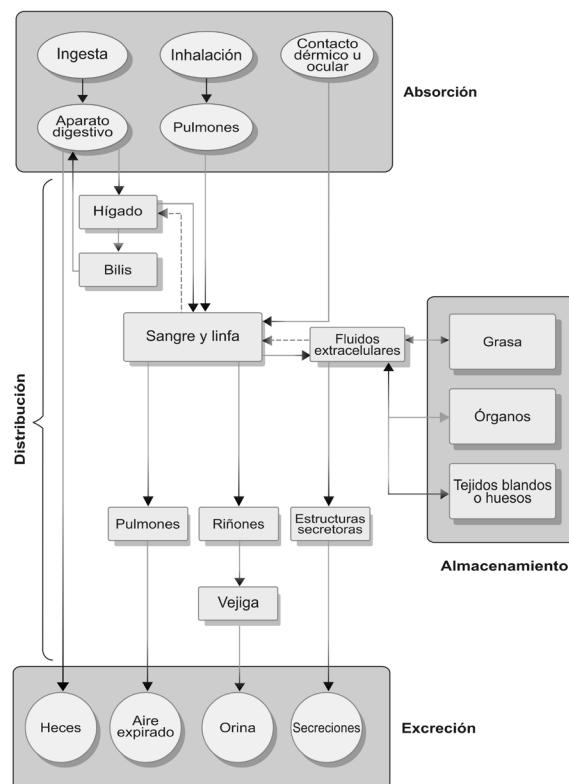


Figura 3.4
Vías toxicocinéticas.

3.3.1.5.1 Absorción

Es el proceso de entrada o transporte, activo o pasivo, de una sustancia al interior de un organismo, puede tener lugar a través de diferentes vías. En efecto, la sustancia pasa desde el exterior del organismo a la sangre, después de atravesar varias membranas celulares.

Para que un organismo se mantenga vivo, debe tener la capacidad de tomar de su alrededor los nutrientes que necesita. En el cuerpo humano las vías respiratorias y el aparato digestivo, están diseñados especialmente para hacer eso. Lamentablemente, este sistema eficiente de absorción de nutrientes, funciona igualmente para la absorción de sustancias tóxicas que entran a los pulmones o al aparato digestivo.

Las sustancias pueden atravesar las membranas biológicas, por cualquiera de los mecanismos de transporte, pasivo o activo. El transporte pasivo es el traspaso e una membrana por sencillamente por las leyes de la física, es decir siguiendo un gradiente de concentración. Siempre que la membrana sea permeable a la sustancia, ésta tiende a moverse de áreas de mayor concentración a áreas de concentración inferior. En el proceso de transporte activo, se emplea la energía para mover una sustancia a través de una membrana, de manera que el gradiente de concentración no tiene nada que ver en el proceso.

Otro factor que interviene en el transporte de sustancias a través de las membranas es la composición de la membrana en sí. Las membranas biológicas son ricas en lípidos, y por consiguiente, son permeables a las sustancias liposolubles e impermeables a sustancias hidrosolubles, excepto las más pequeñas.

Absorción a través de la piel

La piel a diferencia del epitelio del intestino y de los alvéolos pulmonares, no está diseñada para la absorción de sustancias útiles al organismo. La permeabilidad de la piel es muy baja debido a que está formada, por 3 capas gruesas, la epidermis sin irrigación sanguínea, la dermis que tiene irrigación sanguínea y una capa de grasa subcutánea.

Para que una sustancia se absorba por la piel, debe difundirse a través de estrato córneo y las demás capas de la epidermis, antes de contactar los capilares sanguíneos y linfáticos de la dermis y pasar al torrente sanguíneo. Por el estrato córneo solo pueden pasar los lípidos y por ello la absorción está limitada. Solo las sustancias que son liposolubles como los solventes podrán ingresar al organismo por esta vía. Ver figura 3.5.

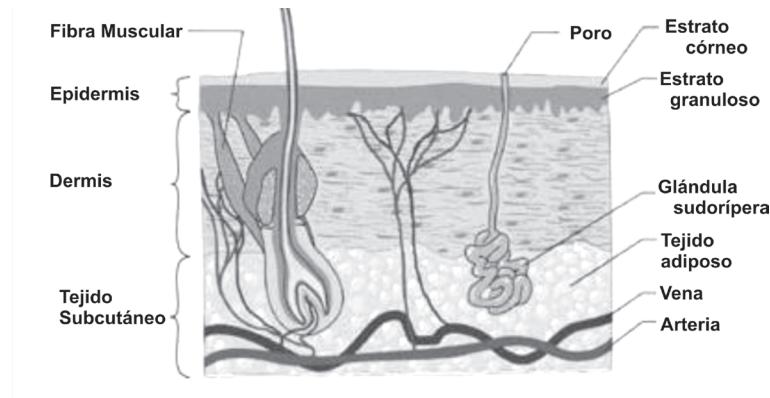


Figura 3.5 Representación esquemática de la piel.

Absorción pulmonar

La función principal del aparato respiratorio, es el intercambio de gases entre la sangre y la atmósfera. Aquí es

donde se lleva a cabo la absorción del oxígeno necesario para la respiración, para las reacciones de oxidación del metabolismo que son fuentes de energía, y se excreta el bióxido de carbono producido por los diferentes caminos metabólicos.

Los pulmones se encuentran en la cavidad torácica en un espacio que se denomina cavidad intrapleural. Están formados por dos unidades:

La unidad de conducción del aire, compuesta por la tráquea, bronquios y bronquíolos, que se encarga de mover el aire hacia adentro y fuera de los pulmones. Tienen una estructura cartilaginosa que permite mantener las ramificaciones abiertas.

La membrana alvéolo-capilar que se encarga del intercambio gaseoso (bióxido de carbono por oxígeno). Ver figura 3.6

El aparato respiratorio está expuesto a sustancias que se encuentran en una variedad de formas físicas como son: gases, vapores, humos, aerosoles y polvos.

La absorción de estas sustancias puede hacerse a través del tracto respiratorio, es decir desde las fosas nasales a los alvéolos pulmonares, pero dicha absorción varía en las distintas porciones de la mucosa respiratoria.

Las fosas nasales tienen un papel defensivo y retienen el 50% de las partículas que tienen un diámetro mayor de 10 micras, pero además pueden absorber sustancias muy polares o hidrosolubles como el amoníaco, el ácido clorhídrico, la cocaína.

La absorción de casi la totalidad de las sustancias antes nombradas se realiza fundamentalmente en el alvéolo

por un mecanismo de difusión pasiva, es decir que el tóxico pasa a la sangre por una simple difusión gaseosa a través de la membrana alveolo-capilar.

Las intoxicaciones producidas por gases y vapores tóxicos suelen ser agudas y muy graves, dado que el tóxico alcanza rápidamente el torrente circulatorio. La gran superficie de difusión de los alvéolos (64 - 80 m² en un adulto) hace que alcancen una alta concentración en sangre de forma inmediata.

Además el pulmón intercambia unos 6 a 8 m³ de aire al día, en consecuencia pueden producirse intoxicaciones, incluso con pequeñas concentraciones de tóxico en la atmósfera, igualmente al no pasar por el hígado ésa sustancia no se podrá detoxificar.

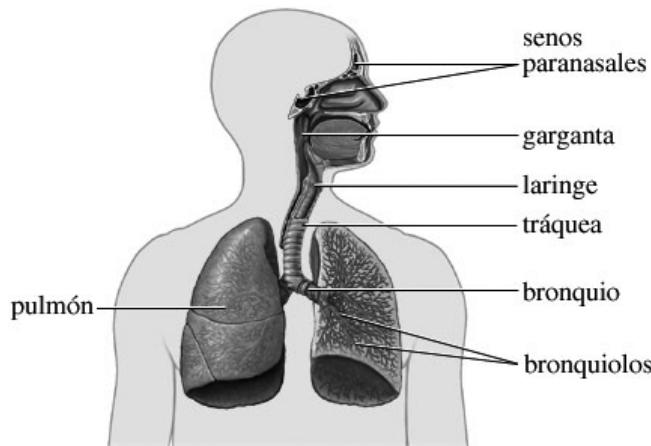


Figura 3.6 Representación esquemática del aparato respiratorio

Absorción por vía digestiva

Cuando se ingiere un tóxico entra al tracto gastrointestinal, la mayoría se absorbe en el estómago y los intestinos, aunque puede haber absorción en la mucosa bucal, sublingual y rectal. Pero el intestino delgado es

la zona principal donde ella puede ocurrir dada su gran superficie.

El sitio de absorción depende en parte del grado de ionización del compuesto. Así, los ácidos débiles (aspirina, cafeína), es probable que se absorban en el estómago dado su pH bajo, mientras que las bases débiles, que están menos ionizadas a pH alto, se absorben en el intestino. Los compuestos liposolubles de bajo peso molecular y los compuestos no ionizados se absorben mejor.

Aunque la mayor parte de la absorción se efectúa por difusión sencilla, algunos tóxicos se absorben activamente, por medios de mecanismos de transporte intestinal diseñados para la captación de nutrientes, así por ejemplo el plomo se absorbe en el intestino, usando el sistema de transporte del calcio.

Todo lo absorbido por el intestino delgado se desplaza primero al hígado para ser transformado a metaboli-

tos hidrosolubles, para que puedan ser eliminadas por la orina, o por las heces. Algunas sustancias podrán en el hígado ser metabolizadas a otras sustancias más tóxicas. En el caso de la eliminación de la sustancia por la orina, ésta es transportada en

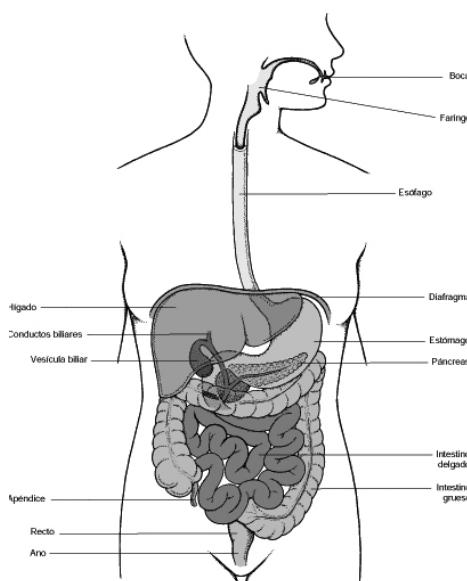


Figura 3.7. Esquema del sistema digestivo

la circulación sanguínea a los riñones donde es filtrada y llevada a la vejiga para ser eliminada.

El intestino delgado es un tubo delgado de aproximadamente 6 metros de largo, se inicia en la parte final del estómago y termina al inicio del intestino grueso. Consiste de 3 porciones, el duodeno, el yeyuno y el ileón. La pared del intestino tiene tres capas, la exterior llamada muscularis mucosa, la intermedia formada por tejido conectivo, con vasos sanguíneos, linfáticos, nervios y tejido muscular y la interior que forma una superficie con células epiteliales. En las células epiteliales del intestino se localiza el vello intestinal cuya función es incrementar el área de superficie de contacto y por lo tanto, aumentar la superficie de absorción. La superficie de absorción se hace aún más grande por medio de pequeños vellos que cubren el vello intestinal que se denominan microvellos. Ver figura 3.8

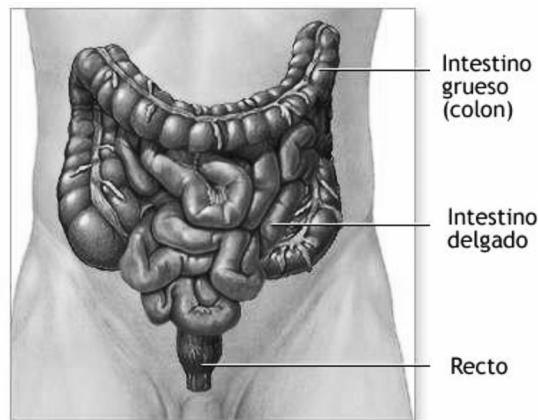


Figura 3.8. Esquema del intestino delgado

3.3.1.5.2 Distribución y acumulación

Se entiende por distribución de un tóxico su localización y concentración en los diferentes tejidos.

La distribución no es la acción de transportar el tóxico, sino al hecho de que el tóxico aparece en los tejidos en una concentración determinada.

Una vez absorbidos los contaminantes, llegan al torrente sanguíneo, desde donde se distribuyen a los diversos tejidos del organismo, el sitio y la velocidad de absorción depende del flujo sanguíneo y de las propiedades químicas del tóxico. Ver Figura 3.9

El sistema circulatorio desempeña un papel importante puesto que desde él pueden las sustancias iniciar procesos tóxicos y ser distribuidas a diferentes órganos y sistemas, para luego ser enviadas al exterior o a sitios de depósito.

Algunas sustancias no atraviesan fácilmente las membranas celulares y, por consiguiente, tienen una distribución limitada en cambio las sustancias que pasan fácilmente las membranas celulares se distribuyen por todo el cuerpo.

Cuando la concentración de una sustancia en el plasma es elevada y las barreras celulares no constituyen barreras significativas a su difusión, la distribución se orienta principalmente hacia los órganos de gran flujo sanguíneo, por ejemplo, el encéfalo, hígado y el riñón como sucede con los solventes industriales.

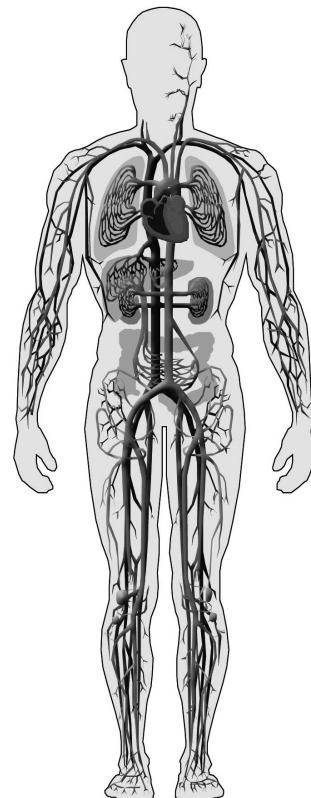


Figura 3.9. Esquema del sistema circulatorio

A menudo, después de la exposición, la distribución de una sustancia varía con el tiempo. Por ejemplo, poco después de la absorción, la mayor parte del plomo inorgánico, se localiza en el hígado, los riñones y los glóbulos rojos, sin embargo dos horas después, 50% se encuentra en el hígado, y un mes después, 90% del plomo restante esta en los huesos.

Eso trae a colación el tema del almacenamiento. Algunas sustancias presentan afinidades a ciertos tejidos o componentes tisulares. El almacenamiento generalmente ocurre cuando la tasa de absorción de una sustancia es mayor que su tasa de metabolismo y excreción. En la tabla 3.4, se muestra el lugar de almacenamiento de sustancias y donde tienden a ejercer sus efectos tóxicos.

Las sustancias químicas almacenadas pueden permanecer en el cuerpo durante años sin efecto adverso evidente (por ejemplo, el DDT), o bien su acumulación puede producir efectos adversos de desarrollo lento, como la intoxicación crónica por cadmio.

Sustancia	Lugar de almacenamiento	Zona de toxicidad
Cadmio	Riñones, tejido	Riñones, pulmones
Monóxido de carbono	Sangre	Sangre
DDT	Sangre	Tejidos nerviosos
Dieldrín (insecticida)	Grasa	Desconocidas
Fluoruro	Hueso	Hueso
Plomo	Hueso	Tejidos blandos
Paraquat	Pulmón	Pulmón
Estroncio	Hueso	Hueso

Tabla 3.4 Lugar de almacenamiento de algunas sustancias y sus zonas de toxicidad

3.3.1.5.3 Metabolismo (biotransformación)

Cuando un tóxico ingresa al organismo, el metabolismo desempeña un papel importante en la reducción de los efectos tóxicos (detoxicación) y en algunos casos en el incremento de sus efectos tóxicos (activación metabólica). Todos estos procesos de biotransformación son mecanismos enzimáticos localizados preferentemente, aunque no de manera exclusiva, en los microsomas hepáticos (hígado).

En general, el objetivo final del metabolismo es la obtención de metabolitos más polares que los originales, capaces de solubilizarse o conjugarse para que sea factible su eliminación por el riñón.

Algunos puntos básicos relacionados con la biotransformación son los siguientes:

- El compuesto de origen se puede integrar o descomponer para formar nuevos compuestos llamados metabolitos.
- Los metabolitos pueden ser más o menos tóxicos que el compuesto de origen.
- El órgano principal de la biotransformación es el hígado; también ocurre, vía reacción enzimática, en el plasma de la sangre, los riñones, los pulmones, el aparato digestivo, la piel, las gónadas y la placenta.
- Algunas sustancias químicas (por ejemplo, los insecticidas organoclorados como el DDT, ciertos herbicidas y diversos hidrocarburos polinucleares ([HAP, como el benzopireno]) aumentan la cantidad y actividad de las enzimas microsómicas. Como resultado, estos inductores químicos incrementan su propio metabolismo, lo cual podría ser protector si dicho metabolismo fuera destoxicante, pero podría ser perjudicial si el metabolismo aumentara la

toxicidad, por ejemplo, el incremento de toxicidad del tetracloruro de carbono es ocasionada por la inducción enzimática que produce el DDT.

- Algunas sustancias químicas por ejemplo, los insecticidas organofosforados, el tetracloruro de carbono, el ozono y el monóxido de carbono inhiben las enzimas microsómicas. Esta inhibición puede dar lugar a la persistencia de alguna sustancia que, en condiciones normales, se metabolizaría.

El órgano principal de la biotransformación es el hígado.

Los procesos bioquímicos involucrados en la biotransformación de los tóxicos pueden ser la oxidación, reducción, hidrólisis y conjugación. Ver figura 3.10.

Oxidación

La molécula del tóxico al oxidarse gana oxígeno y pierde hidrógeno para dar metabolitos más o menos tóxicos que el compuesto original. Por ejemplo el alcohol etílico al ingresar al organismo sufre dos procesos de oxidación en el hígado, con la ayuda de la enzima alcohol-deshidrogenasa, pasando a acetaldehído y ácido acético.



Alcohol etílico → Oxidación → Acetaldehído → Oxidación → Ácido Acético

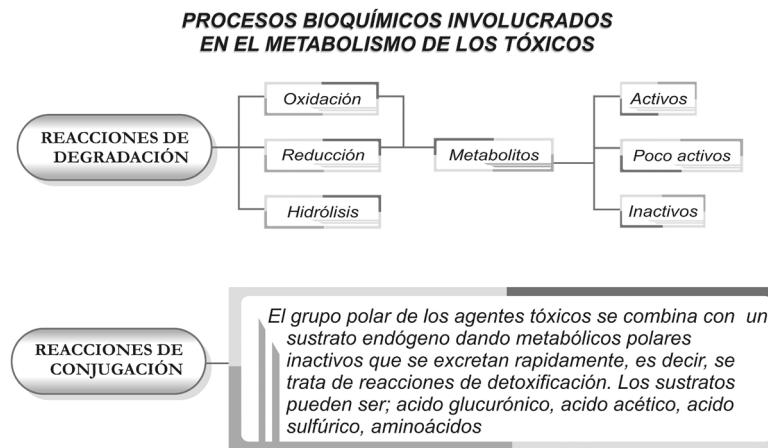


Figura 3.10 Procesos bioquímicos involucrados en el metabolismo de los tóxicos

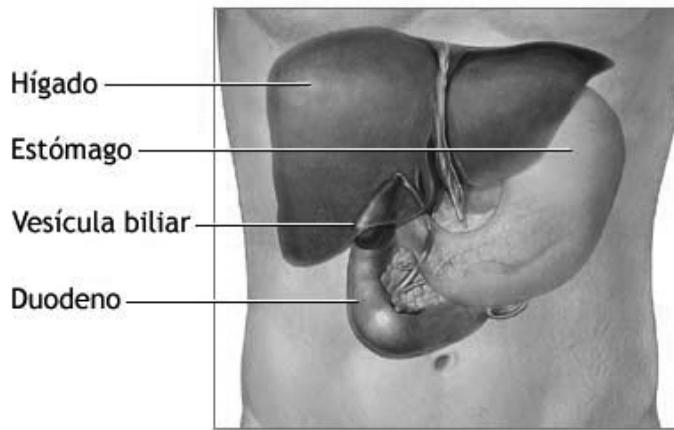


Figura 3.11 Representación esquemática del Hígado

Reducción

Es el proceso contrario de la oxidación, muy pocos compuestos sufren este proceso. Por ejemplo, los nitratos al ganar en su molécula hidrógeno y perder oxígeno se convierten en nitritos, más tóxicos que su compuesto original

Hidrólisis

Es la descomposición del tóxico por medio de la humedad o el agua, casi siempre este proceso da como resultado metabolitos menos activos que el compuesto original.

Un tóxico puede oxidarse o reducirse para luego hidrolizarse o conjugarse., Por ejemplo, los insecticidas organofosforados se oxidan, para luego hidrolizarse y ser eliminados del organismo

Reacciones de conjugación

El grupo polar resultante de los procesos de oxidación o hidrólisis puede combinarse con sustancias endógenas presentes en el organismo para producir metabolitos atóxicos que son excretados rápidamente, son las verdaderas reacciones de detoxificación. Los substratos pueden ser: el ácido glucurónico, el ácido acético, ácido sulfúrico, aminoácidos.

3.3.1.5.4 Excreción

Las sustancias pueden salir del cuerpo o excretarse de diferentes maneras.

Los riñones son los órganos principales en la remoción de las sustancias tóxicas del torrente sanguíneo. El proceso comprende la filtración, la difusión y la excreción activa.

Como hemos visto, generalmente la biotransformación convierte los tóxicos en sustancias más solubles en agua, las cuales no tienden a reabsorberse y son más fácilmente excretables por los riñones.

Los riñones son los órganos principales para la remoción de las sustancias tóxicas de la sangre.

Como se mencionó anteriormente, el hígado se encuentra en primera línea en la eliminación de las sustancias tóxicas porque procesa toda la sangre que proviene directamente del intestino delgado. Los tóxicos se pueden secretar en la bilis dentro del intestino delgado para eliminarse en las heces. Esta es la vía primaria de excreción para muchos metales traza como el cadmio, el mercurio y el plomo, y para ciertas moléculas grandes, como los plaguicidas.

Algunas sustancias que se ingieren y no son absorbidas por el intestino son también eliminadas por las heces. Sustancias muy liposolubles, pueden eliminarse por la leche materna, como es el caso de algunos medicamentos (antibióticos) insecticidas organoclorados, PCBs. Algunas sustancias volátiles pueden eliminarse a través del sudor (alcoholes).

Igualmente puede haber eliminación de sustancias tóxicas a través de la saliva (mercurio de las amalgamas dentales) y lágrimas.

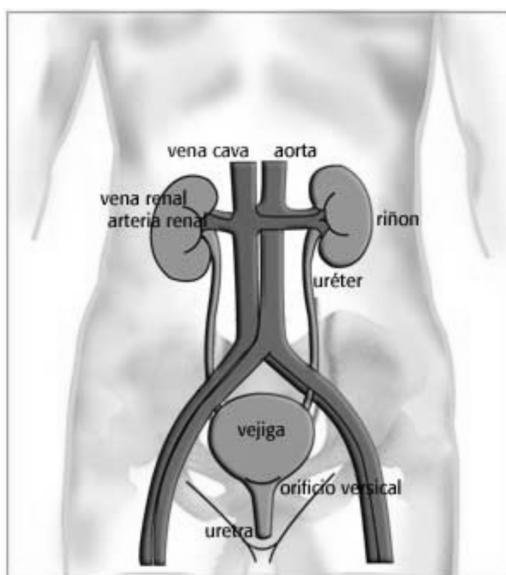


Figura 3.12. Representación esquemática del riñón

Una vía algo más significativa son los pulmones, que constituyen la vía principal de eliminación para las sustancias que se encuentran en forma gaseosa a la temperatura del cuerpo y lo hacen a través del aire expirado. Los líquidos volátiles como los solventes e hidrocarburos derivados del petróleo, pueden ser eliminados parcialmente por los pulmones bajo la forma de vapor. Entre mayor volatilidad tenga la sustancia, mayor es la cantidad y velocidad de excreción, por ejemplo, el benceno es un solvente muy volátil, por ello es eliminado del organismo rápidamente, el 50% de lo inhalado sale del organismo a través del aire expirado.

3.4 Factores que dependen de los organismos expuestos

Los factores que influyen en la toxicidad y que dependen del organismo que está en contacto con la sustancia son la:

- Edad
- Sexo
- Susceptibilidad individual. Factores genéticos
- Estado fisiológico. Presencia de enfermedades anteriores y actuales. Embarazo, obesidad.
- Dieta y estado de nutricional.

3.4.1 Edad

Es un hecho incontrovertible que los niños y las personas de avanzada edad son más sensibles a la acción tóxica de los contaminantes.

La inmadurez de los órganos y sistemas enzimáticos, la falta de caminos metabólicos adecuados son, entre otras muchas, las principales causas del aumento de la toxicidad de las sustancias en los niños; mientras que, por el contrario, en los adultos mayores el funcionamiento de los órganos y sistemas es ineficiente, por el deterioro de éstos debido al envejecimiento de las células. Hay igualmente disminución de las defensas y otras muchas causas que son los responsables del incremento en la toxicidad. Por ejemplo, un riñón poco desarrollando o deteriorado por los años será ineficiente para eliminar el tóxico a través de la orina, pudiendo presentarse problemas de acumulación del tóxico.

3.4.2 Sexo

Ciertos contaminantes evidencian su capacidad agresiva con mayor precocidad en la mujer que en el hombre. Tal es el caso del plomo. Un estudio efectuado con voluntarios sanos, permitió comprobar que las mujeres presentaban un incremento de la protoporfirina eritocitaria con una contaminación de plomo en la sangre inferior a la de los hombres y que la pendiente de la curva dosis-efecto era más acentuada en las mujeres.

3.4.3 Susceptibilidad de la población expuesta

Es la variabilidad de la respuesta biológica en función de la respuesta de cada individuo. Nadie es idéntico a otro y las respuestas tóxicas pueden variar de un individuo a otro.

Por ejemplo, dos compañeros de trabajo que desempeñaron funciones idénticas durante 30 años y que por lo tanto estuvieron expuestos al mismo ambiente, uno desarrolla una enfermedad inducida por las exposiciones a los tóxicos presentes en el ambiente de trabajo y el otro no.

Algunas personas son más susceptibles que otras a la acción de los químicos, ya que cada individuo responde de manera distinta por la amplia variabilidad biológica, debido también a factores genéticos (deficiencias enzimáticas), a la edad, sexo, estado nutricional y de salud de la población.

Intervienen igualmente otros factores en la susceptibilidad de una población o un individuo:

- Activación metabólica: Algunos individuos metabolizan las sustancias más rápidamente que otros, por lo tanto sería de gran riesgo para los metabolizadores rápidos si el metabolito es más tóxico que el compuesto original.
- Mecanismos de reparación del daño originado por el químico: Estos mecanismos dependen de la dosis y de la activación metabólica y varían de persona a persona como en el caso de la mutagénesis. Factores hormonales.

El desbalance en hormonas sexuales afecta la susceptibilidad a los tóxicos. Está demostrado que las hormonas sexuales desempeñan un papel importante en el metabolismo de los tóxicos, ya que los estrógenos favorecen la síntesis de numerosas enzimas. Cuando estas enzimas pertenecen a los sistemas orgánicos de eliminación, es favorable porque disminuye el riesgo, pero cuando las enzimas estimuladas son de las que producen activación metabólica se incrementará la toxicidad.

3.4.3.1 Alteración del sistema inmunológico

Algunos químicos pueden causar reacciones alérgicas y otros no. La llegada al organismo de una sustancia o de sus metabolitos, puede promover su conjugación

con proteínas, formando lo que se denomina un antígeno. Este es considerado por los sistemas orgánicos de defensa como una proteína extraña, que estimula la producción de anticuerpos. La reacción antígeno-anticuerpo produce lesiones celulares y liberación de diversas aminas, (histamina, adrenalina, etc.) responsables de las reacciones alérgicas de tipo dérmico (urticaria, dermatitis, eritema, erupciones, etc.) o de carácter sistémico (asma, rinitis, shock anafiláctico, etc.).

3.4.3.2 Factores genéticos

La presencia o ausencia de un determinado camino metabólico está determinada por la constitución genética del individuo. Las diferencias genéticas pueden resultar en diferencias en el ADME de una sustancia en un organismo y por ende de la respuesta tóxica en condiciones determinadas. Igualmente la constitución genética influye en todos los factores que aumentan o disminuyen la toxicidad de cualquier sustancia. Ver figura 3.13

3.4.4 Enfermedades presentes o secuelas de pasadas

Son numerosas las enfermedades que a pesar de su curación clínica pueden dejar secuelas que hagan al individuo más susceptible a los efectos tóxicos de un determinado contaminante. Más aún, el padecer una enfermedad, en el momento de producirse de nuevo el contacto con el contaminante provoca un marcado incremento de los signos y síntomas tóxicos propios del agente tóxico.

La anemia, las enfermedades hepáticas, renales y las respiratorias inciden grandemente en la acción de los tóxicos.

Así por ejemplo, un individuo con nefritis, la retención urinaria que produce ésta, hace que el tóxico permanezca por más tiempo en el organismo. Un individuo con alteraciones respiratorias como asma, enfisema, bronquitis, o con secuelas de las mismas, será muy susceptible a los contaminantes del aire.

Los medicamentos pueden modificar la actividad enzimática, y por lo tanto el metabolismo de los agentes tóxicos, y recíprocamente, los agentes tóxicos pueden alterar el metabolismo de los medicamentos, haciendo que estos no se metabolicen o lo hagan rápidamente.

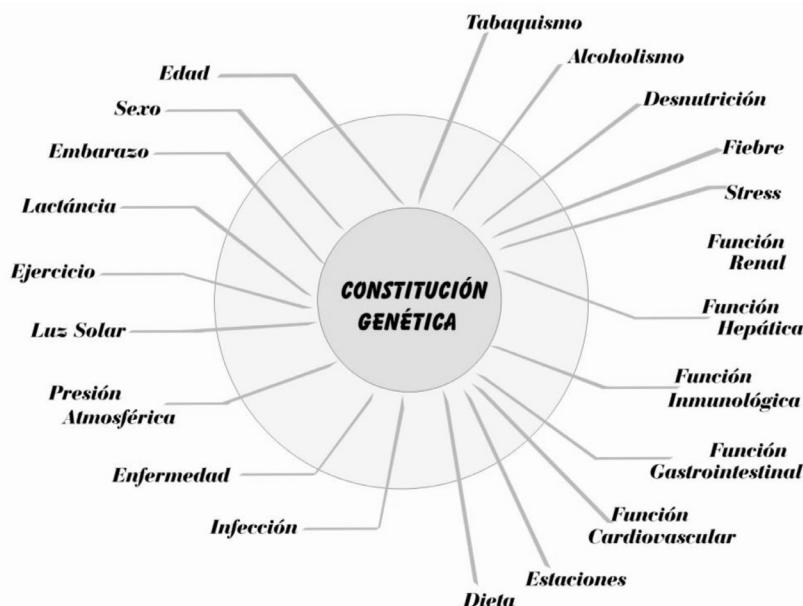


Figura 3.13 Influencia de la constitución genética del individuo en todos los factores que influyen en la toxicidad de cualquier sustancia

El embarazo es un estado fisiológico durante el cual hay grandes cambios, en las actividades de las hormonas sexuales y esto repercuten sobre los efectos tóxicos de las sustancias en la madre y en el feto en desarrollo.

Además, la actividad de varias enzimas de biotransformación decrece durante el embarazo afectando la toxicidad de algunos agentes.

La obesidad afecta la distribución de los tóxicos en el organismo, ya que la velocidad de la perfusión sanguínea es menor en tejido graso que en el magro. En obesos se ha demostrado, que el flujo de sangre por gramo de grasa, es significativamente menor que en individuos delgados, y por ello los tóxicos tendrán mayor tendencia a acumularse en el tejido adiposo.

La absorción, el metabolismo y la excreción de un tóxico no se afectan por la obesidad.

3.4.5 Dieta y estado nutricional

Muchos de los nutrientes que consumimos en la dieta influyen en el metabolismo y excreción de los tóxicos. Así por ejemplo, la deficiencia de proteínas y un aumento de carbohidratos en la dieta hacen disminuir la tasa metabólica de los tóxicos. Una dieta alta en proteínas aumenta la tasa metabólica y la velocidad de eliminación de sustancias peligrosas.

Las deficiencias en Vitaminas A, C, y E bloquen la actividad de las enzimas monooxigenasas encargadas del metabolismo de muchas sustancias.

Se han estudiado los efectos de distintos regímenes nutricionales en animales de experimentación, por ejemplo con carencias de calcio, fósforo, hierro y proteínas y expuestos a compuestos de plomo. Permitiendo observar cambios notables en la tasa de absorción y distribución del plomo en el organismo y consecuentemente variaciones significativas en la relación dosis-respuesta.

Es importante tener en cuenta el estado nutricional de la población expuesta a un contaminante como también ciertos hábitos alimenticios de determinadas comunidades (dietas ricas en grasa, en vitaminas, etc.), ya que inciden grandemente en la respuesta del organismo a los agentes tóxicos.

La desnutrición ocasiona con frecuencia fenómenos de inmunosupresión (pérdida de las defensas del organismo) que hace que el individuo sea muy sensible a microorganismos presentes en el ambiente.

3.5 Factores ambientales que influyen en la toxicidad

Hay factores que influyen en la toxicidad y que dependen de las condiciones ambientales en que está el organismo expuesto. Ciertas condiciones atmosféricas están involucradas en aumentar o disminuir la toxicidad de determinadas sustancias en los organismos expuestos.

Las condiciones climáticas: temperatura, presión atmosférica y humedad, juegan un papel de singular trascendencia en la modificación de las propiedades y el comportamiento de un determinado contaminante. Es bien sabido que el aumento de temperatura trae consigo un aumento de la toxicidad de numerosos agentes químicos.

Así, por ejemplo, en verano, el saturnismo se manifiesta debido a que los rayos actínicos del sol hacen que se movilicen rápidamente los depósitos óseos del plomo. Igualmente vemos que el alcohol en clima caliente emborracha menos, debido a que es eliminado a través del sudor en forma rápida.

En ocasiones la temperatura decide el sexo de algunas especies, por ejemplo, si los huevos de cocodrilo encubados a 20° C, los cocodrilos nacidos serán de sexo masculino.

La presión atmosférica hace parte de los procesos respiratorios, ya que al aumentar o disminuir dicha presión, se producirán cambios en la presión del oxígeno involucrado en el ritmo respiratorio y por ende en la eliminación de tóxicos (gases o líquidos volátiles) a través del aire expirado, como sucede con el alcohol etílico.

3.6 Clases de toxicidad

Para la evaluación de la toxicidad de una sustancia, es decir, para medir los efectos tóxicos que producen las sustancias en organismos humanos y ambientales se utilizan las pruebas o estudios de toxicidad en animales de experimentación. Estos estudios experimentales en animales se realizan con normas y criterios internacionales que son dados por organismos internacionales especializados (Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU, Comunidad Europea, Organización Mundial de la Salud), o, por entidades gubernamentales ambientales y de salud de los diferentes países.

Los animales escogidos para la evaluación de la toxicidad de una sustancia para humanos son las ratas, dado que son sensibles al efecto tóxico que se busca, tienen un período de vida adecuada y un tiempo de gestación rápida. En casos específicos también se utilizan otras especies, como ratones, conejos, hamsters, monos y perros.

3.6.1 Estudios a corto plazo, subcrónicos, crónicos y especiales. Parámetros y rangos. Clasificación toxicológica de las sustancias.

En los animales se realizan diversos tipos de estudios toxicológicos, los cuales tienen como finalidad general identificar los tipos de efectos adversos en la salud causados por una sustancia química y la variedad de dosis sobre las cuales se producen los efectos.

Estos estudios pueden agruparse en cuatro categorías principales y cada una tiene usos específicos diferentes:

- De corto plazo
- Subcrónicos
- Crónicos, y
- Especiales (pruebas de mutagénesis, teratogénesis).

Los tres primeros estudios se diferencian una de otro, por la dosis y el tiempo de exposición de los animales-prueba.

En las pruebas de corto plazo, la sustancia se administra por las diferentes vías (oral, dérmica e inhalatoria), las dosis son grandes y el efecto final se observa después de 14 días de haber sido expuestos los animales-prueba.

En las pruebas de toxicidad subcrónica y crónica, la sustancia se administra en dosis moderadas o pequeñas en forma repetida, durante 90 días las subcrónicas y durante 2 años la crónica.

Estudios de corto plazo

A los estudios de corto plazo también se les llama estudios de toxicidad aguda porque se basan en los efectos tóxicos producidos por una sola exposición a determinada sustancia.

Los estudios de este tipo se usan principalmente para calcular la dosis letal media de sustancias no carcinogénicas (DL50), o sea la dosis de determinada sustancia que es letal para la mitad de la población expuesta. Conocer este valor es importante para realizar estudios de larga duración, puesto que los investigadores se verían en problemas si los animales sometidos a prueba murieran en la mitad del estudio.

Las pruebas agudas también pueden dar a conocer el sistema u órgano diana (donde se realiza el efecto) de una sustancia, lo que constituye información importante en el diseño de pruebas adicionales. Sirve igualmente para el conocimiento de los signos y síntomas que produce y si la respuesta tóxica es o no reversible. Asimismo, la comparación de los valores DL50 de sustancias químicas revelan los diferentes grados de toxicidad (categorías toxicológicas).

Los estudios de corto plazo se usan para calcular la dosis letal media.

Parámetros y rangos sacados de los estudios a corto plazo en animales de experimentación.

Dosis letal cincuenta. DL50.

Es un parámetro estadístico de aceptación mundial, sacado en experimentación animal que define la cantidad de sustancia, que ocasiona la muerte de la mitad de los organismos empleados en la prueba de laboratorio en condiciones definidas.

Si la vía utilizada en la administración de la sustancia es la oral y la dérmica se expresa en miligramos de la

sustancia por Kilogramo de animal (mg / Kg). Si la administración de la sustancia es por vía inhalatoria se expresan en miligramos de la sustancia por litro (mg/L). Se debe indicar con cada parámetro, la especie y sexo de los animales usados en la experimentación, como también la vía de administración.

DL5O, vía oral (dosis letal media oral).

Sirve para evaluar los efectos tóxicos inmediatos que puede producir una sustancia a dosis grandes cuando ingresa por la vía oral. Se define como:

La cantidad expresada en miligramos por Kilogramo de peso de sustancia que en un tiempo determinado y administrada por la vía oral, ocasiona la muerte del 50% de los organismos empleados en la prueba de laboratorio. Para la obtención de esta dosis, se toman 6 grupos de 10 ratas, a un grupo no se le administra por vía oral la dosis de sustancia (control), a otro grupo se le administra una dosis que mata a todas las ratas, a los 4 grupos restantes se les administrará dosis intermedias previamente calculadas.

Después de 14 días de observación, se seleccionan los animales muertos y vivos por dosis, se calcula el % de mortalidad, y se llevan los datos a una curva. En el eje horizontal van las dosis progresivas del tóxico calculadas en mg/Kg, y en el eje vertical el % de mortalidad. Para la mayoría de sustancias la curva es una sigmoide, el punto de intersección a la altura del 50% de los animales muertos da la DL50. (Ver figura 3.8)

DL5O dérmica (dosis letal media dérmica).

Sirve para evaluar el riesgo agudo que pueden ocasionar las sustancias que tienen facilidad de atravesar la piel (liposolubles o que vienen incorporadas en un medio graso).

Se define: La cantidad expresada en miligramos por Kilogramo de peso animal, de una sustancia que en un tiempo determinado y por vía dérmica ocasiona la muerte del 50% de los organismos utilizados en la prueba de laboratorio y en condiciones definidas.

CL50, inhalatoria (Concentración Letal Media Inhalatoria)

Sirve para la evaluación de las sustancias que pueden ingresar al organismo por la vía inhalatoria, como es el caso de los gases, vapores, etc.

Se define como: La concentración expresada en miligramos por litro, de una sustancia que en un tiempo determinado y por vía inhalatoria ocasiona la muerte del 50% de los organismos empleados en la prueba de laboratorio.

Los datos de toxicidad aguda oral, dérmica e inhalatoria que son obtenidos en experimentación animal, no podrán extrapolarse directamente al hombre por la amplia variabilidad que hay entre las especies, para hacerlo se debe utilizar un factor de seguridad que generalmente es de 100.

Igualmente, hay sustancias que no tienen DL50 o CL50 por ser potencialmente tóxicas es el caso de las toxinas de microorganismos (toxina botulínica) y toxinas animales (toxina crotálica, batracotoxina, etc).

La DL50, oral y dérmica y la CL50, por vía inhalatoria aporta mucha información, especialmente para identificar los síntomas de la intoxicación y lesiones orgánicas macro y microscópicas, pero no aporta información sobre efectos acumulativos ni crónicos que pueden originar las sustancias.

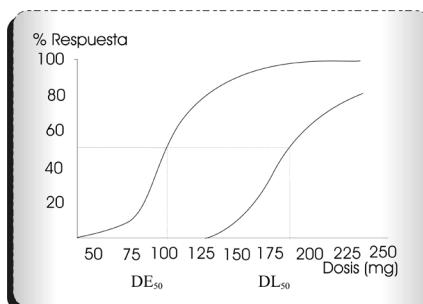


Figura 3.8 Curva dosis- efecto tipo cuántico

Clasificación toxicológica de las sustancias

El Ministerio de Protección Social clasifica las sustancias por categorías toxicológicas, con base en los datos de las dosis letales cincuenta oral y dérmica, y concentración letal cincuenta para sustancias volátiles, utilizando la rata como animal de experimentación. Ver tablas 3.5 y 3.6.

Tabla 3.5 Clasificación toxicológica de las sustancias, según la DL50, vía oral y dérmica

Categoría	DL ₅₀ RATAS (mg / Kg de peso corporal)			
	Oral		Dérmica	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
I. EXTREMADAMENTE TÓXICA	5 ó menor	20 ó menor	10 ó menor	40 ó menor
II. ÁLTAMENTE TÓXICA	5 – 50	20 – 200	10 - 100	40 – 400
III. MEDIANAMENTE TÓXICA	50 – 500	200 - 2.000	100 - 1.000	400 - 4.000
IV .LIGERAMENTE TÓXICA	>500	>2.000	>1.000	>4.000

3.6.2 Enfoque actual para la clasificación toxicológica de las sustancias

La DL50 ha sido el método principal para clasificar a las sustancias de acuerdo con el peligro agudo de toxicidad oral, a fin de reducir el uso de animales y su sufrimiento, se ha introducido como alternativa la prueba de “dosis fija”.

Categoría	CL ₅₀ , mg / l de aire, 4 h
I. EXTREMADAMENTE TÓXICA	Hasta 0,5
II. ALTAMENTE TÓXICA	0,5 – 2
III. MEDIANAMENTE TÓXICA	2 – 20
IV. LIGERAMENTE TÓXICA	> 20

Tabla 3.6 Clasificación toxicológica, según CL50, en ratas vía inhalatoria

En este procedimiento, a las ratas u otras especies de experimentación se les administra la sustancia de prueba en cuatro niveles de dosis predeterminados legalmente para cumplir con una clasificación reglamentada (generalmente de 5, 50, 500 y 2.000 mg/Kg de peso corporal).

Después de 14 días de la dosificación, los materiales de prueba se clasifican después de detectar los primeros signos tóxicos y de observar las estadísticas de supervivencia.

De esta manera se determina una dosis discriminatoria que es la que causa toxicidad evidente, pero no mortalidad y es la que será incluida como uno de los cuatro valores citados anteriormente.

El término toxicidad evidente se usa para designar los efectos tóxicos después de la exposición a la sustancia; éstos son tan graves que la exposición al siguiente nivel más alto podría ser mortal. Por lo tanto, los resultados de la prueba pueden ser los siguientes:

- < 100 % de supervivencia;
- 100 % de supervivencia pero con toxicidad evidente;
- 100 % de supervivencia con toxicidad no evidente.

Obviamente, si la sustancia no ha sido probada en el nivel relevante de la dosis, será necesario probar con dosis mayores o menores. Por lo general, la dosis de 2.000 mg/kg se usaría sólo para obtener información sobre los efectos tóxicos de las sustancias de baja toxicidad aguda, no clasificadas como “dañinas” sobre la base de la toxicidad aguda.

Las sustancias de las categorías 1 y 2 se clasifican bajo el término “tóxico” como indicación de peligro, representado con el símbolo “T”, junto con las frases apropiadas de riesgo. Sin embargo, las sustancias de la categoría 3 se clasifican bajo el término “dañino” como indicación de peligro, representado con el símbolo “X1”.

En la tabla 3.7 presenta la base para clasificar la toxicidad oral aguda basada en los resultados de la DL50 y en el procedimiento de dosis oral fija en ratas.

Peligro	indicación de Letra Símbolo	DL ₅₀ ,oral En ratas	Prueba de dosis fija		
			Dosis (mg/kg)	Supervivencia (%)	¿Toxicidad evidente?
Muy tóxico	T+	>25	5	< 100	sí
Tóxico	T	25 < DL ₅₀ < 200	50	100	sí
Dañino	X _n	200 < DL ₅₀ < 2.000	500	100	sí

Tabla 3.7. Clasificación de sustancias por toxicidad oral aguda basada en DL50 y el procedimiento de dosis fija

Toxicidad dérmica aguda.

La clasificación para esta vía se basa en la DL50 dérmica. Ver tabla 3.8.

Indicación de Peligro	Letra símbolo	DL ₅₀ dérmica en ratas o conejos (mg /kg)
Muy tóxico	T+	CL ₅₀ < 50
Tóxico	T	50 < DL ₅₀ < 200
Dañino	X _n	200 < DL ₅₀ < 2000

Tabla 3.8. Clasificación de sustancias por toxicidad dérmica aguda basada en la DL50

Toxicidad aguda por inhalación

En este caso, la clasificación se basa en la CL50.Ver tabla 3.9.

Indicación del peligro	Letra símbolo	Inhalación de la CL ₅₀ en ratas mg/ L (4 horas)]	
		Aerosoles o partículas	Gases y vapores
Muy tóxico	T+	CL ₅₀ < 0,25	CL ₅₀ < 0,5
Tóxico	T	0,25 < CL ₅₀ < 1	0,5 < CL ₅₀ < 2
Dañino	X _n	1 < CL ₅₀ < 5	2 < CL ₅₀ < 20

Tabla 3.9. Clasificación de sustancias por toxicidad aguda por inhalación basada en la CL50.

Efectos irreversibles no letales después de una sola exposición

Para algunas sustancias hay evidencia de daño irreversible al tejido (diferente de los efectos tratados aparte como carcinogenicidad, mutagénesis o toxicidad para la reproducción) que puede ser causado por una exposición única a través de una de las vías anteriores. Por lo general, la clasificación de riesgo asignada depende de la dosis mínima con la que se observó el efecto y correspondería al rango de dosis que produce efectos letales agudos por la misma vía.

Las vías de administración o exposición se indican en las frases combinadas de riesgo. Por lo tanto, en el caso de una sustancia en forma de vapor que produce efectos irreversibles con una concentración relativamente baja en la atmósfera, es decir 0,3 mg/L (4 horas), se le podría asignar la combinación R39/26 (R39: Peligro de efectos irreversibles muy graves y R26: sustancia muy tóxica al inhalarse).

Efectos graves después de exposiciones repetidas o prolongadas

El daño grave, manifestado por un trastorno funcional o cambio morfológico, tiene mayores posibilidades de aparecer cuando la exposición ha sido repetida o prolongada a través de una vía y no cuando la misma dosis se ha suministrado sólo una vez. Estas sustancias se clasifican al menos como “tóxicas” de acuerdo con el rango de dosis que producen efecto Ver tabla 3.10

Indicación de peligro	Letra símbolo	Rango de la dosis en la que se observó el efecto		
		Oral, ratas (mg/kg/día)	Dérmico, ratas o conejos (mg/kg/día)	Inhalación, ratas (mg/L, / 6 horas por día)
Tóxico	T	< 5	< 10	< 0,025
Dañino	X _n	<50	< 100	< 0,25

Tabla 3.10. Clasificación de sustancias que producen efectos graves después de dosis repetidas o prolongadas

Estos valores guía se pueden aplicar directamente cuando se han observado lesiones graves en una prueba de toxicidad subcrónica (90 días). Si no se dispone de estos datos, pero existen datos de pruebas de toxicidad subaguda (28 días), se puede triplicar estas cifras.

Corrosividad

A todas las sustancias clasificadas como corrosivas se les asigna el símbolo “C”, y la indicación del término de peligro, “corrosiva”.

Las diferencias de corrosividad se indican con la frase apropiada de riesgo:

- R35: Causa quemaduras graves. En una prueba con animales, se produjo una destrucción total del espesor de la piel después de una exposición de 3 minutos; este resultado se puede predecir.
- R34: Causa quemaduras. Es igual que el caso anterior, pero el período es de 4 horas en lugar de 3 minutos.

Irritación

A las sustancias y compuestos clasificados como irritantes se les asigna el símbolo “X1” con la indicación del término de peligro “irritante”, junto con las frases apropiadas de riesgo. Éstas dependen del tejido que se vería afectado piel, ojos o vías respiratorias, en el caso de los ojos, se señala el grado de irritación.

Sensibilización

A las sustancias y compuestos clasificados como sensibilizadores por inhalación se les asigna el símbolo “Xn” con la indicación del término de peligro “nocivo”. Por contraste, si la sensibilización es por contacto cutáneo, el símbolo asignado es “X1” con la indicación del término de peligro “irritante”.

Carcinogenicidad, mutagénesis y toxicidad para la reproducción

Las sustancias que son carcinógenas, mutagénicas o tóxicas para la reproducción se dividen en tres categorías basadas en la probabilidad de presentar características particulares. Esta clasificación depende en gran medida del avance del conocimiento.

Los carcinógenos se ubican en las siguientes categorías:

- Categoría 1. En esta categoría se considera a las sustancias reconocidas como carcinógenas para los seres humanos, es decir, se ha establecido de manera suficiente una relación causal entre la exposición humana a la sustancia y la ocurrencia de cáncer.
- Categoría 2. En esta categoría la sustancia debería ser considerada como carcinógena para los seres humanos. Hay evidencia suficiente para suponer que la exposición humana a la sustancia puede dar lugar al desarrollo de cáncer. Este supuesto generalmente se basa en estudios a largo plazo con animales u otra información relevante.
- Categoría 3. Bajo esta categoría se incluye a las sustancias que causan preocupación debido a sus posibles efectos carcinógenos en los seres humanos. Sin embargo, la información disponible no es adecuada para hacer una evaluación satisfactoria. Se dispone de cierta evidencia obtenida de estudios con animales pero no es suficiente para ubicar a la sustancia en la categoría 2.

Se procede de manera similar para ubicar dentro de una de las tres categorías a las sustancias mutagénicas y tóxicas para la reproducción.

Estudios subcrónicos

Los estudios subcrónicos o prolongados generalmente implican la dosificación diaria o intermitente durante varios días, semanas o meses. Este tipo de pruebas puede ayudar a identificar los órganos o tejidos diana que, de manera específica, sufren efectos perjudiciales por la exposición a una sustancia particular. También ofrecen una oportunidad para observar cómo afecta a la respuesta tóxica el periodo de exposición.

Para los agentes no carcinogénicos, los estudios subcrónicos suelen ser suficientes para precisar el valor umbral, dosis bajo la cual no se observan efectos adversos significativos en la salud.

Los estudios subcrónicos ayudan a identificar los órganos o tejidos diana que sufren efectos perjudiciales por la exposición a una sustancia particular.

Estudios crónicos

Los estudios crónicos suponen una dosificación diaria o intermitente durante una fracción significativa del periodo de vida, en general alrededor de dos años. Aunque pueden utilizarse para comprobar y perfeccionar los datos de los estudios subcrónicos, se usan principalmente para determinar el potencial carcinogénico de los productos químicos.

A fin de evaluar la presencia de cáncer, los investigadores realizan exámenes patológicos completos en todos los sujetos de prueba, tanto aquellos que mueren durante el estudio como aquellos que sobreviven a la exposición crónica. Incluso los tumores benignos se consideran evidencia del potencial carcinogénico, porque se acepta ampliamente que ninguna sustancia química

causa exclusivamente tumores benignos: como dice el refrán, cuando el río suena, es porque piedras trae.

Los estudios crónicos se usan principalmente para determinar el potencial carcinogénico de las sustancias químicas.

Estudios especiales

Ciertos estudios toxicológicos se definen antes por el sujeto observado que por su duración. Algunas pruebas están específicamente diseñadas para evaluar el potencial de mutagénesis de las sustancias químicas.

La mutagénesis es la capacidad de dichas sustancias para alterar el material genético en el núcleo de las células en formas que pueden transmitirse durante la división celular.

Dado que la mutagénesis a menudo conduce a la carcinogénesis, las pruebas mutagénicas generalmente se usan para seleccionar los carcinógenos potenciales. Una ventaja de las pruebas mutagénicas es que pueden realizarse *in vitro* (esto es, fuera del organismo).

En consecuencia, los resultados pueden obtenerse más rápido y a menor costo que con estudios realizados en organismos animales.

Sin embargo, dado que solo proporcionan una aproximación general de la respuesta del animal, los resultados son solo indicarios y no concluyentes.

La mutagénesis es la capacidad de las sustancias químicas de alterar el material genético de las células en formas que pueden transmitirse durante la división celular.

Otros estudios se centran en los efectos teratogénicos de las sustancias químicas.

La teratogenecidad es la aparición de malformaciones o defectos en un organismo mientras se desarrolla, desde la concepción al nacimiento.

Los estudios multigeneracionales están diseñados para determinar los efectos de las sustancias químicas en el sistema reproductor. Tales estudios se realizan de manera característica en tres generaciones de las especies bajo prueba.

3.6.3 Evaluación de riesgos para la salud humana

El conocimiento del potencial tóxico o efectos adversos que sobre la salud humana y ambiente puedan ocasionar las sustancias, se obtiene mediante los parámetros toxicológicos obtenidos en los estudios toxicidad aguda y crónica, y por las diferentes vías de administración, realizados en animales de laboratorio (ratas).

El procedimiento normal es comparar los niveles de exposición a los cuales una población está expuesta o que puede estar expuesta con los niveles a los cuales no se espera ocurran efectos tóxicos. Es decir las dosis o concentraciones del medio de exposición, comparados con el NOEL o NOEC de la sustancia presente en ése medio.

El nivel de efecto adverso no observable (NOAEL) o la concentración de efecto adverso no observable (NOAEC), se obtienen a partir de la evaluación de la dosis o concentraciones y la respuesta (efecto), obtenida en los animales prueba, a través de la vía oral e inhalatoria, para cada una de las sustancias tóxicas.

Generalmente, no se dispone de valores del NOAEL ni LOAEL para las sustancias que se considera que no tienen un umbral de efectos adversos, incluidas las sustancias genotóxicas y las que no son corrosivas para la piel, irritantes de los ojos o sensibilizantes de la piel.

Es probable que tanto para las evaluaciones de la exposición como de los efectos, se requieran datos sobre las propiedades fisicoquímicas (por ejemplo presión de vapor, pKa y liposolubilidad) y la reactividad química. Es necesario conocer las propiedades fisicoquímicas para estimar cualquier emisión y la exposición humana potencial, evaluar el diseño de las pruebas de toxicidad y analizar el posible grado de absorción de una sustancia por las diferentes vías de exposición. La reactividad química puede ser importante para calcular la exposición humana a la sustancia y afectará a su toxicocinética y metabolismo.

Actualmente, la Agencia para el Registro de Sustancias tóxicas y sus enfermedades, de los EE.UU. (ATSDR) en conjunto con la Agencia de Protección ambiental (EPA) ha desarrollado un sistema para la evaluación de riesgo humano de los contaminantes no carcinogénicos. Este sistema utiliza los niveles o concentraciones que tienen un riesgo mínimo llamados los MRL.

Niveles o concentraciones que tienen un riesgo mínimo llamados los MRL.

Los MRL se definen como los valores o concentraciones estimadas de una exposición diaria para la población en general que tienen un riesgo mínimo de efectos nocivos durante toda la vida.

Es un parámetro toxicológico que es utilizado para medir el riesgo mínimo que presentan los contaminantes

que pueden ser ingeridos o inhalados a través de una exposición aguda o crónica.

Se toman el NOEL o el NOEC de los estudios de toxicidad aguda y crónica a través de las rutas de exposición oral e inhalatoria y se dividen por el factor de seguridad de 100 u otro diferente de acuerdo con la sustancia.

Se expresan de la siguiente manera:

- Para los contaminantes que tienen el riesgo de ingerirse a grandes dosis (toxicidad aguda oral) o a dosis pequeñas repetidas (toxicidad oral crónica): MRLs oral aguda o crónica: mg/Kg/día. Especificando el mínimo efecto observado en los animales-prueba.
- Para los contaminantes que tienen el riesgo de inhalarse a grandes dosis o a dosis pequeñas repetidas (toxicidad aguda inhalatoria): MRLs inhalatoria aguda o inhalatoria crónica para gases y vapores = mg/L y MRLs inhalatoria aguda o inhalatoria crónica para partículas = mg/m³.

Ejemplos:

- MRL del arsénico: vía oral, exposición crónica, factor de seguridad 100 = 0.001 mg/Kg/día. Efecto dérmico (Efecto observado en los animales-prueba).
- MRL del amoníaco(líquido volátil): inhalatoria, aguda, factor de seguridad 100 = 0.5 mg/L Efecto respiratorio (Efecto observado en los animales-prueba).
- Inhalatoria crónica, factor de seguridad 100 = 0.3 mg/L Efecto respiratorio.

Si las concentraciones de los contaminantes encontradas en los alimentos, agua y aire son menores que los MRL no presentan ningún riesgo para los humanos y si son mayores que los respectivos MRL son de gran riesgo para la salud humana.

3.7 Bibliografía

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Public health assessment. Guidance Manual. ATSDR. Atlanta, USA, 1998.
- BECK, B.D. et al. The use of toxicology in the Regulatory Process. 2a.Ed. Ed. Press, Ltda, New YORK. 1989.
- DUFFUS, J.H. & WORTH, G J. Fundamental Toxicology for Chemists. Royal Society of Chemistry. Londres. 1996.
- GOODMAN, L. and GILMAN, A. The Pharmacological basis of therapeutic, 7a. edición. Ed. Macmillan Publishing, New York, 1987.
- INTERNATIONAL PROGRAM AND CHEMICAL SAFETY. IUPAC. Human exposure Assessment. Environmental Health Criteria 214. WHO. Geneva, 2000.
- KLAASSEN, CD. Casarett and Doull´s Toxicology: The Basic Science of Poison, 5th edn. Ed. McGraw-Gill. New York. 1996.

- LYMAN, WJ; REEL, WF and ROSENBLATT, DH. Hanbook of Chemical Property Estimation Methods. McGraw-Hill. New York. 1992.
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Assessing Health Risk of Chemicals: Derivation of Guidance Values for Health-based Exposure Limits (International Programme on Chemical Safety Environmental Health Criteria.
- PEÑA, C., CARTER, D., AYALA F, FELIX. Toxicología Ambiental. Southwest Hazardous Waste Program. The University of Arizona, USA, 2001 WHO. Biomarkers and risk assessment. Concepts and principles. Environmental Health Criteria 155, Geneve, 1993.
- REPPETO, M. Toxicología Avanzada. Ed. Díaz de Santos. Madrid, España, 1995.
- SNELL, K. and MULLOK, B. Biochemical Toxicology. Ed. IRL Press. Oxford, U.K., 1997.



CAPÍTULO **4**



*EFFECTOS
TÓXICOS*



4.1 Generalidades

Se define como efecto tóxico o respuesta tóxica, cualquier desviación del funcionamiento normal del organismo que ha sido producido por exposición a un agente tóxico. El espectro de los efectos tóxicos de las sustancias químicas puede ser amplio y poco definido.

Una sustancia química produce numerosos efectos, pero solamente uno de ellos se busca como objetivo primario, que se manifiesta por alteraciones fisiológicas, hematológicas, bioquímicas o histológicas.

El efecto de los contaminantes ambientales sobre la salud humana es, además, un problema muy complejo ya que depende de muchos factores tales como la naturaleza del tóxico, su concentración ambiental, las características de la población expuesta, su selectividad sistémica, de allí que es muy importante para la evaluación del riesgo, los datos epidemiológicos y la información toxicológica básica sacada de la experimentación animal.

Se consideran graves problemas en la salud de los expuestos a sustancias tóxicas, los cambios irreversibles, o los cambios que permanezcan por un período prolongado, después de que la exposición ha cesado. Por ejemplo, el daño visual irreversible producido por el metanol.

4.2 Principales efectos producidos por los agentes tóxicos en la salud humana

4.2.1 Efectos locales y sistémicos

En general, todos los efectos adversos para la salud de las sustancias se pueden clasificar como locales o

sistémicos. Los efectos locales ocurren en la puerta de entrada; es decir, en el lugar donde se produce la absorción. Las sustancias altamente reactivas tienden a ejercer sus efectos localmente, en el primer lugar de contacto; en cambio, los efectos sistémicos ocurren en un lugar distinto, después de que una sustancia ha sido absorbida, distribuida y quizás incluso metabolizada. Los componentes más estables tienen mayores probabilidades de ser transportados por la sangre hasta zonas que presentan una sensibilidad particular a ellos. Algunas sustancias tóxicas, como los plaguicidas organofosforados, pueden originar efectos tanto locales como sistémicos.

Los efectos locales son ocurren en el lugar de la absorción; los efectos sistémicos, en el interior del organismo.

La parte del cuerpo en la que una sustancia química origina efectos adversos se denomina tejido diana o blanco. Pero un “tejido” diana puede ser, en realidad, un órgano íntegro, un tejido, una célula o tan solo un componente subcelular. Las mutaciones, por ejemplo, son efectos subcelulares en los que algunas sustancias químicas tóxicas alteran el material genético (ADN), localizado en el núcleo de las células.

Los siguientes conceptos le ayudarán a comprender cómo los tóxicos pueden originar efectos adversos en diversos lugares dentro del organismo humano:

- Una sustancia química puede tener más de un tejido diana (tejido u órgano donde el tóxico produce el daño).
- El tejido diana de una sustancia química puede cambiar con el transcurso del tiempo, con la magnitud de la dosis o la duración de esta.

- Las interacciones químicas y el metabolismo pueden crear sustancias con lugares diana distintos de los que tendría la sustancia química original.

4.2.2 Efectos tóxicos agudos

Además de los efectos locales y sistémicos hay otros efectos que se describen a continuación:

4.2.2.1 Efecto corrosivo

Hay efecto corrosivo en el organismo cuando se presenta destrucción de piel y mucosas, por ejemplo el contacto de la piel y ojos con soda o potasa.

4.2.2.2 Efectos reversibles

Los efectos reversibles se caracterizan por el hecho de que la desviación en relación con la estructura normal o función inducida por un agente químico vuelve a sus límites normales, es decir, las funciones de órganos y sistemas vuelven a la normalidad al cesar la exposición al agente tóxico, o después de un tratamiento médico. Ejemplo, una intoxicación con alcohol etílico, el organismo vuelve a la normalidad después de unas horas de la ingestión de éste.

4.2.2.3 Efecto irreversible

Es la permanencia, durante todo el tiempo de vida de las lesiones originadas por el agente tóxico. Si un agente químico produce daño a un tejido, ese efecto será reversible o irreversible, según la capacidad de regeneración del tejido.

La ceguera producida por pequeñas cantidades de alcohol metílico, es de naturaleza irreversible.

4.2.2.4 Efectos tóxicos tardíos

Hay un grupo de tóxicos que necesitan un período de latencia en el organismo para hacer el daño, por ejemplo, el “paraquat” de gran uso en el país como herbicida, necesita 15 días por lo menos para producir fibrosis pulmonar de naturaleza irreversible, el fósforo blanco (totes), necesita de un mes para producir la degeneración grasa del organismo, la anemia plástica causada por el benceno puede aparecer varios meses después de la exposición, pero la mayor parte de los efectos tóxicos de las sustancias se producen en un tiempo previsible, generalmente breve, después de su administración o exposición.

4.2.2.5 Alergias

La alergia química es una reacción adversa que resulta de la sensibilización previa a una sustancia determinada o a otra estructuralmente semejante; estas reacciones están medidas por los sistemas inmunológicos.

Los efectos tóxicos en el sistema inmunológico incluyen tanto la estimulación como la inhibición.

Algunos contaminantes tóxicos del aire pueden inhibir o suprimir el sistema inmunológico. La estimulación ocurre mediante uno de varios mecanismos: la producción de una respuesta alérgica o desencadenando la producción de sustancias químicas como el interferón, un intermediario de la respuesta alérgica. Las sustancias tóxicas que inhiben el sistema inmunológico pueden aumentar la sensibilidad a la infección y a veces abren las puertas a la carcinogénesis.

Para que un agente químico produzca una reacción alérgica, este debe actuar como hapteno que, combinándose con una proteína endógena genera un antígeno, el

cual es capaz de inducir la formación de anticuerpos después de un período de latencia.

4.2.2.6 Interacción de agentes químicos

El término interacción entre sustancias químicas es utilizado en todos los casos en que una sustancia altera el efecto de otra.

Debido a que generalmente las personas están expuestas a más de un contaminante a la vez, las interacciones químicas, al relacionarse con los efectos en la salud, constituyen consideraciones importantes para determinar los riesgos de exposición de individuos y de la población a los contaminantes tóxicos del aire. A menudo, las combinaciones de sustancias químicas originan efectos diferentes de los que se hubiera predicho para las mismas sustancias de manera independiente.

Lamentablemente, desconocemos la naturaleza de muchas interacciones. Incluso cuando se conocen los efectos resultantes de la combinación de dos contaminantes, la adición de una tercera variable hace que los efectos finales sean inciertos. Esta compleja área de estudio constituye el tema central de diversas investigaciones toxicológicas desarrolladas en la actualidad.

A menudo, la exposición a combinaciones de sustancias químicas tiene efectos diferentes de los que tendría una exposición independiente a las mismas sustancias.

A continuación se describen los tipos generales de interacciones químicas que pueden ocurrir y se brindan algunos ejemplos. Aunque los ejemplos presentados se centran en las interacciones de dos sustancias químicas,

los principios discutidos también se aplican a la combinación de cualquier número de sustancias. Recuerde que la preocupación aquí no reside en las interacciones químicas en sí mismas (eso queda para los químicos) sino en la forma como las interacciones alteran los efectos en la salud.

Los efectos de la exposición simultánea a una combinación de dos o más sustancias tóxicas se pueden clasificar en alguno de los tres tipos generales que se presentan a continuación:

- aditivos (adición);
- sinérgicos (sinergia), y
- antagónicos (antagonismo).

Un efecto aditivo. es un efecto combinado de dos o más sustancias químicas que equivale a la suma de los efectos aislados de cada una de ellas. En otras palabras, es simplemente como sumar $2 + 2 = 4$. (Estamos suponiendo que los efectos individuales no son directamente contrarios, con lo que tenderían a cancelarse entre sí.) Cada sustancia química realiza sus acciones como si no existiera otra. Este es el efecto observado más común en las exposiciones a sustancias químicas simultáneas. Por ejemplo, los efectos de distintos plaguicidas organofosforados se combinan de manera aditiva.

La sinergia supone un efecto combinado de dos o más sustancias químicas que es mucho mayor que la suma de los efectos de cada sustancia por sí sola; o sea, $2 + 2 = 10$. El tetracloruro de carbono y el etanol son un buen ejemplo. La exposición simultánea a estas dos sustancias químicas ambas hepatotóxicas (tóxicos hepáticos) produce mucho más daño al hígado del que se hubiera producido de manera aditiva.

La potenciación es un tipo particular de sinergia en el que una sustancia que no ejerce efecto alguno en determinada zona corporal aumenta los efectos tóxicos de otra sustancia en dicha zona. A manera de ejemplo, el isopropanol, que no es tóxico para el hígado, potencia la hepatotoxicidad del tetracloruro de carbono.

El antagonismo, si en un organismo se encuentran dos tóxicos de efecto contrario, la acción tóxica del uno es anulada por el otro, por lo que el efecto combinado es menor que la suma de los efectos químicos individuales: $2 + 2 = 3$. La interacción antagónica constituye la base para la mayoría de antídotos de venenos. Por ejemplo, el potencial carcinogénico del arsénico es contrarrestado de esta manera por el selenio.

La tolerancia. Es una interacción química comúnmente observada y relacionada con el antagonismo. Es un estado de disminución de los efectos de una sustancia química. Este fenómeno generalmente ocurre con la administración crónica de medicamentos: con el transcurso del tiempo, se requiere una dosis mayor para producir el mismo efecto.

La tolerancia con sustancias tóxicas puede permitirle a un individuo resistir niveles que normalmente hubieran sido sumamente tóxicos o incluso letales. Las pruebas indican que ciertas poblaciones del sur de California están desarrollando tolerancia al ozono simplemente por estar expuestas a él en el aire ambiental.

La tolerancia es un estado reducido de respuesta a una sustancia.

4.2.2.7 Intoxicaciones

Algunos agentes son potencialmente tóxicos y provocan una respuesta solo después de una exposición de corto plazo. El formaldehído es un agente tóxico que produce efectos agudos como irritación de los ojos, de la piel y de los revestimientos respiratorios.

Otras sustancias requieren una exposición de largo plazo o en forma repetida para tener un efecto. Se dice que dichas sustancias presentan una toxicidad crónica.

El asbesto es un tóxico pulmonar. Produce efectos a largo plazo por lo tanto es un ejemplo típico de los efectos crónicos. Algunos agentes pueden presentar toxicidad tanto aguda como crónica, como es el caso de los solventes.

Generalmente hay una alta frecuencia de complicaciones y secuelas después de una intoxicación aguda, subaguda y especialmente después de la crónica, ocasionalmente efectos a largo plazo, como cáncer, mutaciones, teratogenia, efectos en la reproducción, neurotoxicidad retardada, inmunidad deteriorada.

4.2.3. Efectos a largo plazo

Los efectos a largo plazo son consecuencia de procesos lentos y de larga duración (a menudo, pero no siempre, irreversible), entre los principales tenemos:

- Neurotóxicos (neurotoxicidad retardada)
- Mutágenos
- Carcinógenos
- Teratógenos

4.2.3.1 Neurotoxicidad.

Es la capacidad de una sustancia de inducir cambios reversibles o irreversibles en la salud síquica y neurológica de un individuo por afectación del Sistema Nervioso Central o Periférico.

La toxicidad puede ocurrir en diversos puntos del sistema nervioso:

- Cerebro;
- Cuerpos de células nerviosas;
- Fibras nerviosas;
- Vainas de mielina que cubren las fibras nerviosas;
- Uniones de nervio a nervio y de nervio a músculo.

Las Neuronas: son las unidades funcionales del sistema nervioso. Son células especializadas en transmitir por ellas los impulsos nerviosos. Ver figura 4.1

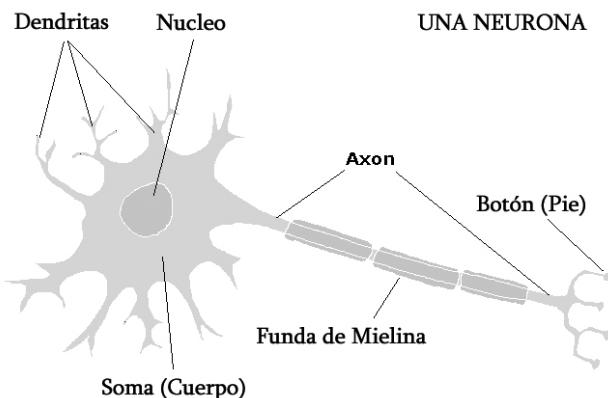


Figura 4.1 Esquema de una neurona

Las células nerviosas tienen una tasa metabólica alta y, por consiguiente, requieren más oxígeno que otras células corporales. Dado que un suministro adecuado de oxígeno es esencial para un buen funcionamiento cerebral, cualquier sustancia que comprometa el flujo

sanguíneo al cerebro (el cianuro, por ejemplo) puede causar graves daños.

El sistema nervioso se asemeja a una compleja red de comunicación, similar a un sistema telefónico. Ver figura 4.2

Un neurotóxico típico es el plomo, muy conocido por sus efectos perjudiciales. Algunos historiadores creen que la caída del Imperio Romano puede haberse debido, en parte, a los efectos adversos del plomo (vasijas de cerámica vidriadas con óxido de plomo o presente en las cañerías).

Los efectos crónicos del plomo son ocasionados porque ataca a varios órganos y sistemas por diversos mecanismos de acción. Puede afectar el funcionamiento neuronal al degenerar los axones, destruir la vaina de mielina e interferir con los neurotransmisores químicos en la sinapsis, o sea que ataca el sistema nervioso de diversas formas.

Hay dos tipos de neurotoxicidad: Aguda y retardada.

Neurotoxicidad aguda. Es la capacidad que tienen algunas sustancias a dosis grandes, de producir cambios fisiológicos reversibles en el sistema nervioso no involucrando degeneración de los elementos celulares. Ejemplo: los efectos narcóticos producidos por inhalar gasolina o bóxer, al no continuar la exposición el cerebro vuelve a su normalidad.

Neurotoxicidad retardada. Es la capacidad que tienen algunas sustancias de producir a dosis

pequeñas repetidas, cambios patológicos de los elementos neurocelulares de naturaleza irreversible en la mayoría de los casos.

Son bien conocidas las encefalopatías producidas por exposición al plomo, o las neuropatías producidas por el talio, arsénico y el herbicida 2,4-D. Existen igualmente investigaciones que ponen en evidencia la desmielinización de axones de las fibras nerviosas motoras, producida por algunos insecticidas organofosforados. En Colombia, hay casos comprobados de neuropatías periféricas ocasionadas por el nevugón, utilizado en el ganado como garrapaticida, los animales pierden la capacidad de moverse por parálisis de las extremidades.

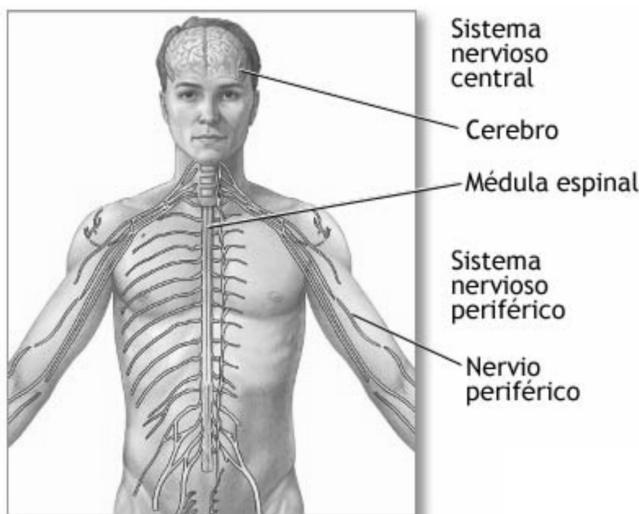


Figura 4.2 Esquema del sistema nervioso

Los nervios son cordones delgados de sustancia nerviosa que se ramifican por todos los órganos del cuerpo. Unos salen del encéfalo y se llaman nervios craneales. Otros salen a lo largo de la médula espinal: son los nervios raquídeos.

Plaguicidas	Metales	Solventes
Insecticidas Organoclorados	Aluminio	Etanol
Insecticidas	Arsénico	Hexano
Organofosforados	Mercurio	Tolueno
Piretroides	Plomo	Tricloroetileno. TCE
Herbicida: 2,4 D	Talio	Tetracloroetileno. PCE
		Xileno

Tabla 4.1 Sustancias neurotóxicas

4.2.3.2 Efectos genotóxicos y no genotóxicos

Toda forma de vida de este planeta, ya sea seres vivos micro celulares, vegetales, animales, seres humanos, están compuestos biológicamente por macromoléculas, llamadas ADN (ácido desoxirribonucleico) y ARN (ácido ribonucleico), sin éstos ácidos la vida en el planeta no existiría.

La importancia de estos componentes es tal, ya que sin ellos no podrían reproducirse las células, ni podrían llegar a evolucionar las diferentes especies de vida. Y si éstos llegaran a faltar en la composición de una célula, la vida que se gesta en ésta no tendría ni la mínima posibilidad de vivir.

Es sorprendente como la genética de los seres vivos y en especial la del ser humano ha mantenido sus patrones fundamentales hasta el día de hoy. Gracias a las mutaciones, el intercambio de genes y simbiosis generadas hace tres mil millones de años por bacterias universales; se dio inicio a la creación y evolución de la vida.

Efectos genotóxicos

Los efectos genotóxicos son las alteraciones en la estructura o en la información contenida en el material genético de las células o sea en el ADN

Algunos contaminantes ambientales pueden ser genotóxicos, es decir producir daños genéticos como muerte celular o mutaciones sobre células somáticas (cualquier célula del organismo), o sobre células germinales (espermatozoides y oocitos) reparables o no. La reparación de estos daños orgánicos se efectúa por medio de enzimas presentes en el organismo expuesto.

Las mutaciones no reparables sobre células somáticas pueden dar origen a un cáncer, como la leucemia producida por el benceno.

Cuando hay exposición de embriones y fetos a mutágenos que fácilmente atraviesan la barrera placentaria, es decir, exposición de madres o animales en estado de gestación, se producen malformaciones o teratogénesis en dichos embriones o fetos, como sucede con las dioxinas, contaminantes ambientales producto de la incineración de basuras.

Efectos no genotóxicos

Hay otros mecanismos para producir un cáncer, son los llamados mecanismos epigenéticos, en donde el agente no interactúa con el ADN. A los agentes que producen cáncer sin alterar al ADN se les denomina epigenéticos o no genotóxicos, por ejemplo, el gas mostaza puede producir cáncer pulmonar por dañar las células por su efecto corrosivo. En el ambiente tenemos muchas sustancias epigenéticas, como las fibras: de asbesto, de vidrio y de bagazo de caña, polvos: de carbón, sílice y madera.

Mutagénesis ambiental. Mútagenos

Un mutágeno es una sustancia que es capaz de interactuar con el ADN; alterando la integridad e información

contenida en los 46 cromosomas (genoma o código genético) formados de ADN.

El DNA es el principal componente de los 23 pares de cromosomas y se sintetiza en la base de ellos.

GEN es el segmento del ADN que contiene la información genética y cualquier daño o alteración cromosómica puede producir una enfermedad. ver figura 4.3

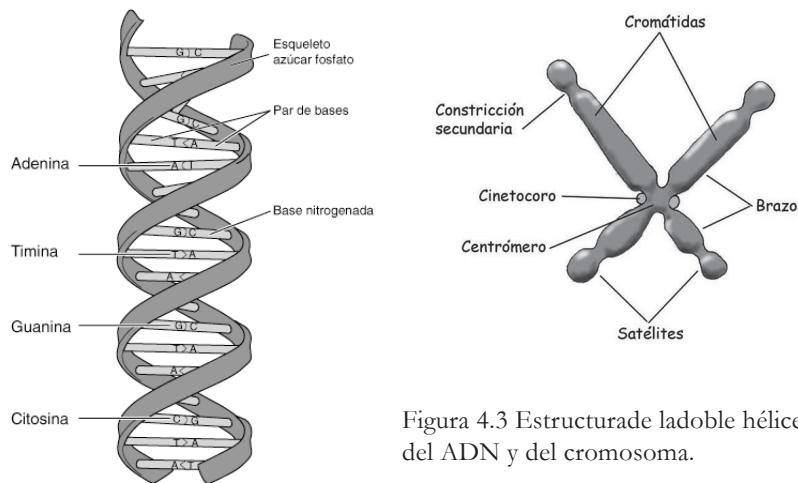


Figura 4.3 Estructura de la doble hélice del ADN y del cromosoma.

La alteración del material genético de una célula puede adoptar tres formas:

- Cambio en la composición química del ADN;
- Alteración del ajuste físico del ADN, y
- Adición o supresión de cromosomas.

En términos técnicos, solamente la primera alteración, el cambio químico, se considera una mutación. Los genetistas clasifican el reajuste físico del ADN como un hecho clastogénico y la presencia de un número anormal de cromosomas en una célula se llama aneuploidea. Los términos nuevos no son lo más importante en esta

sección. Lo más importante, es considerar cualquier alteración anormal del material genético como una mutación y cualquier agente que causa tal cambio como un mutágeno.

Es importante señalar que la mayoría de células son capaces de reparar el ADN. Siempre que estos mecanismos de reparación estén intactos, se puede confiar en que la mayoría de mutaciones se corregirá antes de que creen un problema. Sin embargo, cuando se comprometen los mecanismos de reparación es probable que un mayor número de mutaciones genere consecuencias adversas. Algunos estudios han indicado que el deterioro del sistema de reparación del ADN es responsable en parte de muchos de los efectos adversos en la salud que generalmente se observan en la edad avanzada.

Por lo general, las células saludables son capaces de reparar el material genético dañado.

El daño genético puede conducir a una serie de efectos, que van desde el funcionamiento celular deficiente a la muerte celular o incluso la muerte del organismo.

Un cambio en el ADN puede alterar las proteínas de las células. Que proteínas se ven afectadas y en qué tipo de células ocurre la alteración son factores más importantes para determinar los efectos finales.

Cuando la mutación ocurre en una célula del embrión en desarrollo, el resultado puede ser una anomalía reproductiva (aborto espontáneo) o la generación de anormalidades en la descendencia. Si la mutación afecta a una proteína que controla el funcionamiento celular adecuado, el resultado puede ser una enfermedad crónica. Las alteraciones genéticas que afectan la reproducción celular pueden detener la proliferación de una

célula y causar su muerte o su proliferación incontrolada, como en un cáncer. Ver figura 4.4.

Asimismo, es posible que el daño genético no tenga efecto perjudicial alguno. Debe recordarse que cada célula del cuerpo tiene un complemento total de cromosomas; es decir, cada célula contiene toda la información necesaria para la estructura y el funcionamiento adecuado de todo el cuerpo.

Obviamente, gran parte del ADN en una célula está inactiva. Por ejemplo, una célula en la planta del pie no usa el plan genético específico para la producción de saliva. Si el gen o los genes codificados para la producción de saliva estuviesen dañados en una de las células del pie, nadie lo notaría, y la salud no se vería afectada; sería una “mutación silenciosa”.

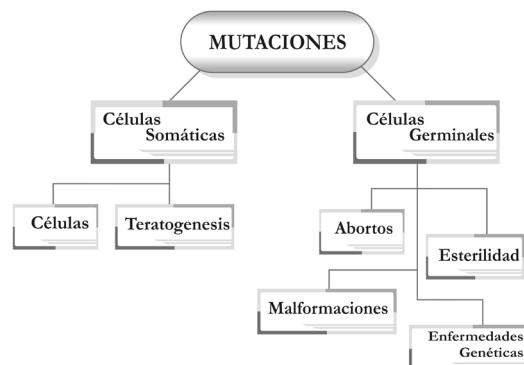


Figura 4.4 Mutaciones en células somáticas y germinales

Clases de mutágenos ambientales

Naturales. Radiaciones ionizantes procedentes de materiales radiactivos presentes en la corteza terrestre (potasio, uranio, torio), Radiaciones solares U.V., Productos de combustión de bosques y materiales fósiles.

Sintéticos. Plaguicidas, monómeros de plásticos, solventes, aditivos de alimentos, fuentes radiactivas, entre otros.

Para el estudio de estas alteraciones cromosómicas se han desarrollado en el mundo muchas tecnologías, de laboratorio *in vivo* e *in vitro*, utilizando una gran variedad de organismos como bacterias, levaduras, moscas, células humanas y roedores.

Hay sustancias que directamente van a producir la mutación en los cromosomas, como los metales, la nitrosouréa, las radiaciones ionizantes; en cambio, otras necesitan ser metabolizadas en el organismo para convertirse en compuestos electrofílicos (cargados positivamente) para ir a lesionar al ADN, así, por ejemplo: las aflatoxinas deben convertirse a sus epóxidos, el benceno debe metabolizarse a fenoles y quinonas, los hidrocarburos aromáticos polinucleares deben ser activados a sus tri-dioles para atacar al ADN.

Entre los mutágenos gaseosos o transportados por el aire más comunes están el DDT, la dioxina, el ozono, las sales de plomo, el benceno y el cloruro de vinilo. El cloruro de vinilo puede causar una mutación que por lo general desemboca en una clase particular de cáncer hepático.

Carcinogénesis ambiental

El cáncer es el crecimiento anormal e incontrolado de células, o sea, una proliferación anormal de células que invaden el órgano donde se originan y los tejidos vecinos.

Se presenta además metástasis: formación de tumores secundarios a partir de uno primario, transmitidos por

la vía linfática y sanguínea. Actualmente, el cáncer es una enfermedad de gran preocupación en el mundo, porque el desarrollo del tumor es silencioso, y cuando se manifiesta con síntomas el organismo ya está invadido.

El papel de la contaminación ambiental en la generación del cáncer es muy controvertido, ya que la incidencia varía entre poblaciones expuestas al mismo contaminante carcinógeno y es diferente para cada sexo.

En la formación de éstos tumores malignos intervienen varios factores, como los estilos de vida, tales como:

- Hábito de fumar
- Consumo de alcohol
- Medicamentos anticonceptivos
- Dieta rica en grasa y pobre en fibra
- Comportamientos sexuales
- Exposición ocupacional

Un buen ejemplo de un factor vinculado con el estilo de vida es el tabaquismo, el 30 % de los cánceres pulmonares en el mundo se relacionan con el hábito de fumar. El cáncer de mama está asociado a la toma de medicamentos anticonceptivos, el cáncer de colon a una dieta rica en grasa y pobre en fibra, el cáncer cervico-uterino a la promiscuidad sexual, especialmente cuando hay presencia de enfermedades infecto-contagiosas. La exposición a sustancias carcinógenas en los lugares de trabajo han dado lugar a una mayor incidencia de cánceres en el mundo.

Se ha comprobado igualmente que solo el 10% de ellos son hereditarios (mama, próstata y colon), y que actualmente la población rural es la más afectada por el uso de combustibles fósiles (carbón, leña, cocinol,

kerosene) en la cocción de los alimentos en lugares cerrados.

El cáncer también es conocido como neoplasia o tumor maligno. Neoplasia significa literalmente “crecimiento nuevo”. Las neoplasias o tumores independientemente del origen celular se producen por la falta de respuesta al control celular normal. Un tumor se dice que es benigno, cuando permanece localizado en el sitio de origen y no tiene capacidad de infiltrarse para invadir tejidos locales o formar metástasis en sitios distantes.

Un individuo está expuesto a cancerígenos ambientales, en el sitio de trabajo, por los estilos de vida que tiene y por los alimentos que ingiere. Algunos riesgos son ubicuos (incremento al desarrollo de cáncer de piel por exposición a la luz solar), y otros son específicos como el hábito de fumar.

Cáncer: denominación de las tumoraciones malignas

La explicación a nivel molecular, del desarrollo de un cáncer, se basa en los siguientes conceptos:

El ADN es el blanco para las sustancias carcinógenas. La carcinogénesis es un proceso que se sucede en múltiples etapas.

Los genes reguladores que suprimen la inhibición del crecimiento de los tumores y los que promueven el crecimiento (oncogenes), son los principales blancos, cuyas lesiones producen cáncer.

Los daños mutagénicos en el genoma son la base para el desarrollo del cáncer. Un solo impacto en el ADN, en el sitio adecuado y que no sea reparado correctamente, trae consecuencias severas para la célula.

Carcinogénesis: proceso de inducción de neoplasias malignas, por agentes físicos, químicos y biológicos

La carcinogénesis ocurre en varias etapas. Ver figura 4.5

- a. *Activación.* Un agente con propiedades carcinogénicas es activado al entrar al organismo
- b. *Iniciación.* El agente activado produce un daño celular pasando de células normales a células carcinógenas latentes, lo cual necesita de corto tiempo y se manifiesta por cambios en el ADN.
- c. *Promoción.* Las células con el daño celular pueden proliferar y formar un tumor en un sitio primario. Se requiere una exposición prolongada al agente promotor.
- d. *Metástasis.* Formación de tumores secundarios.

El tumor primario puede matar si se deja crecer sin tratamiento, pero generalmente el mayor peligro radica en un desarrollo incontrolado de la metástasis.

Es probable que las personas tengan en su cuerpo una pequeña cantidad de células iniciadas debido a las exposiciones a bajos niveles del agente carcinógeno.

Carcinógeno: sustancia que causa un crecimiento celular anormal o incontrolado

Si no es reparado el primer daño mutagénico (célula iniciada), queda incorporado al genoma. Así que es

possible que una sola molécula del agente carcinógeno produzca la iniciación de la célula, por lo tanto la iniciación no tiene dosis límite. Hay varias sustancias que actúan como iniciadoras como el dimetilbenzoantraceno. La nitrosoguanidina, el benzopireno, el uretano, etc.

Sin embargo, debe recordarse que la mayoría de células tienen la capacidad de reparar el ADN; por consiguiente, no todas las células que han pasado por este evento inicial desarrollan el cáncer.

El desarrollo de cáncer requiere, al parecer, exposiciones repetidas por un periodo prolongado y los estudios han indicado que los efectos pueden ser reversibles cuando cesa la exposición.

Algunas sustancias químicas tienen la capacidad de ser iniciadores y promotores, y se las denomina apropiadamente carcinógenos completos.

Los iniciadores químicos son necesarios para empezar el proceso de carcinogénesis.

Los promotores son normalmente agentes que incrementan la proliferación (mitógenos), dando la oportunidad que la célula iniciada se reproduzca.

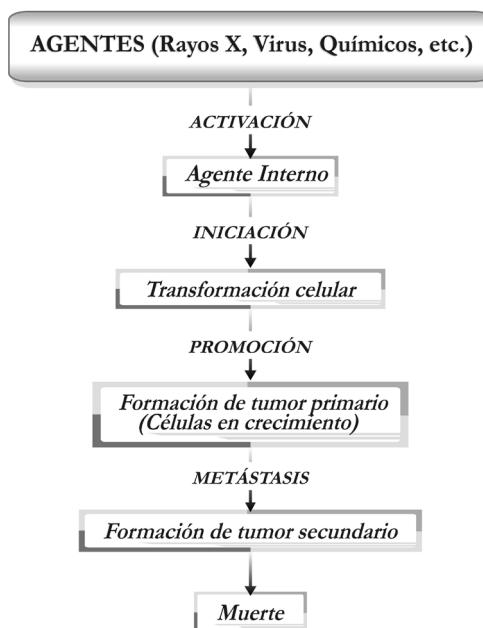
También deberíamos familiarizarnos con algunos otros términos referentes a la carcinogenicidad.

Un carcinógeno primario. Es una sustancia que por el solo hecho de estar en el ambiente produce cáncer. Por otro lado, un procarcinógeno se convierte en carcinógeno solo después de una conversión a partir de una forma benigna. La mayoría de los carcinógenos ambientales

son de este tipo. Los cocarcinógenos, aunque no son carcinogénicos en sí mismos, incrementan la potencia del efecto carcinogénico de otras sustancias químicas.

Promotor: agente que ayudan a que la célula iniciada se reproduzca

Aunque en los últimos años se ha aprendido mucho acerca del inicio y desarrollo del cáncer, todavía es difícil establecer relaciones claras de causa y efecto para posibles carcinógenos. Una dificultad para identificar carcinógenos específicos es su prolongado periodo de latencia, comúnmente de 15 a 40 años entre la exposición y la manifestación de la enfermedad. No obstante, los investigadores redoblan sus esfuerzos para advertirnos acerca de los carcinógenos potenciales.



Debido a la estrecha relación entre carcinogenidad y mutagénesis se usan algunas pruebas de corto plazo sobre mutagenidad como pruebas de tamizaje para la carcinogenidad. Sin embargo, actualmente ninguna de estas pruebas

Figura 4.5. Etapas de la carcinogénesis

es suficiente para hacer un juicio definitivo acerca de la carcinogenicidad. La evidencia más concreta generalmente proviene de los estudios epidemiológicos realizados con seres humanos.

Los agentes carcinógenos inician más fácilmente el proceso de carcinogenecidad durante períodos de rápida división celular como sucede en los infantes, o de deterioro celular como en los adultos mayores.

En la tabla 4.1 presenta una lista parcial de los carcinógenos humanos comprobados y de los probables, junto con los principales lugares del cuerpo donde ejercen su toxicidad.

Tipos de cáncer

El cáncer puede originarse en cualquier célula del organismo, la cual empieza a dividirse en forma incontrolada dando lugar a millones de células que invaden el órgano donde se originan y los tejidos adyacentes.

Los cánceres se clasifican de acuerdo al órgano donde se origina y las células involucradas.

Los Carcinomas, son los más comunes, se originan de las células que recubren las superficies externas e internas del cuerpo, como en los epitelios que recubren el cuerpo y en las diferentes glándulas. El 90% de los cánceres son carcinomas.

Los Sarcomas, son cánceres que se originan de células que se encuentran en los tejidos de soporte del organismo, como por ejemplo: hueso, cartílago, grasa, tejido conectivo y músculo.

Los Linfomas, son canceres que se originan en las células de los ganglios linfáticos y en los tejidos del sistema inmunológico.

Las leucemias, son cánceres de las células inmaduras de la sangre que crecen en la médula ósea y que tienen la tendencia a acumularse en grandes cantidades en el torrente sanguíneo.

Clases de sustancias carcinógenas

Las sustancias que son capaces de inducir el desarrollo de tumores malignos poseen estructuras diversas y pueden ser sintéticas o de origen natural.

Algunas no requieren transformaciones para demostrar su potencial carcinogénico, por otra parte la carcinogenicidad de ciertos compuestos químicos puede ser aumentada por la presencia de otros agentes llamados promotores.

Naturales: Toxinas de hongos (aflatoxinas, patulina), radiaciones solares, microorganismos (*helicobacter pilori*, virus de la hepatitis B y C, virus del sida), carcinógenos naturales presentes en alimentos vegetales, nitratos presentes en las aguas.

Sintéticos: Más de 50 agentes químicos son reconocidos carcinógenos humanos. Entre ellos figuran algunos monómeros de plásticos, aditivos alimentarios, solventes, compuestos metálicos, entre otros.

Agentes Físicos: radiaciones ionizantes procedentes de fuentes radiactivas (Co60 , Cs131) o radiaciones emitidas por equipos de rayos X.

Es preocupante tener la presencia en el ambiente de sustancias naturales y antropogénicas productoras de cáncer, sobre todo sin un plan de acción para su prevención o mitigación.

En estudios en animales efectuados por la Agencia Internacional de investigación del Cáncer (IARC) ha identificado como carcinógenas más de 1.500 sustancias de uso actual en el mundo. Esta Agencia preconiza, que “una sola evidencia de un cáncer en una especie animal producida por una sustancia, debe considerarse con un peligro potencial para el hombre”.

Compuesto químico	Ámbitos carcinogénicos
Aminobifenilo	Vejiga
Asbesto	Pulmones-Mesotelio
Benceno	Médula ósea
Berilio	Pulmones
Cromo VI	Vías respiratorias
Radionucleidos	Médula ósea
Cloruro de vinilo	Hígado
Bencina	Vejiga

Tabla 4.2 Algunos carcinógenos humanos y sus ámbitos corporales de toxicidad

Los radionucleidos son una clase particular de mutágenos y carcinógenos. Ya en el siglo XVI, la radiación causaba una enfermedad mortal al pulmón en los mineros europeos. A inicios del siglo XX, esta enfermedad se asoció con el radón.

Las mutaciones y el cáncer son los principales problemas de salud relacionados con la exposición a la radiación.

La radiación ionizante se diferencia de la luz visible y de otras radiaciones de bajo nivel en el hecho de que

puede desprender electrones a partir de átomos. Cuando este tipo de radiación transfiere su energía a una célula y desprende los electrones orbitales que integran a los átomos en moléculas, la célula puede morir o sobrevivir dañada. La mutación resultante puede iniciar el cáncer o transmitirse a la descendencia.

Los estudios realizados en Japón con los sobrevivientes de la bomba atómica que sirven de base para las normas actuales de exposición a la radiación indicaron que la leucemia mieloide, un cáncer a la médula ósea, fue el único que resultó de la exposición a la radiación. Recientes estudios han revelado que la exposición ocupacional a la radiación ionizante de bajo nivel aumenta el riesgo de cáncer en los tejidos respiratorios, digestivos y los que forman la sangre.

Clasificación de las sustancias carcinógenas

Según la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer. IARC (1987), la evidencia de que un agente puede inducir un cáncer, sin tener en cuenta su potencia puede ser:

Evidencia suficiente. Se ha establecido relación de causalidad con confianza razonable entre la exposición al agente y la aparición de cáncer en humanos o en animales.

Evidencia limitada. Se ha observado asociación positiva entre exposición y cáncer, pero la evidencia no es suficiente por no poder descartarse con suficiente seguridad la participación de casualidad, sesgo o de factores que induzcan a confusión.

Evidencia inadecuada. Los estudios disponibles son de insuficiente calidad, consistencia o de escasa

representatividad estadística para permitir una conclusión acerca de la existencia o ausencia de una relación de causalidad.

Falta de evidencia. Se dispone de estudios adecuados, que abarcan el rango de dosis a los que los seres humanos pueden estar expuestos y que se confirman mutuamente, que no demuestran la existencia de la inducción de cáncer a ningún nivel de exposición. La designación de «falta de carcinogenicidad» está inevitablemente limitada a los tipos de cáncer, dosis, tiempo de exposición y demás circunstancias consideradas en los estudios. Además, nunca puede excluirse la posibilidad de algún riesgo a los niveles de exposición estudiados.

Evaluación de la carcinogenecidad de los agentes o sustancias. IARC

A partir de todos los datos disponibles, cada agente se clasifica mediante un criterio científico que tiene en cuenta la evidencia obtenida en los estudios sobre humanos y en la experimentación animal y cualquier otro dato relevante, en:

Grupo 1. El agente es carcinógeno en humanos; se utiliza esta calificación sólo cuando existe evidencia de ello.

Grupo 2. Cuando la evidencia de carcinogénesis en humanos es casi suficiente, pero no hay suficiente evidencia experimental, atendiendo a los datos epidemiológicos experimentales y cualquier otro relevante, se distingue:

Grupo 2A: Agente probablemente carcinógeno en humanos; existe limitada evidencia sobre humanos pero suficiente con animales.

Grupo 2B: Agente posiblemente carcinógeno; la evidencia en humanos es limitada y tampoco hay suficiente evidencia con animales de experimentación.

Grupo 3. El agente no es clasificable como carcinógeno para humanos, y no puede incluirse en otro grupo.

Grupo 4. El agente probablemente no es carcinógeno en humanos; la evidencia disponible, tanto de humanos como de experimentación animal.

En la tabla 4.2 vemos la clasificación de las sustancias de acuerdo a su carcinogenecidad según los esquemas de la IARC (Agencia Internacional de Investigación del Cáncer) y EPA (Environmental Protection Agency/ US).

En la actualidad se ha propuesto una nueva alternativa de clasificación, quizá más fácil de utilizar, en función de la información disponible.

IARC	EPA	Descripción
Grupo 1	A	CARCINÓGENO HUMANO. Suficiente evidencia epidemiológica de carcinogenecidad en humanos y evidencia suficiente en animales de laboratorio.
Grupo 2A	B1	PROBABLE CARCINÓGENO HUMANO. Limitada evidencia de carcinogenecidad en humanos y suficiente evidencia de carcinogenecidad en animales.
Grupo 2B	B2	POSSIBLE CARCINÓGENO HUMANO. Limitada evidencia de carcinogenecidad en humanos y animales.
Grupo 3	C	NO CARCINÓGENO HUMANO. Cuando la evidencia de carcinogenecidad no es clasificable en los tres grupos anteriores.
Grupo 4	D	SEGURO NO CARCINÓGENO HUMANO. No hay evidencia de carcinogenecidad en humanos y animales.

Tabla 4.2 Clasificación de las sustancias carcinógenas según IARC y EPA

Carcinógenos humanos

En el Anexo 1, se pueden ver los químicos y los procesos industriales, son reconocidos como carcinógenos humanos (grupo I) según el Instituto de Investigación

de Cáncer (IARC), como también los grupos de sustancias que son probables carcinógenos humanos (grupo 2A) y los grupos de sustancias que son posibles carcinógenos (grupo 2B).

Muchos productos químicos, grupos de químicos, procesos industriales y exposiciones industriales no pudieron clasificarse en relación a su poder carcinógeno para el ser humano y por ello hacen parte del grupo 3 de carcinogenicidad para humanos (no carcinógenos humanos).

Sustancias encontradas en el aire y agua que son carcinógenas (Agencia Internacional de Investigación de cáncer. IARC. 2004) :

Arsénico y sus compuestos. Hay ciertas regiones en el mundo donde las aguas subterráneas son ricas en arsénico, además es utilizado como plaguicida. Reconocido carcinógeno humano, produce cáncer de piel.

Asbesto. El asbesto puede encontrarse en materiales de construcción en su variedad actual de crisotilo, en talcos, zapatas de automotores nuevos, cañerías de PVC. Reconocido carcinógeno humano, produce cáncer pulmonar. Sus variedades son asbesto blanco, gris y pardo.

Benceno. Todos derivados del petróleo contienen benceno: gasolina, diesel, aceites lubricantes, pinturas, barnices, pegantes, lacas. Reconocido carcinógeno humano, produce leucemia.

Cromo VI. La fuente de exposición son las curtiembres. Reconocido carcinógeno humano. Produce cáncer de piel y pulmón

Níquel y sus compuestos. La fuente de exposición son la quema aceites lubricantes, ya que se usa en ellos como estabilizante y en la fundición del ferroníquel. Reconocido carcinógeno humano. Produce cáncer pulmonar

Humo y hollín. Todos los procesos de combustión que generen humo y hollín son ricos en alquitranes. Estos están compuestos por Hidrocarburos Aromáticos polinucleares que son carcinógenos reconocidos en humanos. Un ejemplo de esto es el humo del tabaco que produce cáncer pulmonar.

Cloruro de Vinilo. La fuente de exposición son los plásticos de PVC mal elaborados, donde puede haber la migración del monómero a los alimentos empacados con estos y refrigerados, o también por incineración de estos plásticos. Reconocido carcinógeno humano. Produce cáncer de vejiga.

THM (trihalomentanos). La fuente de exposición son las aguas tratadas con un exceso de cloro que se agrega a piscinas de tratamiento donde hay presencia de materia orgánica (humus, algas). Son posibles carcinógenos. Producen cáncer de boca

Plomo y sus compuestos. La fuente de exposición es la quema de la gasolina, ya que el tetraetilo de plomo era agregado a ella como antídetonante, afortunadamente ya está prohibido en el país. Otra fuente de exposición son las descargas industriales, pues hay muchas industrias que lo usan: fabricación de baterías, fabricación de armas, imprentas, entre otras. Es probable carcinógeno. Produce cánceres en diferentes partes del organismo. Alimentación y cáncer

El Instituto Nacional de Cáncer (NCI) de EE.UU. señala que factores ligados a la dieta producen el 35% de

los canceres originados en los Estados Unidos (2001), de allí la importancia de conocer cuáles componentes de la alimentación producen cáncer.

A pesar de que en la etiología del cáncer desempeña un papel importante la dieta en su conjunto, los agentes carcinógenos, susceptibles de hallarse presentes en los alimentos, se agrupan en función de su origen como veremos a continuación:

Componentes naturales de los alimentos

- Productos resultantes de la contaminación microbiana y química
- Productos formados como consecuencia de los tratamientos tecnológicos
- Aditivos alimentarios
- Lípidos
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos
- Compuestos formados por el pardeamiento
- Trihalometanos
- Nitratos, nitritos considerados como contaminantes ambientales (agua y suelo)

Componentes naturales de los alimentos identificados como cancerígenos

- Safrol
- Las hidrazinas de Agaricus bisporus y Gyromitra esculenta.
- Furocumarinas
- Solanina
- El café
- Teobromina
- Vicina
- Gosipol

El Safrol. Es una sustancia que está presente en la pimienta negra, su extracto produce tumores malignos en hígados de animales de experimentación.

Las hidrazidas de los hongos Agaricus Bisporus y Gyromitra Sculenta. Se consumen en Europa y Norte América, contienen agaritina, compuesto de la familia de las hidrazidas, las cuales en estudios experimentales demostraron ser cancerígenas. Los estudios, sin embargo, no son suficientes para sacar conclusiones sobre el riesgo que representan al hombre.

Furocumarinas. Estas sustancias se encuentran en plantas de la familia de las umbelíferas, como el apio, perejil e higos, las cuales pueden activarse con la luz solar convirtiéndose en cancerígenos potentes.

Solanina y Chaconina. Son glicoalcaloides presentes en las papas inmaduras y las destinadas a servir de semillas. Son cancerígenas, teratógenas e inhibidoras de la enzima colinesterasa. Afortunadamente se destruyen por el calor, por lo tanto no son consideradas con riesgo de producir cáncer.

El café. Según estudios experimentales en ratas, las cuales fueron alimentadas con extracto de café al 5% durante dos años no desarrollaron tumores en la vejiga, pero se ha evidenciado que sus compuestos fenólicos, catalizan la formación de nitrosaminas en el estómago. Contiene además una sustancia denominada metilgioxal que es carcinógena, pero esta presente en mínima cantidad.

Teobromina. El cacao contiene aproximadamente 2% de teobromina, sustancia genotóxica en humanos por actuar sobre el DNA y por tanto es un probable carcinógeno.

Vicina. El consumo de habas por personas con déficit de la enzima 6-fosfato deshidrogenasa puede, además de trastornos gastrointestinales, producir anemia hemolítica, metahemoglobinemia y cáncer, debido al contenido de vicina y convicina en dicho alimento.

Gosipol. Este compuesto está presente en las semillas de algodón y por tanto puede encontrarse en el aceite de dichas semillas o en las tortas de éstas que son utilizadas como alimento de animales (se ha detectado en huevos). Por ser un inhibidor de la enzima dehidrogenasa láctica produce anormalidades en el testículo de la rata, y en el hombre disminución del recuento espermático y esterilidad. Es, además, un potente iniciador y promotor de cáncer de piel en roedores.

Sustancias cancerígenas que hacen parte de la dieta

- Alcohol
- Hormonas
- Lípidos
- Colesterol

Alcohol. Las bebidas alcohólicas han sido asociadas con el cáncer de boca, esófago, faringe, laringe y en menor proporción con el de hígado. Uno de los metabolitos del alcohol, el acetaldehído que es considerado mutágeno y teratógeno y, además, puede ocasionar alteraciones neurológicas en niños de madres alcohólicas.

Hormonas. Muchas de las formas de cáncer pueden aparecer por un funcionamiento anormal en la producción de hormonas. En mujeres obesas el riesgo en la producción de cáncer mamario y de útero se incrementa, debido a que los estrógenos se sintetizan principalmente en el tejido adiposo.

Lípidos. Los estudios epidemiológicos de poblaciones humanas indican que los cánceres de mama y de colon aumentan por el consumo de grasa, especialmente las grasas poliinsaturadas (animales).

Colesterol. Datos epidemiológicos demuestran que el colesterol juega un papel importante en la incidencia del cáncer de colon, ya que sus metabolitos y otros productos de oxidación del colesterol, como ácidos y sales biliares, se encuentran en gran cantidad en las heces de personas afectadas con ese tipo de cáncer.

Cancerígenos contaminantes de alimentos

- Micotoxinas
- Plaguicidas
- Metales pesados

Contaminantes provenientes de material de envase y de empaque

Micotoxinas. Son toxinas elaboradas por hongos, resistentes al calor, que crecen en una gran variedad de alimentos en condiciones adecuadas de humedad y temperatura como nuestros climas tropicales. Pueden estar presentes en cereales, frutas, lácteos, verduras, concentrados para animales y otra gran variedad de alimentos. La más importante de estas toxinas es la llamada aflatoxina B1, producida por el hongo *Aspergillus flavus* que crece sobre todo en cereales y concentrados para animales, por lo cual puede estar presente en la leche en forma de su metabolito hidroxilado (Aflatoxina M 1). Son resistentes al calor y su peligro radica en la producción de efectos carcinogénicos, mutagénicos, teratógenos, embriotóxicas, inhibidores de la síntesis de proteínas, con poder anticoagulante y con efectos sobre el sistema inmunológico.

Desde 1.965 se detectó en África y Asia una alta incidencia de cánceres por el consumo de granos contaminados con Aflatoxina B-1.

Plaguicidas. Los plaguicidas que a continuación se detallan tienen riesgo para el humano por producir diferentes tipos de cáncer en experimentación animal. Para algunos de ellos su carcinogenicidad es debida a las impurezas que contienen.

Insecticidas	Fungicidas	Herbicidas
DDT	Benomil	Amitrol
Lindano	Captofol	Profam
Dieldrín	Mancozeb	Trifluoralina
Clordano	Zineb	Alacloro
Heptacloro	Maneb	Acido arsenioso
Toxafeno	Nabam	Dialate
Mirex	Propineb	Linuron
Clordimeform	Metiram	Acido metanoarsonico
Azinfos metil	Daconil	Metolaclor
Cipermetrina	Quitozene	Terbutrin
Dicofol	Metomil	
Tiodicarb		
Acefato		

Tabla 4.3 Plaguicidas que producen diferentes tipos de cáncer en experimentación animal

Metales pesados. Los metales reconocidos como carcinógenos son el arsénico, cadmio, berilio, Cromo VI, Níquel y plomo.

Materiales plásticos. Cuando los plásticos son mal elaborados o estabilizados, se ha comprobado la migración de sus monómeros cancerígenos a los alimentos, es el caso del monómero cloruro de vinilo que es un carcinógeno potente del hígado. Igualmente puede haber migración a los alimentos de aquellas sustancias carcinógenas utilizadas como estabilizantes y plastificantes tales como el cadmio, anilinas, ftalatos.

Cancerígenos producidos por los procesos de elaboración de los alimentos

Cocción, calentamiento directo, asado, ahumado y curado de productos cárnicos.

Los procesos de cocción directa o indirecta, el asado, ahumado y curado de los alimentos cárnicos, pueden producir un cambio en la estructura de sus constituyentes, pudiendo dar lugar a compuestos carcinógenos tales como los HAPs presentes en el humo y porción carbonizada de cualquier alimento. Así, en carnes asadas se ha encontrado hasta 50 ug/Kg (ppb) de benzo(a)pireno, potente carcinógeno.

Igualmente investigaciones hechas por japoneses han demostrado que el asado de alimentos cárnicos da lugar a la pirólisis de aminoácidos y como consecuencia a la formación de aminas heterocíclicas, que son potentes mutágenos. Hasta el momento se han identificado más de 100 de estos compuestos.

El curado de carnes y embutidos con nitritos igualmente presenta el riesgo que al consumirse puedan formarse nitrosaminas en el estómago y generar un cáncer gástrico. Las nitrosaminas dada su potencia carcinogénica, son comparables con las aflatoxinas e hidrocarburos aromáticos polinucleares.

4.2.3.3 Tóxicos del desarrollo. Teratogenecidad

La teratogenecidad es la capacidad potencial para producir malformaciones o defectos en la descendencia.

Teratógeno, es una sustancia que por administración a la madre en el período prenatal, induce malformaciones estructurales o defectos en la descendencia.

En la sección anterior sobre mutágenos se mencionó que algunas mutaciones pueden causar anormalidades en la descendencia. Los agentes que dañan directamente al feto en dosis que no afectan a la madre se clasifican como teratógenos. Estos son solo un tipo de sustancias tóxicas del desarrollo.

Entre los efectos teratogénicos se pueden mencionar: órganos o estructuras tisulares anormales, funcionamiento metabólico o químico deficiente y retardo mental. Algunas anormalidades teratogénicas y disfunciones pueden ser tan sutiles como para no tener prácticamente efecto alguno sobre el organismo.

Los teratógenos son sustancias que dañan al feto pero no a la madre.

...

Un factor importante que influye en la toxicidad de los teratógenos, además de los factores estándar de, toxicidad, magnitud y duración de la exposición, es el tiempo en que ocurre la exposición durante el desarrollo del feto. Cada sistema corporal en desarrollo pasa por un periodo crítico durante el cual es particularmente sensible al desarrollo anormal químicamente inducido. En los seres humanos, la mayoría de estos períodos de desarrollo crítico se presentan entre la tercera y la duodécima semana de desarrollo del feto. Por lo general, las anomalías producidas por la exposición después de este periodo son menos graves.

Un factor crítico en la teratogenicidad es la etapa de desarrollo del feto en la que ocurre la exposición.

...

Otras sustancias tóxicas que afectan el desarrollo pueden ejercer sus efectos durante los primeros años de vida, antes de que todos los sistemas del cuerpo terminen de desarrollarse.

Un ejemplo es el plomo, que puede impedir el crecimiento del sistema nervioso central y causar discapacidades permanentes en el aprendizaje si los niños lo consumen o inhalan.

Otros teratógenos químicos supuestos o conocidos incluyen la dioxina, el mercurio orgánico, el arseniato de sodio y el humo del cigarrillo.

4.2.3.4 Hepatotóxicos (tóxicos del hígado)

Como se indicó anteriormente, los efectos tóxicos en el hígado incluyen la acumulación de grasa, la ictericia, la muerte celular, la cirrosis y el cáncer. Además, las sustancias químicas que incrementan o disminuyen los niveles de enzimas metabólicas en el hígado pueden afectar la toxicidad de otros compuestos mediante la alteración de su metabolismo.

El tetracloruro de carbono, probablemente es el hepatotóxico más conocido, no es tóxico para el hígado en su forma no metabolizada. Esta es una de esas sustancias químicas cuya toxicidad se ve incrementada por el hígado en lugar de disminuida. Además, se sabe que los efectos tóxicos del tetracloruro de carbono en el hígado (que incluyen casi todos los extremos tóxicos mencionados anteriormente) se intensifican cuando se exponen previamente al alcohol.

Otros hepatotóxicos comunes son el fósforo blanco (totes), el cloroformo, el mercurio elemental, el tricloroetileno y el cloruro de vinilo

4.2.3.5 Efectos respiratorios

Los efectos tóxicos en los pulmones incluyen la irritación y constricción de las vías respiratorias, la necrosis, el edema (retención excesiva de líquido), la fibrosis (cambios en el tipo o la composición de las células) y el cáncer. Los resultados finales varían desde el malestar hasta la asfixia y la muerte. Aunque los efectos irritantes generalmente son reversibles, la exposición crónica a un irritante puede conducir al daño celular permanente.

El asbesto, el arsénico y la radiación son tres de las causas más comunes de cáncer de pulmón. El asbesto también puede causar fibrosis, tal como otros agentes minerales. La sensibilización alérgica y su posterior irritación y edema son los resultados comunes de la exposición a los compuestos como el diisocianato detolueno. Ver capítulo VI.

4.2.3.6 Efectos en la reproducción

Los contaminantes tóxicos que causan disfunciones reproductoras pueden clasificarse en tres tipos generales:

- Aquellos que reducen la fecundidad;
- Aquellos que reducen las oportunidades de que el embrión o feto sobreviva, y
- Aquellos que causan efectos teratogénicos.

Ya hablamos de los teratógenos y los productos químicos que causan defectos congénitos cuando se habló de los tóxicos que afectan el desarrollo. Los agentes que reducen la fecundidad pueden actuar en los mecanismos reproductores del hombre o de la mujer.

La toxicidad en los ovarios se puede observar con la quimioterapia de la radiación. Además, los investigadores han informado que algunos hidrocarburos

polinucleares (HAPs) afectan directamente a los oocitos. Algunos de estos compuestos, como el benzopireno y el dimetil-benzantraceno, son productos de combustión.

En cuanto al sistema masculino, ya se ha establecido claramente que el dibromocloropropano, un insecticida, es un compuesto antiespermatozídico.

4.2.3.7 La amenaza de los disruptores endocrinos

Además del sistema nervioso, otro sistema que ayuda a integrar las actividades corporales y a mantener el equilibrio del ambiente interno en el ser humano, es el sistema endocrino. Si comparamos el sistema nervioso con una intrincada red telefónica, de comunicación casi instantánea, el sistema endocrino corresponde al sistema postal, por ser un poco más lento. Este sistema está compuesto de diversas glándulas que, en todo el cuerpo, secretan sustancias químicas llamadas hormonas.

Las hormonas son, sencillamente, mensajeros químicos que provocan respuestas particulares en sus blancos. En general, el aparato circulatorio “lleva el correo” al sistema endocrino y entrega las hormonas a sus puntos de acción.



Un gran número de sustancias químicas que son vertidas al medio ambiente, tienen el potencial para perturbar el sistema endocrino del hombre y de los animales,

debido a que interfieren en el funcionamiento del sistema hormonal mediante alguno de éstos 3 mecanismos: suplantando a las hormonas naturales, bloqueando su acción o disminuyendo o aumentando sus niveles.

En los niveles en que se encuentran en el entorno, estos disruptores hormonales no matan células ni atacan el ADN, por lo cual no son carcinógenos. Su objetivo son las hormonas, los mensajeros químicos que se mueven constantemente dentro de la red de comunicaciones del cuerpo. Los mensajes hormonales organizan muchos aspectos decisivos del desarrollo, desde la diferenciación sexual hasta la organización del cerebro. Los disruptores endocrinos pueden poner en peligro la supervivencia de especies enteras de animales, incluso la especie humana.

Afectan más la progenie que el progenitor, produciendo graves problemas como defectos congénitos, anomalías sexuales, malformaciones, es decir transtornan los procesos normales de reproducción y desarrollo.

No se ha investigado aún las cantidades de estas sustancias químicas disruptoras endocrinas que representen un peligro para el ser humano. Los datos indican que podrían ser muy pequeñas si la exposición sucede antes del nacimiento. En el caso de las dioxinas los estudios recientes han demostrado que la exposición a dosis ínfimas puede causar malformaciones en embriones y fetos ya que puede fácilmente la barrera placentaria.

Causa gran preocupación la creciente frecuencia de anormalidades genitales en los niños, como testículos no descendidos (criptorquidia), penes pequeños e hispoadias, un defecto en el que la uretra que transporta la orina no se prolonga hasta el final del pene. En zonas de cultivo intensivo en la provincia de Granada

(España) en donde se emplea el insecticida endosulfán (en Colombia es utilizado para eliminar la broca del café) se encontraron 360 casos de criptorquidias. Pero el signo más preocupante se encuentra en estudios que indican que la cantidad y movilidad de los espermatozoides en los varones han disminuido alarmantemente en el último medio siglo, como lo afirma el estudio realizado por un equipo danés (Dr. Niels Skakkebaek) y publicado en el British Medical Journal de Septiembre de 1992. De continuar la tendencia actual, dentro de 50 años los hombres podrían ser incapaces de reproducirse de forma natural. La exposición prenatal a estas sustancias químicas imitadoras de hormonas puede estar exacerbando también el problema más común que afecta a los hombres al envejecer: el crecimiento doloroso de la glándula prostática.

En las mujeres se presentan especialmente abortos, embarazos ectópicos y endometriosis. En las mujeres que padecen estos problemas se encontró niveles elevados de Bifenilos Policlorados. Estas sustancias son utilizadas en el país como transmisores de la energía eléctrica en transformadores y acumuladores.

La Agencia de Protección Ambiental de los E.U.A (EPA) ha identificado 51 productos químicos que alteran el sistema hormonal.

Entre las sustancias químicas con mayores efectos disruptores del sistema endocrino tenemos:

Las dioxinas y furanos son sustancias que no tienen uso industrial, sino que se forman en los procesos de fabricación del PVC, en el blanqueo con cloro de la pasta de papel y en incineración de basuras que contengan residuos de PVC, papel blanqueado con cloro o madera tratada con pentaclorofenol.

Los PCB, prohibidos en muchos países, pero de uso en nuestro país en transformadores eléctricos y en aceites hidráulicos

Plaguicidas: Insecticidas organoclorados, piretroides, atrazina, 2,4D (2,4 diclorofenoxyacético), endosulfán, entre otros.

Los Ftalatos son sustancias que le dan la flexibilidad a los plásticos, especialmente utilizado en el PVC (polícloruro de vinilo)

Los Alquilfenoles: el p-nonilfenol utilizado como antioxidante del poliestireno y PVC, el bisfenol-A se utiliza como material de recubrimiento interior de los envases metálicos de estaño en la industria alimentaria, y los odontólogos lo usan en empastes dentarios.

El Percloroetileno utilizado en el lavado en seco

Trazas de metales: Arsénico, plomo y mercurio, presentes en alimentos especialmente en peces, crustáceos y moluscos.

Resumen de los efectos de los ECDs, observados a nivel mundial

Niños. Cambios en los genitales, disminución del tamaño del pene y criptoquideas (testículos ascendidos o descendidos)

Hombres. La disrupción hormonal afecta más a la descendencia que al progenitor.

Se ha observado que hay disminución del recuento espermático, aumento del tamaño de la próstata y cáncer de testículos.

Mujeres. Menstruaciones irregulares, abortos, endometriosis (endurecimiento y dolor del tejido que recubre el útero).

El cáncer es la principal amenaza para el funcionamiento adecuado del sistema endocrino y, puede tener efectos de gran alcance.

Glándula(s)	Ubicación	Hormona(s)	Efectos
Pituitaria	Debajo del cerebro	Diversas	Influye en el metabolismo celular en ciertas partes del cuerpo. Ejerce control sobre otras glándulas endocrinas.
Tiroídes	En el cuello, alrededor de la laringe.	Diversas	Controla el metabolismo y el desarrollo celular. Controla los suministros de energía corporal.
Paratiroides	Cerca de la tiroídes.	Parathormonas	Controla los niveles de calcio y de iones fosfóricos en la sangre, decisivos para el funcionamiento apropiado de los nervios y músculos.
Suprarrenal	Una sobre cada riñón	Esteroides Epinefrina y norepinefrina	Mantiene el equilibrio adecuado de agua y sal en la sangre. Prepara el cuerpo para la dinámica de "lucha o huída".
Islotes de Langerhans	Dispersos en todo el páncreas	Glucagón e insulina	Controla el metabolismo de los carbohidratos.
Gónadas (ovarios en la mujer y testículos en el hombre)	Abdomen inferior	Diversas	Controla la reproducción y el desarrollo

Tabla 4.4 Componentes primarios del sistema endocrino

Efectos en los organismos ambientales

Se ha comprobado graves alteraciones en la reproducción de los peces y poblaciones de aves (águilas,

cóndores, halcones) y mamíferos. Muchas especies han desaparecido por los efectos que los ECDs especialmente por la infertilidad que producen y por las alteraciones en el apareamiento y afectación del sistema inmunológico.

4.3 Bibliografía

- BEZMAN, ALICE. Principles and Practice of Environmental Medicine. Ed. Plenum Publishing. Co. New York, 1992.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. US-CDC. National Report on human Exposition to Environmental Chemicals. Tercer informe. 2005.
- CORTINA DE NAVA, C. Y ESPINOSA, A.J. Cáncer y Ambiente. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. OMS Metepec, México, 1990.
- COHEN, HJ. Biology of aging as related to cancer. En Cáncer. Vol. 74: 20092-2100. 1994.
- DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMANS SERVICES. US. Sixth Report on Carcinogens. National Toxicology Program. Washington. 1991.
- DICK, PJ. Peripheral Neuropathy. 3a. Ed. Ed.WB Sounders CO. 1993.
- DREISBACH, R. Toxicología Clínica, 5a Ed. Ed. Manual Moderno. México 1983.

- HATCHCOCK, J. Nutritional Toxicology. Ed Academic Press, New York, 1992.
- JACKSON, ME, et AL.: Environmental Health Reference Book. Ed. Butterworths. Toronto, Canada, 1989.
- INTERNACIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER- IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. Lyon, France. 1991.
- _____ Evaluation and Clasification od Carcinogenic Risk of Substances. Lyon, France. 1987.
- _____ Monographs for Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to humans. Vol. 53, Lyon, France. 2000.
- MATEUS SANCHO, J. Toxicología Médica. Ed.Doyma, Barcelona, España, 1994.
- NACIONAL RESEARCH COUNCIL U.S. Environmental Neurotoxicology. Washington, D.C. 1992.
- PROU FOUT, A. Intoxicaciones agudas. Ed. Doyma, Barcelona, España 1985.
- WEXLER, P. Information Resources in Toxicology. 2a. Edition. Elsevier Science Publishing Co. IN. New York 1998.
- WORLD HEALTH ORGANITATION. WHO. Cancer: Causes, Ocurrence and Control, IARC Scientific Publications 100, Ed. Tomatis, L., Lyon, France, 1990.



CAPÍTULO



CONTAMINACIÓN AMBIENTAL



La contaminación ambiental es un grave problema del actual milenio, algunos científicos afirman que si se mantiene la tasa de crecimiento de la población mundial y el agotamiento de los recursos naturales la supervivencia del planeta será de unos 100 a 250 años. De pasar estos años, la vida sería en condiciones insalubres o más bien, sería una vida en condiciones no dignas para el ser humano y los animales.

Según las Naciones Unidas el 60% de los recursos naturales están en peligro y no hay suficientes alimentos para una población mundial de más de 6.000 millones de habitantes del mundo.

Es importante conocer los efectos de los contaminantes ambientales, ya sean físicos, químicos o biológicos para los estudios de evaluación de un impacto ambiental, o para la aplicación de la legislación ambiental vigente.

En el momento es innegable el papel que desempeña la contaminación la herencia y la contaminación ambiental en la generación de enfermedades.

5.1 Enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental

Entre las enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental, o con factores ambientales, tenemos:

Cólera. Producido por un virus que crece en aguas contaminadas con materias fecales.

Malaria. Transmitida por el mosquito Anopheles, que crece en aguas estancadas, especialmente en climas tropicales. En el mundo mueren anualmente más de un millón de persona por ésta epidemia, especialmente en los países africanos

Dengue. Trasmitido por el mosquito Aedes Egypty, que crece en aguas estancadas, pero claras. En el país se presentan por año más de 140.000 casos, de éstos el 10% es dengue hemorrágico.

Enfermedades respiratorias. Producidas por las emisiones vehiculares y de las industrias. La falta de calidad del aire produce Enfermedades Respiratorias Agudas, principal causa de muerte infantil y de adultos mayores en zonas o áreas con contaminación atmosférica crítica.

Enfermedades gastrointestinales. Producidas por macro y microorganismos patógenos (bacterias, virus, hongos, protozoarios, parásitos), cuyo vehículo es el agua y los alimentos.

Alergias. Aunque su mayoría son de origen genético (intolerancia a ciertos alimentos), hay sustancias presentes en el ambiente que las producen: polen, moho, polvo, humedad, fibras sintéticas o naturales, microácaros, pelos y plumas de animales.

La contaminación ambiental es producida por la presencia o exceso de contaminantes dentro de un determinado componente ambiental con efectos nocivos.

5.2 Interrelación del hombre con los componentes ambientales

Los seres humanos están en mayor o menor grado en interrelación con los componentes ambientales y no pueden vivir separados el uno del otro, por tanto todos los contaminantes presentes en el aire, agua y suelos gravitan sobre los organismos vivos incluyendo el hombre. Ver figura 5.1

La mayoría de contaminantes realizan dentro de los ecosistemas un flujo determinado y permanente pasando de un medio a otro, como se ve en la Figura 5.2. El hombre como integrante principal de los ecosistemas se constituye en el blanco de la contaminación, poniendo en riesgo su salud. Por ejemplo, los gases y partículas procedentes de la combustión de la gasolina y diesel utilizados por las industrias y el transporte, contaminan el aire que al respirarse produce graves alteraciones respiratorias; algunos reaccionan con la humedad del aire y se convierten en otros compuestos, que asociados a la lluvia van a contaminar aguas, suelos y bosques (lluvia ácida).

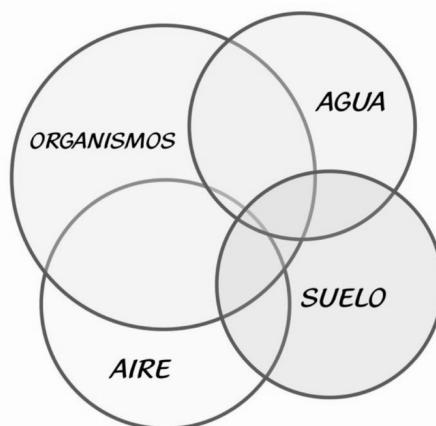


Figura 5.1 Los componentes ambientales y su interrelación con los organismos vivos

5.3 Problemática ambiental de orden mundial

El mundo, como nuestro país tiene la siguiente problemática ambiental:

- Calentamiento global

- Destrucción de la capa de ozono
- Lluvia ácida
- Compuestos no degradables
- Derrames de petróleo
- Materiales radiactivos

Los problemas actuales y prioritarios de Colombia, como también del resto de países del mundo son:

- La violencia y terrorismo
- Pobreza
- Contaminación ambiental

La violencia además produce más muertos que las mismas enfermedades. Además vemos que la contaminación ambiental está también ligada a la violencia y la pobreza.

El Banco Mundial (2005), habla que en Colombia, hay 23 millones de pobres y 9.5 millones en la franja de la miseria.

La pobreza es sinónimo de desnutrición y enfermedad. La UNICEF (2001) ha investigado que en Colombia, hay más de 4 millones de niños desnutridos y 2 millones con retardo mental.

El organismo humano al no tener alimento, recurre a la porción de grasa y proteínas (mielina) de los revestimientos de la neuronas cerebrales y de las fibras nerviosas, con afectación del Sistema Nervioso Central y Periférico, con pérdida de la memoria, de la capacidad de aprendizaje, retardo mental, dificultad en el movimiento, etc.

5.3.1 Calentamiento global y sus consecuencias

El calentamiento global, es el aumento de la temperatura de la Tierra debido al uso de combustibles fósiles y a otros procesos industriales que llevan a una acumulación de gases contaminantes, algunos forman parte de la actividad humana, pero su exceso es el causante del efecto invernadero, en la atmósfera.

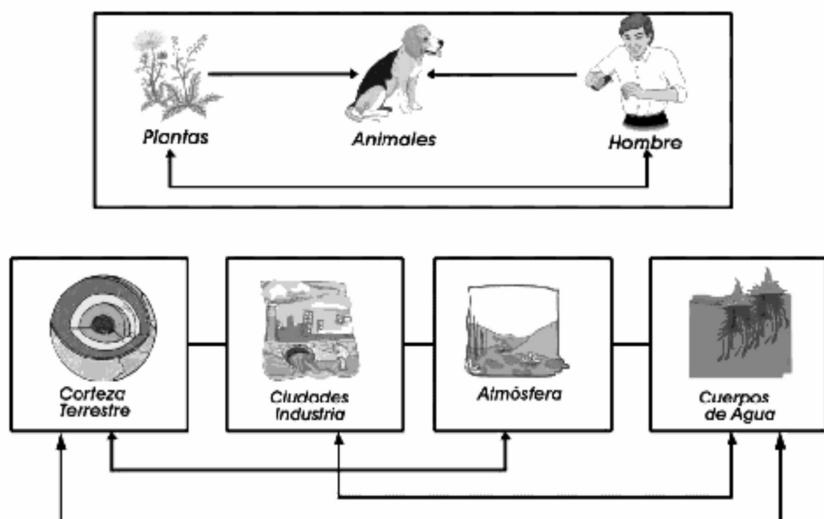
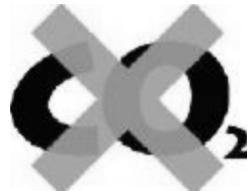


Figura 5.2 Flujo de los contaminantes

Las más importantes modificaciones en el clima, han sido a causa de diferentes gases que no pueden ser biológicamente eliminados al estar saturada la atmósfera.

Según el Protocolo de Kioto los gases (Canasta de gases con efecto invernadero) que hay necesidad de reducir sus emisiones son:

- Anhídrico carbónico (CO_2),
- Metano (CH_4),
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x),
- Hidrofluorocarbono (HFC),



- Perfluorocarbono (PFC) y,
- Hexafluoruro de azufre (SF₆).

Grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) provienen de la combustión de carbón y gasolina, de las emisiones industriales, de las actividades volcánicas y los incendios.

Otro causantes se este problema son la deforestación o tala de áreas cubiertas de bosques, debido a que el CO₂ es absorbido en gran proporción por las plantas durante su fotosíntesis.

El metano (CH₄) es un gas invernadero muy potente, 58 veces mayor que el CO₂. Su presencia en la atmósfera se debe a la descomposición de las materias orgánicas en un medio anaerobio.

Los clorofluorocarburos (CFC), son gases inertes empleados como refrigerantes, gases propelentes en aerosoles y en espumas plásticas. Se combinan con el ozono, en la estratosfera, con destrucción de la capa de ozono.

De todos los gases de efecto invernadero naturales el vapor de agua es el más poderoso.

El calentamiento global, ha traído consigo gran cantidad de consecuencias muy perjudiciales para los seres humanos, actualmente se pueden observar cambios en el clima. La temperatura global ha aumentado aproximadamente 0.8 a.C., éste calor afecta a las precipitaciones debido a que el proceso de evaporación se ve acelerado al haber temperaturas más altas, y esto aumenta la humedad en el aire y las precipitaciones que afectan a todo el planeta, ya que origina frecuentes inundaciones y deslizamientos de tierra, lo que produce grandes pérdidas materiales y humanas.

Paradójicamente la misma evaporación que aumenta las lluvias y causa inundaciones mortales, origina grandes sequías en verano, también causando pérdidas de todo tipo debido al gran calor, éste mismo calor trae consigo incendios que arrasan con bosques y ciudades.

Una atmósfera mas calurosa está provocando el deshielo de los polos o lo que es lo mismo el derretimiento del hielo polar, esto provoca un aumento en el nivel del mar, el cuál ya se ha registrado en los últimos años, aún no ha traído consecuencias graves para la humanidad, pero de continuar así en unos años podría inundar ciudades y países insulares que se hallan casi al nivel del mar. Según la NASA, la capa de hielo polar se está derritiendo a un alarmante ritmo de 9% por década. El grosor del hielo ártico ha disminuido un 40% desde la década de 1960.

El comité de calentamiento de la ONU habla que los países más pobres del planeta serán los más afectados (países asiáticos, africanos y suramericanos) ya que habrá:

- Inundaciones y sequías
- Degradación de suelos, disminución de suelos cultivables
- Aumento de enfermedades como el cólera, la malaria y el dengue
- Gran afectación de la pesca

En los próximos años muchas regiones pobres y apartadas del continente americano sufrirán grandes daños materiales y potencialmente la perdida de miles de vidas a consecuencia de cambios drásticos en el clima. Este es y será nuestro peor y más difícil enemigo dentro del cambio climático.

Debido a las inundaciones producidas por un exceso en las lluvias, tanto en frecuencia como en intensidad, muchas personas y animales tendrán que abandonar sus casas y campos. Sufrirán deslaves de tierras como consecuencia de la deforestación de sus montes y el exceso de escorrentías provenientes de esos mismos montes pelados. Estarán expuestos a daños materiales, humanos y ambientales por causa del desbordamiento de los ríos debido al inexistente manejo de las basuras y a la contaminación de sus fuentes hídricas por inundaciones y la erosión de sus suelos.

El excesivo calor secará más rápidamente los mantos freáticos con lo que será casi imposible habilitar pozos en estas regiones. Se desecaran igualmente lagos y quebradas haciendo más difícil conseguir agua para la supervivencia humana. Aumentaran los incendios forestales y las áreas de calor se multiplicaran en la región.

Estas calamidades y desastres naturales crearan un sinúmero de desplazados que tendrán que ser reubicados en otras regiones o solos irán a formar parte de los cordones de pobreza que rodean las ciudades latinoamericanas.

En la mayoría de las ciudades latinoamericanas, debido al aumento incontrolado de la urbanización, perdidas de espacios verdes, aumento de la base automotora, el uso de combustibles fósiles, el manejo inadecuado de las basuras y el efecto invernadero, se generará un nivel de calor tal que creara condiciones de contaminación ambiental debido al mayor consumo de electricidad y en invierno, debido a la inversión térmica, replicando lo que sucede en las ciudades de México DF, Santiago de Chile, Los Ángeles, California, Sao Paulo, Brasil, por mencionar algunas.

Pero a pesar de los problemas, también hay soluciones.

Existen una buena cantidad de acciones humanas orientadas primero a adaptarnos, en el corto plazo, al cambio climático y segundo, para reducirlo en el mediano y largo plazo.

Algunas de estas soluciones son simples, otras costosas y otras complejas, pero al igual que se hizo para superar el problema de la capa de ozono en los años 90, tendremos que trabajar en conjunto para adaptarnos al cambio climático en los próximos años, pero a partir de hoy.

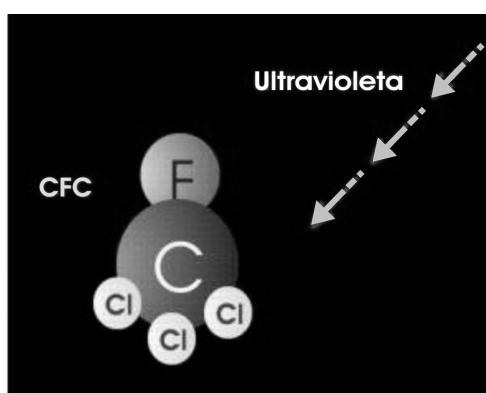
Algunas recomendaciones para adaptarnos y reducir el cambio climático y sus efectos son:

- Crear conciencia en los gobiernos sobre la realidad del cambio climático y sus consecuencias.
- Crear conciencia en los gobiernos locales para la implementación de actividades tendientes a informar a la comunidad y reducir los impactos de los desastres naturales.
- Crear oficinas nacionales que trabajen en la coordinación de estrategias para adaptarnos al cambio climático e interactuar con las oficinas de la región.
- Reforzar las agencias para el salvamento de vidas humanas y animales en todos los países.
- Informar a la ciudadanía a través de los medios de comunicación sobre las realidades del cambio climático.
- Organizar a las poblaciones más vulnerables para que se lleven a cabo los cambios necesarios para disminuir su vulnerabilidad. Eso incluye el ordenamiento territorial según sus fortalezas y debilidades y de ser necesario, la mudanza total a nuevas áreas alejadas de las zonas de mayor vulnerabilidad.

- Llevar a cabo programas masivos de forestación en las cuencas de los ríos más importantes al igual que en las subcuenca, los montes y las montañas.
- Disminuir la tasa de tala de bosques primarios y eliminar la roza y quema como práctica campesina.
- Elaborar proyectos de reciclaje de basuras tanto sólidas, como líquidas y aéreas para disminuir los impactos de las mismas en la población, en condiciones aun más adversas.
- Mejorar los sistemas de transporte masivo y disminuir el uso de automóviles, evitar las construcciones de residenciales y edificios sin áreas verdes y desarrollar parques urbanos para reducir la temperatura en las ciudades

5.3.2 Destrucción de la capa de ozono

Mundialmente ya es aceptado que la capa de ozono estratosférico (la parte de la atmósfera entre los 15 y 45 Km. de altitud), ha mostrado descensos preocupantes en los últimos 30 años, asociados en gran proporción al incremento de la liberación de moléculas conocidas como clorofluorocarbonos (CFC). Estas sustancias son portadoras de cloro, el cual se libera por efecto de la luz para reaccionar muchísimas veces (un átomo de cloro destruye 100.000 moléculas de ozono) y por años con el ozono. Un proceso similar fue descubierto en productos a base de bromo llamados bromofluorocarbonos (BFC), el bromo es una sustancia más activa que el cloro en la reacción con el ozono.



Aunque la reducción es muy pequeña en la zona intertropical, en especial si se compara con los altos porcentajes encontrados en los polos, el problema es de orden mundial, los agujeros en la capa de ozono existentes no podrán proteger la tierra de diversas radiaciones que son muy dañinas para la vida, causando la extinción de las especies que habitan la tierra.

La disminución de la capa de ozono trae como consecuencia, un incremento en la intensidad de los rayos ultravioleta solares, que afectan la salud humana. Como consecuencia de las grandes exposiciones solares, se han observado los siguientes efectos:

- Quemaduras de la piel
- Cataratas, con ceguera temporal o definitiva
- Alteraciones del sistema inmunológico
- Cáncer de piel

Hay efectos igualmente en la producción vegetal y acuática, dada la incapacidad de algunas plantas y microorganismos de adaptarse a mayores incidencias de tales rayos y sobre el clima.

Como reacción a esta problemática surgió en 1.985 la Convención de Viena y luego el Protocolo de Montreal en 1.987 ratificados por Colombia, y por ello ha adquirido los compromisos del caso y se está beneficiando de los instrumentos de apoyo de este acuerdo multilateral.

“Proteger la capa de ozono es salvar la vida en la Tierra”. Los clorofluorcarbonos

Desde la entrada en vigor del Protocolo de Montreal, se han visto progresos gigantescos en los esfuerzos mundiales para reparar la capa de ozono. Gracias a ello, hay ahora indicios tempranos de que estamos en camino

de recuperar este precioso sistema de sustentación de la vida.

En la más reciente de una serie de evaluaciones científicas realizadas con los auspicios de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y del Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA), más de 300 científicos de 34 países desarrollados y en desarrollo, han hallado pruebas claras de una disminución de la abundancia de sustancias que agotan el ozono en las capas bajas de la atmósfera e indicaciones de que también ha empezado a disminuir su impacto destructor en la estratosfera.

La mejora de los modelos de las relaciones entre los productos químicos y el clima empleados en las evaluaciones nos ha proporcionado una estimación más fidedigna de las fechas en que se prevé la plena recuperación de la capa de ozono. En las latitudes medias y en el Ártico, se prevé ahora que la recuperación se producirá en torno al 2049, cinco años más tarde de la fecha calculada anteriormente. En la Antártida, se espera que la recuperación tenga lugar hacia 2065, 15 años más tarde que en la estimación anterior.

La labor todavía está inconclusa y únicamente gracias a un empeño persistente durante este siglo nuestra generación y las generaciones futuras cosecharán los beneficios de la plena recuperación de la capa de ozono.

Los países signatarios del Protocolo de Montreal sentaron las bases para la reducción paulatina de la utilización de clorofluorocarbonos (CFCs). En 1.990 se modificó el protocolo al añadirse nuevas sustancias químicas a ser controladas. Afortunadamente los CFCs de uso masivo son muy pocos:

- CFC.12. Usado en la refrigeración comercial y doméstica y como gases propelentes de aerosoles.
- CFC-11. Usado en aires acondicionados de automotores
- CFC-1301. Aislante del calor en espumas de poliestireno y poliuretano

La Resolución 0528/97 de Minambiente, ordenó que todas las empresas hiciesen la reconversión industrial utilizando los gases sustitutos, por ello en el país solo quedan las neveras y aires acondicionados viejos. Los gases sustitutos que son:

CFC-12 fue sustituido por el HFC = gas 134^a
CFC-11 fue sustituido por el HCFC = gas 141b

Otro agente que produce la destrucción de la capa de ozono es el bromuro de metilo, gas utilizado en la actualidad como insecticida y rodenticida en grandes bodegas, aeropuertos etc., y como fungicida en el banano.

La resolución 902/2006 del MAVDT, controla la importación de otras sustancias agotadoras de la capa de ozono, utilizadas a nivel industrial y que hacen parte de las restricciones del Protocolo de Montreal. Las sustancias objeto de dicha resolución son:

CFCs: 13, 111, 112, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, tetracloruro de Carbono y Tricloroetano.

5.3.3 Lluvia ácida

En lugares del mundo donde se han detectado emisiones altas de óxidos de Azufre (SOx) y de nitrógeno

(Nox), por el uso de combustibles fósiles en industrias y transporte, se observado que la lluvia tiene un pH bajo, ya que éstos gases reaccionan en la atmósfera con la humedad para dar los respectivos ácidos, que son depositados sobre la tierra con la lluvia con graves consecuencias sobre los ecosistemas.

Los efectos de la lluvia ácida en los medios físicos son:

En el Agua. Se producen efectos letales en la fauna y flora acuática, con destrucción de la cadena trófica acuática. Acidificación de las aguas subterráneas, y como consecuencia se vuelve corrosiva, además hay aumento de los niveles de sulfatos, de cobre y potasio.

Flora y fauna. Hay destrucción de musgos y líquenes, ya que éstos toman directamente el agua a través de sus hojas. En las aves hay problemas en la reproducción.



Figura 5.3. Formación de la lluvia ácida

En los Suelos. Cambia la química de los suelos al neutralizar sales de calcio y magnesio y por ello gran afectación en el crecimiento de las plantas.

En los Bosques. Hay defoliación de los bosques, debido a que la lluvia ácida moviliza metales de los suelos como el aluminio, cadmio, hierro y manganeso; el aluminio libre es absorbido por las raíces de los árboles produciendo defoliación. Además por escorrentías los metales igualmente pueden pasar a los cuerpos de agua. De todos ellos el de mayor toxicidad para los organismos acuáticos es el aluminio.

En las Ciudades. Hay corrosión de estructuras metálicas de los edificios y monumentos. Pérdida de patrimonio cultural, por ejemplo, en Grecia en los últimos veinte años, los frisos antiguos de mármol se comenzaron a corroer a causa de la lluvia ácida y la contaminación atmosférica.

En los Humanos. Producen irritación del sistema respiratorio, y por ello gran afectación de las personas que sufren enfermedades cardíacas y respiratorias.

5.3.4 Compuestos no degradables

Como su nombre lo indica son compuestos que permanecen por períodos largos en el organismo y en los componentes ambientales, conservando su estructura química y su toxicidad. Por ello, son responsables de varios efectos a largo plazo y desequilibrio ecológico.

Entre estos compuestos figuran, los metales y los llamados compuestos orgánicos persistentes (COP). *Ver capítulo 9*

5.3.5 Materiales radiactivos

Los materiales radiactivos son de gran uso a nivel mundial en medicina, industria, generación de energía, armas y reactores nucleares e investigación.

La problemática mundial es el transporte de estos materiales y la eliminación de sus desechos, ya que su actividad radiactiva permanece por muchos años. Pueden dañar cualquier célula del organismo humano produciendo mutaciones y cáncer. Ver, más adelante Contaminación Radiactiva.

5.3.6 Derrames de petróleo

El 60% del petróleo crudo y sus subproductos se transportan por vía marítima, por ello en los puertos de embarque y desembarque hay derramamiento de estos productos, como por accidentes que han ocasionado graves problemas de contaminación del ecosistema marino *Ver capítulo 8.*

5.4. Problemática ambiental del país

Además de los problemas de orden mundial, el país tiene los siguientes problemas:

- Deforestación
- Fumigación de cultivos ilícitos
- Derrames de petróleo
- Falta de tecnologías limpias y control ambiental en el sector productivo
- Falta de saneamiento básico (acueductos, alcantarillados y rellenos sanitarios eficientes)
- Contaminación de cuerpos de agua
- Contaminación por ruido

5.4.1 Deforestación

La pobreza y la siembra de cultivos ilícitos son los principales causantes de la deforestación en Colombia.

La pobreza hace que talando un árbol y vendiendo la madera se encuentren recursos para subsistir, por otro lado, se han talado más de 2 millones cuatrocientas mil hectáreas de selva para la siembra de cultivos ilícitos, especialmente en la selva tropical húmeda (Amazonía). Como consecuencia de la gran deforestación del país se han presentado graves problemas de erosión de suelos y pérdida de los recursos hídricos.

5.4.2 Fumigación de cultivos ilícitos

La erradicación de cultivos ilícitos por medio de herbicidas, es para el país un grave problema de contaminación ambiental. Aunque se utilicen herbicidas químicos de baja toxicidad por vía aérea, la deriva del químico de las avionetas de fumigación, hace que se destruyan otros cultivos aledaños, pero quizás el mayor problema ambiental, es que mínimas cantidades del tóxico que caen a suelos y a aguas, rompen el equilibrio ecológico al destruir las cadenas tróficas terrestres y acuática.

Como consecuencia, tendremos extensas zonas verdes, convertidas en desiertos.

5.4.3 Falta de tecnologías limpias y falta de control en el sector productivo

Los grandes sectores productivos cuentan en el momento ya con tecnologías limpias y con control efectivo de la contaminación ambiental, el problema es la mediana y pequeña industria, que no cuentan con recursos suficientes para los estudios de impacto ambiental, y para la

puesta en marcha de los mecanismos de control de las emisiones y residuos que generan.

Muchas industrias aun no saben que tipo de contaminantes generan y ni la manera de cómo controlarlos, tampoco implementan planes de gestión sociales para involucrar a la comunidad en la prevención y atención de los efectos que generan. Una industria sin tecnologías limpias genera pasivos ambientales que la sociedad tendrá que soportar a mediano y largo plazo.

Un pasivo ambiental o externalidad negativa es un daño oculto que no ha sido valorado para su reparación.

5.4.4 Falta de acueductos, alcantarillados y rellenos sanitarios

Muchos de nuestros municipios carecen de agua apta para el consumo humano, ni cuentan con rellenos sanitarios para una buena disposición de las basuras que generan.

Por ello varios municipios se han declarado en emergencia sanitaria, ya que éstas carencias hacen que las poblaciones no gocen de las condiciones sanitarias adecuadas para mantener la salud de una población, y en cambio hacen que aparezcan epidemias, como las enfermedades gastrointestinales (cólera y parasitos intestinales), alergias, entre otras.

5.4.5 Contaminación de cuerpos de agua

Los principales centro urbanos del país y del mundo han crecido cerca de aguas continentales y marítimas. La ineficiencia en el cumplimiento de los programas de control de la contaminación de los cuerpos de agua, ha llevado a que nuestros ríos, y demás fuentes de agua

se hayan convertido en cloacas, por los vertimientos industriales, de aguas servidas, como también por las basuras que se arrojan en ellos.

La contaminación del río Bogotá, Cauca, Cali, Magdalena, y demás, es tan grande, que se requieren recursos in calculables para su posible descontaminación. Un ejemplo de degradación de un ecosistema acuático marítimo es la bahía de Cartagena.

De acuerdo a la CAR (2002), el grado de contaminación del río Bogotá es tal, que sus aguas no son aptas para riego, consumo pecuario y actividades recreativas. Con todo eso, la Administración aún permite actividades pecuarias y residenciales en la ronda del Río Bogotá.

5.4.6 Contaminación por ruido

El ruido hace parte de la contaminación atmosférica.

El ruido produce una alteración de las ondas sonoras normales. Cuando el sonido es de gran intensidad y frecuencia (como el que produce el transporte terrestre y aéreo, diversas actividades industriales como la construcción, etc.), al sobrepasar los niveles permisibles (la presión sonora se mide en decibeles. dB), empiezan las primeras alteraciones neurológicas como dolor de cabeza, insomnio, angustia. Pero, es el sistema auditivo el que más se resiente ante una exposición prolongada a una fuente de un ruido, aunque ésta sea de bajo nivel.

El déficit auditivo provocado por el ruido ambiental se llama socioacusia (hipoacusia). Una persona cuando se expone prolongadamente a un nivel de ruido excesivo, nota un silbido en el oído, esta es una señal de alarma. Inicialmente, los daños producidos por una exposición prolongada no son permanentes, sobre los 10 días des-

aparecen. Sin embargo, si la exposición a la fuente de ruido no cesa, las lesiones serán definitivas. La sordera irá creciendo hasta que se pierda totalmente la audición.

No sólo el ruido prolongado es perjudicial, un sonido repentino de 160dB como el de una explosión o un disparo, pueden llegar a perforar el tímpano o causar otras lesiones irreversibles. En las grandes ciudades con un gran parque automotor y en las horas pico, los niveles sobrepasan los permisibles.

Los niveles permisibles de acuerdo al decreto 948/95 del Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial (MAVDT) vienen dados por sectores (Artículo 15), ya que estos varían de acuerdo a las zonas de exposición, por ejemplo, los niveles permisibles en zonas industriales van de 45 a 75 decibeles.

Sector A. (Tranquilidad y Silencio). Áreas de la ciudad donde estén situados, hospitales, guarderías, bibliotecas, sanatorios y hogares geriátricos.

Sector B. (Tranquilidad y ruido moderado). Áreas de parques, escuelas, universidades y colegios.

Sector C. (Ruido intermedio restringido). Zonas industriales y comerciales, oficinas, uso institucional.

Sector D. (Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado). Áreas rurales habitadas destinadas a la explotación agropecuaria, zonas residenciales suburbanas y zonas de recreación y descanso.

Entre las enfermedades ocupacionales que se presentan en el país, la sordera es la segunda en frecuencia, después de los traumatismos de mano.

5.5 Clases de contaminación ambiental

La contaminación ambiental puede ser ocasionada por agentes naturales y sintéticos presentes en el ambiente.

La contaminación natural puede ser originada por agentes como microorganismos, polen, metales, nitratos, gases y partículas producidas por la quema de fósiles, putrefacción de materia orgánica, etc., pero la mayor parte de la contaminación ambiental es antropogénica (producida por el hombre), como es el caso de la contaminación por plaguicidas, fertilizantes detergentes, plásticos, hidrocarburos derivados del petróleo, entre otros.

Los contaminantes naturales y antropogénicos van a los componentes ambientales, aire, aguas y suelos, o sea, los medios de dispersión para luego ir a los organismos receptores como el hombre, fauna y flora.

Teniendo en cuenta la naturaleza del agente contaminante, se distinguen las siguientes clases de contaminación. Ver figura 5.4.

5.5.1 Contaminación biológica

La contaminación biológica propiamente dicha requiere que un microorganismo patógeno (bacteria, virus o protozoario) se encuentre en un sustrato al que no pertenece, o en uno al que sí pertenece pero en concentraciones que exceden a las naturales y que son capaces de producir enfermedades en organismos susceptibles.

Este tipo de contaminación causa altas tasas de morbi / mortalidad, es relativamente controlable por medio de higiene, ingeniería y educación sanitaria. Ver tabla 5.4

Los macro y microorganismos patógenos producen en general enfermedades infecciosas, como los desordenes gastrointestinales, cuyo vehículo principal son el agua y los alimentos.

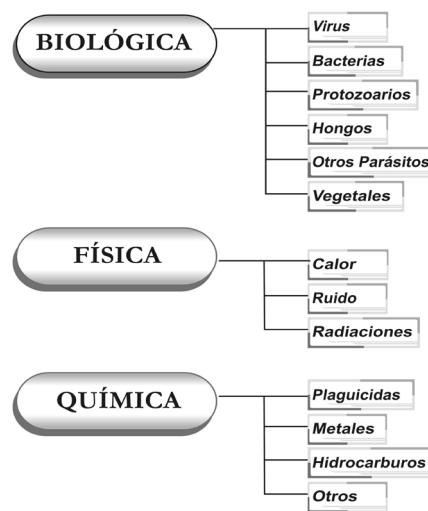


Figura 5.4.
Clases de contami-
nación abien-
tal

5.5.2 Contaminación física

La contaminación física es ocasionada por la presencia en un sustrato dado, de formas de energía que exceden a los niveles básales. La contaminación por ruido, las temperaturas extremas, los campos electromagnéticos y la contaminación radiactiva son algunos ejemplos de dicha contaminación.

5.5.2.1 Temperaturas extremas

Las temperaturas extremas altas y bajas pueden bloquear los procesos biológicos de cualquier organismo. En varios países europeos y americanos mueren miles de personas cuando las temperaturas en verano exceden los 40 grados centígrados, en Rusia en las épocas de invierno la temperatura llega a -55°C y, a éstas

temperaturas y sin la debida protección, hay congelamiento de las extremidades, no hay circulación de la sangre, los tejidos mueren, por lo cual hay necesidad de amputar los órganos afectados.

Bacterias	Coliformes, estafilococo, salmonela
Vírus	Cólera, hepatitis A, Ebola, Hantang, Nilo
Hongos	Muchas especies que afectan la piel
Protozoarios	Amebas y Giardias
Parásitos	Lombrices y sus huevos, gusanos, tenia, fasciola hepática
Pólen	Lo producen varias especies de gramíneas y es productor de alergias (asma).
Algas (elodea.buchon)	Producen eutrofificación

Tabla 5.1 Algunos organismos presentes en el aire, agua y alimentos productores de enfermedades y problemas ambientales

5.5.2.2 Contaminación por ruido. Ver, Problemas Ambientales del País

5.5.2.3 Contaminación electromagnética

La contaminación electromagnética es un grave problema de salud pública, ya que existe una evidente preocupación social por los efectos de la exposición a los campos electromagnéticos (CEM), en la salud pública. Ello se debe al rápido crecimiento de las tecnologías, la falta de información rigurosa, y por una percepción del riesgo distorsionada.

De la mano del desarrollo tecnológico va el aumento de la población expuesta a la contaminación electromagnética no ionizante, por la creciente expansión de la telefonía celular, antenas de radio y TV, electrodomésticos, redes eléctricas de alta tensión y domiciliarias, redes de microondas, redes satelitales, subestaciones eléctricas y transformadores, entre otras.

La legislación existente es escasa, ineficiente y poco difundida, esto, sumado a las presiones por parte de la industria de telecomunicaciones, tornan más peligrosa esta situación cargada de riesgos e incertidumbres. Hay evidencias epidemiológicas de exposiciones prolongadas a CEM de baja intensidad con efectos potencialmente nocivos, no obstante numerosos científicos aun no admiten esa posibilidad.

La controversia se explica por la alta variabilidad biológica de la población expuesta, y a otros factores como el tiempo de exposición, la intensidad de los CEM y a la susceptibilidad de cada individuo.

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes y no ionizantes son diferentes, debido a los mecanismos de interacción con los tejidos vivos.

La ionización es un proceso de desplazamiento de electrones de átomos y moléculas, generando cambios moleculares capaces de lesionar tejidos, incluyendo efectos en el material genético (ADN).

Las radiaciones no ionizantes no son capaces de romper uniones atómicas incluso a intensidades altas. No obstante, pueden ceder energía suficiente como para producir efectos térmicos (de calentamiento), tales como los inducidos por las microondas.

Además las radiaciones no ionizantes intensas, de frecuencias bajas pueden inducir corrientes eléctricas en los tejidos afectando células sensibles como pueden ser las células musculares o nerviosas.

Si la exposición es de 30 minutos a de 300 Ghz (un hertz es la unidad de la frecuencia.

La frecuencia es el número de ondas electromagnéticas que pasan por un determinado punto en un segundo) como sucede con las antenas de telefonía móvil o transformadores de alta potencia, se ha podido observar la aparición de efectos cardiovasculares, efectos sobre el SNC, quemaduras de piel, aumento de la temperatura en los tejidos nerviosos. Las microondas, pueden producir perdida de la audición y un estímulo en las células nerviosas y a nivel muscular. Ver capítulo 1.

5.5.2.4 Contaminación radiactiva

La historia de la radiactividad y sus efectos empieza en el mundo a partir de 1945, por el empleo de la bomba atómica por parte de los americanos en Hiroshima cuyo material radiactivo utilizado fué el uranio y, en la de Nagasaki se utilizó plutonio.

Los compuestos radiactivos se caracterizan por poseer núcleos atómicos inestables que emiten partículas sumamente cargadas de energía capaces de alterar otros átomos. Las radiaciones son emisiones espontáneas en forma de rayos, partículas u ondas de una fuente radiactiva.

Las fuentes radiactivas son, núcleos de átomos, los cuales han sido bombardeados en un reactor nuclear para cambiar el número de neutrones del núcleo sin cambiar el número de protones para convertirlos en

radionucleidos (o radionúclidos). El número de los electrones de la periferia permanece igual, por ello, los radionucleidos cambian las propiedades físicas, pero permanecen las propiedades químicas, son también, llamados isótopos radiactivos.

Así el Carbono-12 pasaría a Carbono-14 con 2 neutrones más que el normal, el hierro tiene 10 isótopos radiactivos (Fe-52,61.....)

El hidrógeno tiene 2 isótopos radiactivos, el H-2 o deuterio y el H-3 o tritio.

Las radiaciones emitidas por los radionucleidos son partículas alfa, beta, gama, que tienen diferente grado de penetración en la materia, que es lo que le da la potencia radiactiva.

Las partículas alfa, son partículas pesadas y fuertemente cargadas por ello no pueden penetrar la materia, es decir su capacidad de penetración es pobre, solo alcanzan en el organismo la capa queratinizada de la piel y por tanto no ofrecen peligro significativo, como es el caso del plutonio y el Helio.

Las partículas beta, tienen la capacidad de penetración de 1 centímetro, o sea que son de gran riesgo para los tejidos superficiales, y con las partículas alfa el riesgo puede ser por inhalación o por ingestión.

Ejemplos, el Carbono-14, el Yodo-131,134.

Las partículas gama y los rayos X no tienen masa, y se propagan en forma ondulatoria y su alcance o poder de penetración es hasta 100 mts. Atraviesan el cuerpo humano, paredes y cualquier barrera, por ello son las de mayor peligro.

Ejemplos, Cobalto-60, Estroncio 90 y todos sus isótopos, Cesio-137, Amerilio-Berilio-241(Utilizado para la detección de pozos petroleros).

Fuentes de contaminación radiactiva

La humanidad está expuesta permanentemente a la radiactividad natural a través de los rayos cosmogénicos de la alta atmósfera, formados a partir del C12 e H2 que pasan por la irradiación solar a C14 e H3 (tritio); la corteza terrestre contiene elementos radiactivos como el K40, U238, Th232. Últimamente, el radón es la sustancia radiactiva que está recibiendo mayor atención porque, de manera natural, se encuentra en varios sitios; se filtra desde las rocas y la tierra que subyacen a los edificios y también emana de los materiales de construcción hechos de roca, como el cemento, la argamasa y las tablas de yeso.

Además de la radiactividad natural, el hombre está expuesto a radiaciones procedentes de fuentes radiactivas usadas en la medicina nuclear (fuentes de cobalto 60 y Rayos X) o a radiaciones procedentes de las explosiones nucleares, y a las usadas en la industria e investigación que pueden generar efectos nocivos prontos y tardíos.

El plutonio, el radio, el estroncio, el tritio y el uranio son igualmente capaces de causar toxicidad radiactiva. Todas estas sustancias presentan problemas de exposición para los trabajadores de las minas y de las plantas de extracción. Asimismo, las máquinas de rayos X, los televisores, y los microscopios electrónicos, los detectores de pozos petroleros, los detectores de humo, los pararrayos son algunos entre varios dispositivos mediante los cuales el público general está expuesto a la radiación ionizante.

El motivo primordial para la oposición a la energía nuclear, reside en su potencial para generar problemas de exposición radiactiva, además es muy costosa. Algunos usos de los compuestos radiactivos son:

- Pruebas y explosiones nucleares
- Reactores nucleares y centrales nucleares para la producción de energía
- Usos en medicina, odontología, Industria e investigación

El mayor problema que se presenta en el mundo, es el manejo de los residuos radiactivos, ya que la radioactividad desaparece por desintegración espontánea del núcleo, que puede variar en un rango amplio de tiempo, pueden ser unos años a miles de años.

Por ello deben transportarse con la máxima seguridad a un depositario. Los países desarrollados como Inglaterra, Francia y Alemania tratan los residuos radiactivos sólidos y líquidos compactándolos en bloques de cemento, para luego llevarlos al depositario, o devolverlos al país que pago para su tratamiento. En el país, igualmente los residuos radiactivos procedentes de entidades de salud deben ser compactados en cemento.

Efectos

Dañan cualquier célula que tocan, aunque hay órganos y tejidos sensibles a las radiaciones entre ellos figuran:

- Médula ósea
- Células germinales
- Tejido linfático
- Cristalino

Los efectos pueden ser pronto o inmediatos como la aparición después de la exposición de náuseas, vómitos, malestar general, caída del cabello. Los efectos tardíos son los genotóxicos, es decir la aparición de cáncer en la sangre (Leucemia), cáncer de piel, óseo, pulmonar, seno, útero, etc.

5.5.3 Contaminación química

Los últimos decenios se han caracterizado por el incremento mundial del riesgo que representan las sustancias químicas como consecuencia de la rápida proliferación de procesos tecnológicos modernos.

Desde inicios del pasado siglo hasta el presente, se han sintetizado en laboratorios, alrededor de 11 millones de compuestos químicos, de los cuales, según el inventario Europeo de Sustancias, el 10% (110.000) se producen comercialmente en cantidad cercana a los 400 millones de toneladas al año. Se estima además que cada año ingresan al mercado entre 6 mil de nuevos productos.

En los Estados Unidos se usan más de 70.000 productos químicos diferentes en la industria, la agricultura y el hogar, y este número se está incrementando. No es posible evitar el contacto con algunos de esos agentes químicos mientras realizamos nuestras actividades diarias. Están en todas partes: en la ropa que vestimos, en los medicamentos que usamos, en los edificios en que vivimos y trabajamos, en los alimentos que consumimos, en el aire que respiramos. Desde luego, no todos los 70.000 o más productos químicos que existen son tóxicos para los seres humanos, aunque muchos sí lo son. Por ejemplo, de los casi 80 elementos químicos clasificados como metales, aproximadamente 30 se encuentran entre los compuestos que perjudican a los seres humanos.

El riesgo para la salud de un determinado producto está dado por su toxicidad y la exposición. Sólo unas pocas partes por billón de un tóxico conocido como Dioxina, por ejemplo, puede ser suficiente para ocasionar riesgos graves a la salud luego de una corta exposición; en contraste, sólo dosis muy altas del óxido de hierro o el carbonato de magnesio causan problemas.

5.5.3.1 Desastres químicos ocurridos en el mundo

Recordemos algunos de los más de 200 accidentes químicos producidos entre 1.970 y 2000 ocasionados principalmente en incendios, explosiones y transporte:

La enfermedad de Minamata, un trastorno neurológico crónico, producida por pescado contaminado con metimercurio cobraba ya en Japón a comienzos de la década del 90, 2.248 casos de enfermedad de los cuales 1.004 habían fallecido. Pero este país no es el único que ha reportado contaminación severa con mercurio; también se encuentran en situación similar países como Canadá, Suecia y Estados Unidos en los años siguientes.

La fuga de amoníaco en Dakar fue responsable de la muerte de más de 50 personas (1997).

En 1.976 una explosión en la empresa de Químicos ICMESSA en Seveso, Italia ocurrida al producir triclorofenato de sodio liberó 2 Kg. de dioxina afectando a 200 personas. El costo directo estimado del accidente ascendió a US \$250 millones.

En 1.984 se presenta una emisión de 30 toneladas de metilisocianato en la planta de la Unión Carbide en Bopal, India.

El accidente se presentó como resultado de las pobres condiciones de seguridad incluyendo los sistemas de alarma y preparación de la comunidad para emergencias. Murieron 2.800 personas y 20.000 presentaron trastornos oculares y respiratorios.

El costo estimado del accidente se ha calculado en US \$3 billones.

El incendio en Basilea, Suiza en 1.986 en un almacén de la Compañía Sandoz, de 1.300 toneladas de 90 químicos diferentes. Buena parte de las sustancias se destruyeron durante el incendio, pero grandes cantidades contaminaron el aire, el Río Rhin y el suelo; los químicos que llegaron al río se han estimado en 30 toneladas y el costo del daño causado por este accidente ascendió a US \$50 millones.

Para inicios de la década de los 90, operaban en 24 países 423 reactores nucleares de los cuales 112 se encuentran en Estados Unidos. Durante su operación se presentan accidentes de rutina, 1 evento año/reactor).

El reporte de accidentes surge en 1.980 pero ha existido un importante subregistro; se espera que con la adopción en 1.986 del convenio de notificación inmediata de accidentes nucleares dicha situación mejore.

El accidente en la Central Nuclear de Chernobil en Ucrania URSS en 1.986 es el más grave ocurrido hasta la fecha. Las rápidas explosiones y el incendio durante 10 días facilitaron la dispersión de gran cantidad de más de 30 radionúclidos de gran importancia biomédica entre ellos el Estroncio 90, el lodo 131 y el Cesio 137 hacia Europa Central y Occidental y en trazas al hemisferio Norte.

Como resultado del accidente 30 trabajadores murieron, uno de ellos durante la explosión y los otros posteriormente por quemaduras; además 209 tuvieron alta exposición a las radiaciones presentando manifestaciones clínicas importantes, además se ha seguido detectando un incremento significativo de leucemias, malformaciones congénitas y cáncer de tiroides.

En la Región de Bielorusia especialmente expuesta a las secuelas de la radioactividad la incidencia anual de cáncer de tiroides (patología infantil en principio rara), se ha multiplicado por diez y en algunas regiones próximas a la Central nuclear, por sesenta.

La enfermedad se manifiesta por la aparición de bocio y nódulos en el cuello. Los niños están particularmente expuestos ya que en el momento del accidente su tiroides captó importantes cantidades de Yodo 131 desprendido por el incendio de la Central Nuclear.

Las costas de Francia, Alaska y España contaminadas por petróleo a raíz de los naufragios del Amoco, El Exxon Valdez y el Prestige con derrames grandes de crudo y de sus subproductos han contaminado hasta tal punto, que es imposible resarcir los ecosistemas marinos involucrados.

Los ríos tributarios del Danubio (Antigua Yugoeslavia y Rumanía. 2001), fueron contaminados cianuro (varias toneladas), utilizado para la extracción del oro. Los niveles de cianuro en dichos ríos fueron tan altos, que la recuperación de su biota se hará en varios años.

La mayor parte de los químicos que se emplean no han sido adecuadamente analizados para determinar su toxicidad. Un estudio realizado recientemente por el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos

encontró que tan sólo para el 2% de las sustancias producidas comercialmente existe suficiente información para poder realizar una completa evaluación de riesgos para salud y que para el 14% existe información para una evaluación parcial.

Un hecho de especial importancia que se ha dado en los últimos años tiene que ver con la evaluación toxicológica de las sustancias la cual se hacía tan solo mediante el estudio de la toxicidad aguda en animales inferiores. Actualmente ya en algunos países además de ésta, se incluyen aspectos tan importantes como la toxicidad crónica especialmente referida a mutagenicidad, teratogenicidad, poder cancerígeno, neurotoxicidad, efectos sobre la reproducción y además las posibilidades terapéuticas en caso de intoxicación y la persistencia y daños en el ambiente.

La contaminación por sustancias químicas no compromete tan sólo a los trabajadores sino a la comunidad en general. En efecto, muchos tóxicos son liberados al ambiente como resultado de la aplicación humana, tal es el caso de los plaguicidas, los fertilizantes y los solventes e indirectamente a través de actividades tales como la minería, los procesos industriales, la incineración y el uso de combustibles.

Muchas sustancias no permanecen confinadas cerca al sitio donde fueron emitidas sino que se dispersan contaminando ampliamente el ambiente tal como sucede con los bifenilos policlorinados (PCB), el DDT, el mercurio, el plomo y otros metales y el hexaclorociclohexano.

Ya más recientemente se han demostrado los terribles efectos de los clorofluorocarbonos y otros químicos sobre la capa de ozono permitiendo la filtración en exceso

de la radiación ultravioleta B, la cual puede ocasionar cáncer de piel, cataratas y alteraciones en el sistema inmunológico.

Los contaminantes químicos están en nuestro entorno, mas no todos afectan la salud humana



5.5.3.2 Mayores contaminantes químicos del país

Los mayores contaminantes del país son:

- Gases y partículas emitidas por fuentes fijas y móviles (transporte e industrias)
- Plaguicidas
- Metales y asbestos
- Solventes e hidrocarburos del petróleo
- Plásticos
- Jabones y detergentes

5.5.3.3 Industrias y sectores no manufactureros que producen mayor contaminación ambiental

Según la EPA (Environmental Protection Agency, 2003), las industrias que contribuyen en mayor grado a la contaminación ambiental son:

- La industria química
- La industria del transporte
- La industria que extrae, funde y refina metales ferrosos y no ferrosos
- La industria del petróleo

Industria química

La Industria química es la responsable del 70% de la contaminación ambiental en el mundo (EPA, 2003), debido al uso masivo de éstas sustancias a través de más de 7 millones de productos comerciales, tales como medicamentos, plaguicidas, fertilizantes, plásticos, jabones y detergentes, pinturas. Solventes y combustibles, etc.

Industria automotriz o vehicular

Esta industria es la responsable de la emisión del 60% de los contaminantes del aire gases y partículas), por el uso de combustibles como la gasolina y diesel.

Las fuentes fijas o emisiones industriales contribuyen con el 39% de los más de 4 millones de toneladas de contaminantes atmosféricos emitidos por año. Ver capítulo 7.

Industria de extracción, refinamiento y fundición de metales

La contaminación ambiental con metales se produce a través de:

La extracción de metales de minas, genera gran contaminación de suelos, ríos, problemas de sedimentación e inhabilitación de terrenos aptos para los cultivos (socavones).

La contaminación de los suelos y ríos no solamente es con metales, sino con sustancias de alta toxicidad utilizadas para su extracción, como son el cianuro y el mercurio elemental.

Industrias de hierro y acero. Un ejemplo de éstas son las siderúrgicas por la gran cantidad de emisiones que producen especialmente de partículas.

Industrias metalúrgicas y metalmecánicas (automotores, tractores, grandes piezas), generan gran cantidad de residuos metálicos peligrosos como, polvos, humos, escorias metálicas.

Industria del petróleo

Esta industria produce contaminación del ambiente, especialmente de los ecosistemas terrestres y acuáticos a través de:

- La extracción del crudo y su refinación.
- Embarque y desembarque del crudo o de sus productos.
- El transporte
- Por destrucción de oleoductos

Los derrames de petróleo crudo se ha convertido en otras de las causas de contaminación hídrica del país, en especial de los cuerpos de agua léticos (ciénagas) y con poco flujo de agua (arroyos y caños).

Las áreas más afectadas han sido las regiones del medio y bajo Magdalena (Cesar, Santander y Sucre); la región de Arauca y Catatumbo, en donde el control no ha sido efectivo por tratarse de zonas montañosas y quebradas.

A nivel orbital, igualmente, se calcula que el 60% de la producción mundial es transportado por vía marítima y de esto el 0,1% es derramado en el mar, ocasionando graves problemas para los organismos acuáticos y los otros ecosistemas involucrados. Ver capítulo 8.

5.3.3.4 Sustancias químicas peligrosas

El país no cuenta en el momento con una reglamentación para sustancias químicas a excepción de los plaguicidas. Hay sustancias que se tienen como peligrosas por el gran riesgo que representan para la salud y el ambiente. Se trata de aquellas sustancias que por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas, pueden causar daño a la salud humana y al ambiente.

Las Naciones Unidas. ONU, ha clasificado a las sustancias en 9 clases de peligro, especialmente para su transporte y almacenamiento, dicha clasificación es utilizada por la Asociación Internacional para el transporte por vía aérea de mercancías peligrosas. IATA.

Las clases de peligro vienen identificadas por números. Ver tabla 5.2. Además, cada clase puede tener subclases. Cada clase de peligro es identificada a nivel mundial por un símbolo de peligro.

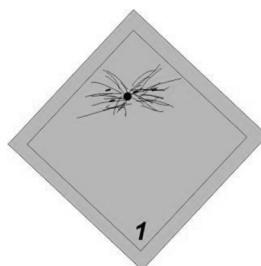
Clase de las Naciones Unidas	Características peligrosas
1	EXPLOSIVOS
2	GASES: comprimidos, licuados o disueltos bajo presión.
3	LÍQUIDOS INFLAMABLES
4	SÓLIDOS INFLAMABLES: sustancias diferentes a las explosivas, sujetas a combustión espontánea, sustancias que en contacto con el agua, emiten gases inflamables.
5	SUSTANCIAS OXIDANTES: peróxidos orgánicos
6	TÓXICOS (VENENOS) Y SUSTANCIAS INFECCIOSAS
7	SUSTANCIAS RADIACTIVAS
8	CORROSIVOS
9	OTRAS SUSTANCIAS PELIGROSAS: sustancias con efectos retardados o crónicos; sustancias ecotóxicas (bioacumulables o tóxicos en los sistemas bióticos), otras.

Tabla 5.2 Clases de peligro y sus características. ONU

Descripción de las clases de peligro y sus respectivos símbolos

Clase 1. Explosivos

Son sustancias que tienen una descomposición química violenta con generación de detonación, incendio y gases tóxicos. Ejemplos, dinamita, TNT, pólvora.

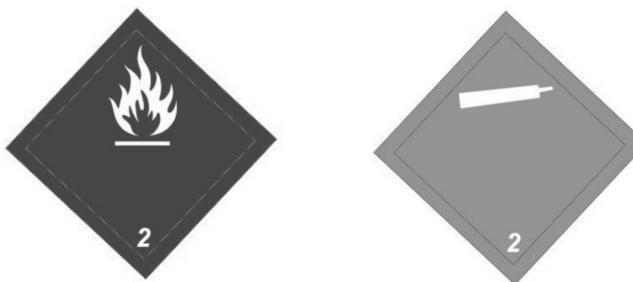


Clase 2. Gases

Los gases generalmente se transportan en cilindros metálicos presurizados.

Pueden incluir gases inflamables, no inflamables y tóxicos.

- 2.1 gases inflamables, como el gas propano y el acetileno,
- 2.2 gases no inflamables pero asfixiantes, como el Hidrógeno y el butadieno y,
- 2.3 gases tóxicos, por ejemplo, los gases que son corrosivos como el bromuro de metilo, cloro, ácido fluorhídrico.





Clase 3. Líquidos inflamables

Son líquidos que emiten vapores inflamables cuando se exponen a temperaturas bajas. Un manejo incorrecto podría causar escape de vapores. Ejemplos, solventes, alcoholes, pinturas, tiner, gasolina



Clase 4. Sólidos inflamables

Son sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea o causar incendio a través de la fricción Ejemplos, nitrocelulosa, fósforo, azufre, parafina.



Clase 5. Sustancias comburentes

Son las sustancias que pueden causar o facilitar la combustión de otras sustancias. Añaden oxígeno para alimentar un incendio y producir una combustión más rápida. Estas Sustancias nunca se deben almacenar o cargar cerca de artículos inflamables. Ejemplos, nitratos de amonio, clorato de potasio, permanganato de potasio.

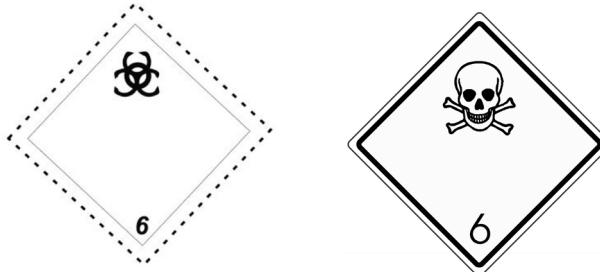


Clase 6. Sustancias tóxicas e infecciosas

En la clase 6 figuran las sustancias tóxicas y las infecciosas:

6.1 Incluyen sustancias venenosas que se pueden inhalar, ingerir o absorber a través de la piel. Ejemplos, insecticidas organofosforados, cianuro, fenoles.

6.2 Incluyen sustancias patógenas, que pueden producir una enfermedad infecciosa en humanos y animales. Ejemplos, alimentos contaminados con virus y bacterias.



Clase 7. Sustancias radiactivas

Esta clase incluye las sustancias que emiten radiaciones, que pueden ser nocivas para los seres humanos y animales a causa de una sobreexposición. Ejemplos, desechos radiactivos procedentes de su uso en Medicina nuclear.



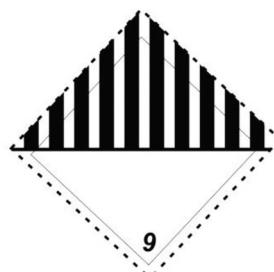
Clase 8. Sustancias corrosivas

Son sus sustancias líquidas y sólidas que pueden destruir los tejidos vivos o tener un severo efecto abrasivo en los metales. Ejemplos, soda, potasa, ácidos fuertes.



Clase 9. Sustancias peligrosas diversas

Incluye las sustancias con múltiples efectos, irritantes, nocivas para el ambiente, con efectos a largo plazo. Ejemplo, PCB, detergentes.



Sustancias de gran peligrosidad

La Agencia de registro de sustancias tóxicas y enfermedades. ATSDR / E.E. U.U - 2005, ha seleccionado a 25 sustancias de gran peligrosidad por su toxicidad y, que además son de uso común. Ver anexo 2.

Las Naciones Unidas a través de su Programa para el Ambiente. PNUMA, ha seleccionado un grupo de sustancias o materiales potencialmente tóxicos. Si estas sustancias son componentes de los residuos sólidos, se convertirán en residuos peligrosos para la salud humana y ambiente. Ver anexo 6.

Sustancias productoras de graves accidentes en el Mundo

La EPA ha identificado sustancias productoras de graves accidentes en el mundo, por sus propiedades (gases y líquidos volátiles) por el volumen de producción y su gran y utilización. Ver tabla 5.3

Su peligrosidad es debida en parte, a su estado físico ya que son gases o líquidos volátiles, por lo cual su vía de ingreso al organismo es la más rápida “la inhalatoria”.

Tabla 5.3
Sustancias
productoras de
graves accidentes
en el Mundo.
EPA.2004

Acido Fluorhídrico
Amoníaco
Cianuro
Cloro
Gas fosgeno
Metilisocianato
Óxidos de Azufre

5.6 Bibliografía

- CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTIO. US-CDC. National Report on Humans Exposition to Environmental Chemicals. Segundo informe 2005.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY US. Desastres ambientales. Research Triangule Park. Carolina del Norte, 2000.
- _____ Sectores Industriales que Producen Gran Contaminación Ambiental. Research Triangule Park. Carolina del Norte.1990.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DISTRITAL. Documento técnico del Plan Maestro de Telecomunicaciones 2005-2015; Consultor: Ing. JOSUÉ MANUEL ACOSTA GONZALEZ, Versión Final, Bogotá, DAPD, Octubre 2005. pp. 137 y ss.

- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION “IC-NIRP”, Aproximación general para la exposición a la radiación no ionizante, 2000, pp. 6 y 7. Disponible en www.icnirp.org.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION “IC-NIRP”, Directrices para limitar la exposición a los campos eléctricos magnéticos y electromagnéticos de tiempo variable (hasta 300 ghz); (Comisión Internacional sobre la Protección contra la Radiación no Ionizante). Disponible en www.icnirp.org.
- LAVE, L.B. and UPTON, A.C. eds, Toxic Chemicals, Health and the Environment. The Johns Hopkins University, Baltimore, 1987.
- LIPPmann, M. and SCHLESINGER, R.B. Chemical Contamination in the Human Environment. Oxford University. New York. 1989.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL AMBIENTE. PNUMA. Chemical United Nations Environment Program Chemical Pollution. A. global Overview. Geneve, 1992.
- PNUMA. World Resources. Geneve, 1993.
- RODRICKS, J. V. et AL. Elements of Toxicology and Chemical Risk Assessment. Ed. Elsevier Publishing, Co. New York. 1988.
- SAWYERS, C. N. Basic Concepts of Eutrophication. Res. J. water Pollut. 38, 737:751, 1996.

- VEGA, S. Evaluación epidemiológica de los Riesgos causados por Agentes Químicos Ambientales. Centro Panamericana de Ecología Humana. OMS. Metepec, México 1986.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. Guidelines on Studies in Environmental Epidemiology. Environmental Criteria 27. Geneve.1983

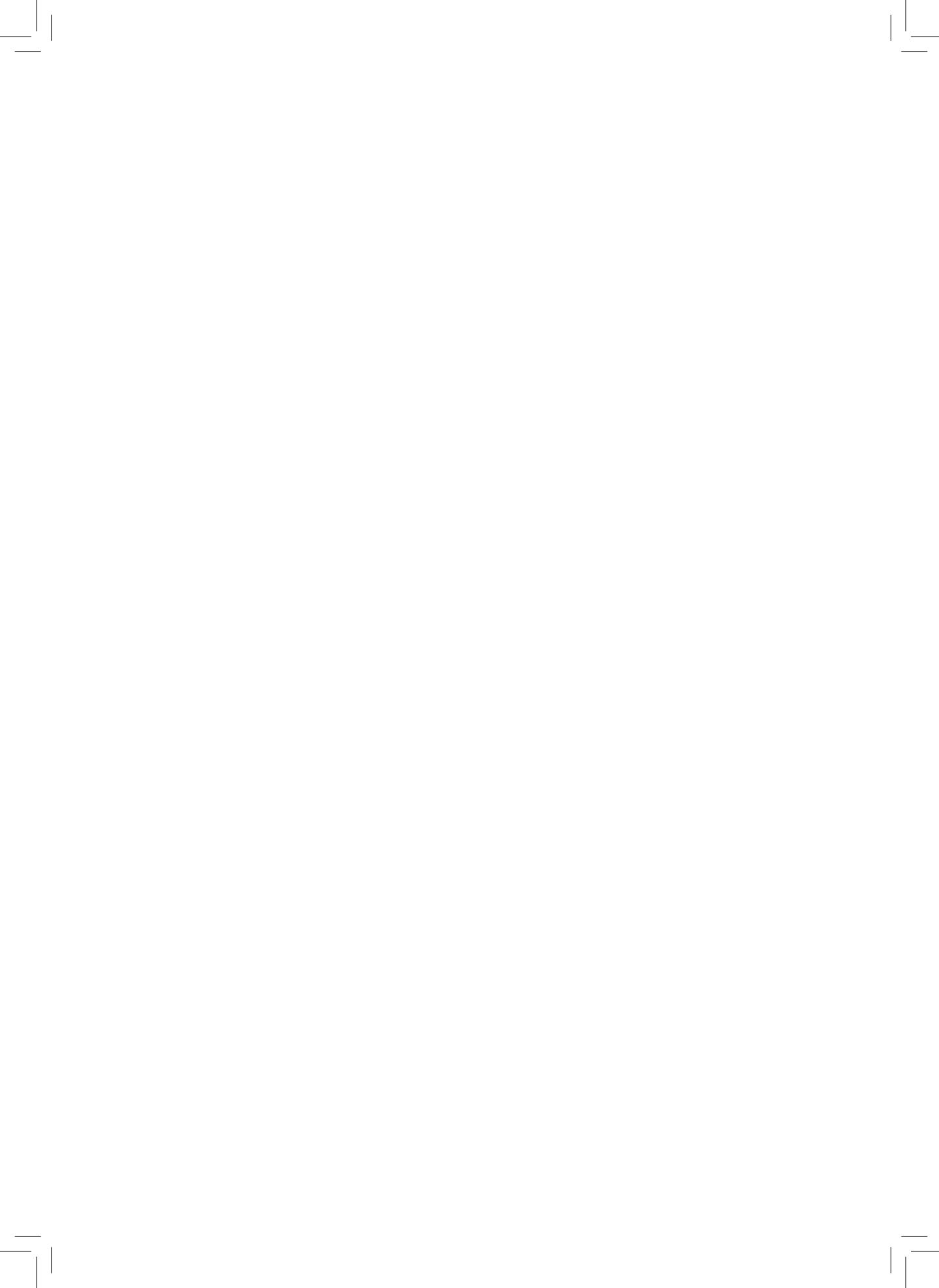


CAPÍTULO

6

RIESGO

AMBIENTAL



Riesgo ambiental es la probabilidad de que un efecto nocivo ocurra, en la salud humana o en los organismos expuestos a un contaminante o contaminantes.

El riesgo ambiental tiene dos componentes:

$$\boxed{\text{Riesgo} = \text{peligro} \times \text{exposición}}$$

Peligro. Es la capacidad inherente de un contaminante de producir un efecto adverso en las condiciones de exposición.

Exposición. Es la medida del contacto entre el contaminante y el componente ambiental.

Una definición de riesgo ambiental algo más específica lo describe como la probabilidad de que ocurra un efecto adverso a nivel individual o poblacional, por la exposición a concentraciones elevadas o por dosis específicas de un agente ambiental peligroso.

6.1 Evaluaciones del riesgo ambiental

La evaluación del riesgo ambiental es un proceso que permite reconocer sobre bases científicas la probabilidad de que un efecto adverso se produzca en los organismos presentes en los componentes ambientales expuestos a diferentes contaminantes.

La evaluación del riesgo analiza las propiedades tóxicas de los contaminantes y las condiciones de exposición humana o, de los organismos ambientales, para cerciorarse de la posibilidad de que los individuos expuestos desarrollen efectos adversos como para caracterizar la naturaleza de los efectos que puedan presentar.

Todos los estudios de un impacto ambiental producidos por los contaminantes están basados en la evaluación del riesgo.

Los estudios ambientales que definen un daño en los ecosistemas o en los organismos presentes en ellos, comprenden:

- El ingreso de los contaminantes en el medio físico con su distribución, sus interacciones y transformaciones abióticas. Incluyen los estudios de la química y destino ambiental.
- El ingreso de los contaminantes en el medio biológico, es decir, en las cadenas biológicas, alimentarias etc. Incluyen los estudios toxicológicos y ecotoxicológicos.
- La evaluación de los efectos nocivos sobre los organismos vivos, con las deducciones epidemiológicas y profilácticas. Incluye el conocimiento de parámetros y rangos para la definición del riesgo ambiental.

Los estudios ambientales prioritarios a nivel mundial contemplan las características de los contaminantes que más afectan a los ecosistemas involucrados, tales como:

- Persistencia del contaminante en el aire, agua, sedimentos y suelos.
- Acumulación del contaminante en organismos vivos y alimentos.
- Toxicidad aguda, subcrónica y crónica. Es decir, que tengan un efecto nocivo grave que ponga en peligro la vida, que no tenga tratamiento médico, o que sea causante de una lesión de naturaleza irreversible (cáncer, fibrosis pulmonar).

- Que estén presentes en los componentes ambientales en concentraciones por encima de las permisibles.

Según la EPA los pasos a seguir en la evaluación del riesgo ambiental son:

1. Identificar el peligro del contaminante

Incluye la recolección y evaluación de la información de los efectos agudos, crónicos y a largo plazo que producen los contaminantes sobre los organismos terrestres y acuáticos.

2. Evaluación de la Dosis - Respuesta o Concentraciones-Respuesta

De los estudios de toxicidad aguda y crónica efectuados en organismos terrestres y acuáticos, se toman los parámetros y rangos de toxicidad tales como las DL50, CL50, CE50, CI50, NOEL, NOEC, para averiguar la potencia tóxica del contaminante.

3. Evaluación de la exposición que comprende:

Niveles o concentraciones del contaminante en el componente ambiental a evaluar.

Propiedades fisicoquímicas del contaminante que definen el destino o transporte ambiental.

4. Características de la población expuesta

Integrando estos tres pasos de la exposición se obtiene la caracterización del riesgo o impacto potencial, que será probabilidad de que los organismos expuestos puedan sufrir un efecto nocivo, de gran utilidad para

las medidas preventivas o correctivas necesarias. Para la evaluación del riesgo ambiental de cualquier contaminante, se deberán evaluar los efectos adversos de la sustancia y la exposición.

Evaluación de los efectos

La evaluación de los efectos o el peligro, requiere evaluar:

- Los efectos adversos en humanos.
- Los efectos adversos en los organismos indicadores de la contaminación en ecosistemas terrestres y acuáticos.

6.1.1 Evaluación toxicológica para humanos

En general, los estudios toxicológicos destinados a la obtención de datos sobre toxicidad: aguda, subcrónica y crónica; y de los efectos a largo plazo, servirán para la predicción de la supervivencia de los organismos vivos en un medio contaminado.

En el capítulo 3 figura la evaluación de los efectos adversos en humanos realizada a través de pruebas de laboratorio utilizando mamíferos (ratas).

Los datos sacados de estos estudios servirán para tener un diagnóstico inicial de la toxicidad del contaminante ambiental y además, los datos de las pruebas de toxicidad aguda y crónica, serán los mismos para los mamíferos de vida silvestre.

Con base en la información toxicológica se identificarán los riesgos más significativos según: la probabilidad de la ocurrencia, naturaleza del riesgo, población,

organismos y recursos afectados, severidad del efecto e importancia ecológica.

Los datos de toxicología humana necesarios para la evaluación inicial del peligro que representa el uso de una sustancia son:

Datos de toxicidad aguda, DL50 oral y dérmica, CL50 inhalatoria y los índices de irritación ocular y dérmica, necesarios para evaluar si la sustancia tiene efectos agudos o letales.

Identificación de parámetros críticos sacados de las pruebas de toxicidad subcrónica y crónica, necesarios para conocer cual es el órgano afectado, las alteraciones bioquímicas, si se presenta acumulación o formación de tumores.

Valores límite para niveles no efecto adverso observado (NOAEL) y niveles mínimos con efecto adverso observado (LOAEL), estos niveles son útiles para averiguar la Ingesta Diaria Admisible (IDA), al dividirse por un factor de seguridad (que generalmente es 100) dan los niveles del contaminante que consumido toda la vida, no tiene riesgo para la salud.

Para sustancias que tienen el riesgo de inhalarse, es necesario conocer las concentraciones no efecto adverso observado (NOAEC), para que al dividirse por un factor de seguridad, en las concentraciones de la sustancia, para que si inhalada por toda la vida, no produzca ningún riesgo para la salud.

Además, se debe considerar lo siguiente:

Efectos a largo plazo. Identificación de parámetros críticos tales como los efectos en la reproducción, efectos

neurotóxicos, respiratorios, hepáticos, renales, entre otros.

Dosis de referencia (RfD) o ingesta diaria aceptable. Sirve para proteger al consumidor de alimentos que llevan residuos de contaminantes.

Estudios epidemiológicos. Los datos sobre efectos tóxicos producidos en intoxicaciones o por exposición ocupacional, servirán para el diagnóstico de la toxicidad de la sustancia.

6.1.2 Evaluación toxicológica para organismos ambientales

La evaluación ecotoxicológica de los contaminantes se efectúa con los datos de estudios de los efectos adversos producidos en organismos indicadores de la contaminación en ecosistemas terrestres y acuáticos.

Los estudios de toxicidad realizados en organismos terrestres y acuáticos sirven para predecir la supervivencia de dichos organismos en ambientes contaminados.

Todas las evaluaciones sobre la toxicidad de un contaminante ambiental se realizan en el laboratorio utilizando animales y otros organismos que han sido previamente seleccionados por entidades internacionales (EPA, OMS, FAO, EEC) y que obedecen a ciertos criterios:

Susceptibilidad de las especies al contaminante y al efecto que se busca, además que sean representativas del ambiente de exposición.

Deben ser de la misma especie, sexo, peso, edad y tamaño.

Tener un tiempo de vida adecuado especialmente para los estudios de efectos a largo plazo, con un ciclo de pubertad y gestación rápida.

Además, todas las pruebas deben ser realizadas con lineamientos aceptados por los organismos internacionales y de acuerdo con principios de las buenas prácticas de laboratorio (normas GLP).

Solamente los estudios de ecotoxicidad aguda, son requeridos para todos los contaminantes, los otros pasos de evaluación de efectos son definidos por:

- Hallazgos en los estudios de toxicidad aguda
- La magnitud de la exposición (propiedades, destino, concentraciones ambientales)
- Los patrones de uso, condiciones de aplicación

Los estudios de ecotoxicidad aguda son obligatorios para todos los contaminantes.

6.1.2.1 Paso I. Estudios de ecotoxicidad aguda

Los datos de peligro ecotoxicológico necesarios para la evaluación del riesgo, son obtenidos en el laboratorio utilizando especies sensibles y localizadas en los componentes ambientales como mamíferos, aves, insectos, peces, daphnias, lombrices y microorganismos.

Como primer paso en la evolución ecotoxicológica de cualquier sustancia se deben tomar datos de los estudios ecotoxicológicos agudos.

Los datos toxicológicos son obtenidos en el laboratorio en varias especies de organismos terrestres y acuáticos. Ver tablas 6.1 y 6.2 sobre parámetros y rangos ecotoxicológicos.

6.1.2.2 Criterios que sustentan la necesidad de pasar a la 2^a. Fase de evaluación

Los siguientes criterios sustentan la necesidad de los datos de la fase 2^a de evaluación:

- Presencia en aire, aguas y suelos, continua, recurrente y significativamente.
- Alta toxicidad aguda (Ej. CL50 < 1.0 MG/L en peces).
- Concentraciones ambientales estimadas iguales o mayores a la DL50, LC50 o CE50.
- Persistencia en aguas, suelos, aire y alimentos. (Vida media en aguas superficiales más de 4 días, en aguas subterráneas más de 21 días y en suelos más de 100 días).
- Propiedades fisicoquímicas que indican efectos acumulativos tales como: alto coeficiente de partición n-octanol/agua, ($K_{ow} > 1,000$ o $\log K_{ow} > 3$), baja solubilidad en agua.
- Contenido de impurezas e isómeros con efectos a largo plazo (mutaciones, cáncer, malformaciones, etc).
- Residualidad en alimentos y si los niveles máximos permisibles superan la IDA.

Fase 2. Estudios de toxicidad subcrónica, crónica y otros estudios a largo plazo

Los estudios típicos del paso II comprenden los estudios de toxicidad subcrónica, crónica y otros estudios a largo plazo en mamíferos, aves y organismos acuáticos.

En mamíferos

Pruebas de toxicidad subcrónica (subaguda). Hallazgos en estudios dietarios a 90 días en 2 especies: roedores y no roedores.

Estos estudios son requeridos cuando la vía de exposición humana al producto es la oral y de gran significancia en cuanto a frecuencia, magnitud y duración de la exposición.

Pruebas de toxicidad crónica. Hallazgos en estudios dietarios a 2 años en dos especies roedores y no roedores.

Estos estudios se requieren:

- Cuando hay una exposición repetida al contaminante.
- Cuando la sustancia contiene impurezas o isómeros carcinogénicos.
- Cuando la estructura química de la sustancia tiene relación con la de reconocidos carcinógenos.
- Para encontrar el NOEL (Nivel sin efecto adverso observado).
- Para el hallazgo de cambios neoplásicos en algún órgano o hay desarrollo de tumores malignos.

Si en las pruebas de toxicidad subcrónica se encuentran anormalidades morfológicas o producen mutaciones demostradas en pruebas *in vivo* e *in vitro*.

Estudios de carcinogenecidad en ratas y ratones (2 años). Los requerimientos son similares a los de las pruebas de toxicidad crónica.

Pruebas de teratogénesis en 2 especies de roedores. Estos estudios son requeridos cuando una sustancia deja residuos en los alimentos, y cuando los límites permisibles para sus residuos exceden la IDA (Ingesta Diaria Admisible). El estudio de teratogénesis sirve de soporte para el hallazgo de las tolerancias.

Pruebas en la reproducción en 2 generaciones (rata). Los requerimientos son iguales a los de las pruebas de teratogénesis.

Pruebas de mutagénesis. La batería de pruebas de mutagenecidad es requerida cuando los compuestos presentan toxicidad crónica y carcinogenecidad, e incluye las pruebas de:

- a) Mutación de genes,
- b) Aberraciones cromosómicas estructurales
- c) Otros efectos genotóxicos como: aberraciones cromosómicas numéricas, daño y reparación del DNA.

Estudios de metabolismo. Estos estudios son necesarios, cuando hay efectos crónicos o de carcinogenecidad

En aves. Pruebas de reproducción (codorniz, faisán, pato).

En organismos acuáticos, estudios en peces en edad temprana y durante todo el ciclo de vida de los

invertebrados acuáticos. Estos datos son requeridos cuando la sustancia es aplicada directamente al agua, o cuando la sustancia presenta bioacumulación.

6.1.3 Parámetros y rangos ecotoxicológicos necesarios para la evaluación del riesgo ambiental producido por las sustancias (Environmental Protection Agency. USA. EPA)

Organismo	Parámetro
AVES	DL50 en una o dos especies (preferible codorniz o pato)
INVERTEBRADOS TERRESTRES	DL50 oral en abejas (<i>Apis mellifera</i>)
PECES	CL50, 96 h, en dos especies (Trucha y bluegill sunfish)
INVERTEBRADOS ACUÁTICOS (<i>Daphnia magna</i>)	CL50, 48 horas de exposición CE50, 48 horas de exposición
ALGAS	Inhibición del crecimiento. CI50, 96 h
OTROS PARÁMETROS SUPLEMENTARIOS SON DADOS POR LOS PATRONES DE USO Y MOVILIDAD	

Tabla 6.1 Parámetros ecotoxicológicos. EPA

Organismo	Parámetro
AVES	DL50 en una o dos especies (preferible codorniz o pato)
INVERTEBRADOS TERRESTRES	DL50 oral en abejas (<i>Apis mellifera</i>)
PECES	CL50, 96 h, en dos especies (Trucha y bluegill sunfish)
INVERTEBRADOS ACUÁTICOS (<i>Daphnia magna</i>)	CL50, 48 horas de exposición CE50, 48 horas de exposición
ALGAS	Inhibición del crecimiento. CI50, 96 h
OTROS PARÁMETROS SUPLEMENTARIOS SON DADOS POR LOS PATRONES DE USO Y MOVILIDAD	

Tabla 6.2 Parámetros ecotoxicológicos suplementarios

Aves

DL50 en aves (pato y codorniz). Categorías EPA vía oral y dérmica. Véase tabla 6.3

Categoría	DL50.Pájaros (mg/Kg)	DL50.Pájaros (mg/Kg)
	Oral	Dérmica
I. EXTREMADAMENTE TÓXICO	Igual o menor de 10	Igual o menor de 50
II. ÁLTAMENTE TÓXICO	10 - 50	50 – 500
III. MODERADAMENTE TÓXICO	51 - 500	501 - 1.000
IV. LIGERAMENTE TÓXICO	501 - 2.000	1.001 - 5.000
V. PRÁCTICAMENTE NO TOXICO	Mayor de 2.000	Mayor de 5.000

Tabla 6.3 Clasificación toxicológica de las sustancias, según la DL50 en pájaros, vía oral y dérmica.

Peces

CL50, 96 h en Peces (EPA). Véase la tabla 6.4

Categoría	CL50, mg/L. 96 horas
I. EXTREMADAMENTE TÓXICO	Igual o menor de 0.1
II. ÁLTAMENTE TÓXICO	0.1 - 1
III. MODERADAMENTE TÓXICO	1 - 10
IV. LIGERAMENTE TÓXICO	10 - 100
V. PRÁCTICAMENTE NO TÓXICO	Mayor de 100

Tabla 6.4 Clasificación toxicológica de las sustancias, según la CL50 en peces.

CL 96/50 (Concentración letal media a 96 horas de exposición). Es la concentración expresada en miligramos por litro de un elemento, compuesto o sustancia que en 96 horas de exposición ocasiona la muerte del 50% de los organismos sometidos a bioensayo.

Abejas

- a) DL50 oral en abejas (EPA)

Extremadamente o altamente tóxico menor de 50 microgramos por abeja ($\mu\text{g}/\text{abeja}$).

- b) DL50 por contacto.

Altamente tóxico: muerte durante la aplicación o después de algunos días (laboratorio).

Moderadamente tóxico: muerte de las abejas durante la aplicación de la sustancia en el campo.

Relativamente no tóxico: la sustancia puede ser usada con pocas precauciones.

Según el gobierno Federal de Alemania los rangos de no toxicidad para organismos acuáticos pueden verse en la tabla 6.5.

Parámetro y organismo-prueba	Rango - mg/L
CL50 en peces, 96 h	> 10
EC50, 48 h, Dapnia	> 10
NOEC (Toxicidad crónica) Algas	0.05

Tabla 6.5 Rangos de no toxicidad para organismos acuáticos

Según la FAO/OMS los rangos de toxicidad en organismos-prueba que no tienen peligro en el uso normal de una sustancia pueden observarse en la tabla 6.6.

Tabla 6.6 Rangos de toxicidad en organismos-prueba que no tienen peligro en el uso normal de una sustancia

Organismo - Prueba	rangos de toxicidad
DL50, EN PÁJAROS	100 - 500 mg/Kg Peso corporal
LC50 DIETARIA A CORTO PLAZO (5 DÍAS)	500 - 1000 mg/Kg Alimento
DL50 EN RATA (MAMÍFEROS SILVESTRES)	100 - 500 mg/Kg peso corporal
CL50 EN PECES, 96 HORAS	5 - 10 mg/L
EC50, 48 HORAS, DAPHNIA	5 - 10 mg/L
DL50 ORAL EN ABEJAS	50 - 100 ug/Abeja

Fuente: FAO/ONU, Roma. 1999.

Fuente: FAO/ONU, Roma. 1999.

6.2 Evaluación del potencial de exposición

La peligrosidad de un contaminante está condicionada por su potencial tóxico, el que a su vez en gran medida depende de la concentración del contaminante en el medio de exposición, de sus características físicas y químicas. El potencial tóxico varía según si el contaminante es líquida ó sólido o gaseoso; si está en su forma elemental, es un compuesto inorgánico u orgánico; si es liposoluble o hidrosoluble; según la reactividad química, la biodegradabilidad, el tamaño molecular, etc.

Para conocer la magnitud de la exposición de cualquier componente ambiental hay necesidad de evaluar:

Las Propiedades físicas y químicas de la sustancia que determinan la cinética ambiental (Laboratorio).

Las concentraciones ambientales de la sustancia en los ecosistemas afectados a través de estudios de laboratorio o modelos.

El destino y transporte ambiental en los diferentes compartimientos del ecosistema, a través de estudios de laboratorio y modelos.

Los volúmenes de producción, los patrones de uso como: dosis, frecuencia y condiciones de aplicación, patrones de dispersión. Además, conocer las características geográficas del sitio de aplicación, información de los organismos no blanco (tipos, distribución, abundancia, etc.).

6.2.1 Propiedades fisicoquímicas de las sustancias que determinan su cinética ambiental

Para la evaluación del potencial de exposición de un contaminante ambiental y para la determinación de sus concentraciones ambientales en los diferentes componentes del ecosistema existen parámetros fisicoquímicos que pueden ser determinados en el laboratorio, tales como:

- Peso molecular
- Volatilidad
- Solubilidad
- Constante de la ley de Henry
- Liposolubilidad (Kow)

La importancia del punto de ebullición, presión de vapor y el coeficiente de partición octanol/agua, en el grado de movilidad y acumulación de un contaminante puede verse en el capítulo 3.

La solubilidad, peso molecular y la constante de la Ley de Henry intervienen en la cinética ambiental y por ello en el transporte y destino ambiental.

El peso molecular es indicador de la dispersión de un contaminante en el aire, así por ejemplo, moléculas pequeñas tendrán gran dispersión, el riesgo por lo tanto

se minimiza al disminuir su concentración, y lo contrario; moléculas grandes no tienen dispersión aérea, pero son depositadas en suelos y aguas. El punto ebullición y la presión de vapor son indicadores de la volatilidad y por ello de gran movilidad en el ambiente.

La solubilidad es indicadora de la movilidad a través de los sistemas hídricos.

El coeficiente de partición n-octano/agua es indicador de la bioacumulación en organismos vivos.

La adsorción y desorción son indicadores de la movilidad de las sustancias a través de los suelos.

La degradación fotoquímica, química y biológica es indicadora de la disminución o aumento de la toxicidad de la sustancia y de la persistencia.

La persistencia es indicadora del tiempo de permanencia de la sustancia en el componente ambiental (aire, aguas, suelos, sedimentos) y de la residualidad.

El coeficiente de partición octanol/agua.

El coeficiente de partición octanol / agua es importante para conocer la probabilidad de absorción y distribución de un plaguicida en la biota, o de que se acumule en los organismos vivos, y en muchos casos el Kow es proporcional a la acumulación de las sustancias en los alimentos u organismos vivos.

La EPA clasifica las sustancias en hidrofílicas o lipofílicas teniendo en cuenta los valores de Log. Kow.

Solubilidad

La solubilidad de una sustancia en el agua influye en la movilidad a través de los sistemas hídricos; las más solubles tienen tendencia a alcanzar los sistemas hídricos y no son lixiviadas a través de los suelos representando un problema especial para sistemas acuáticos.

Sustancias con una solubilidad mayor de 30 mg/l son hidrosolubles, y por ello serán movilizadas de los suelos a través de las aguas lluvias o de riego y como consecuencia pueden contaminar aguas superficiales.

Sustancias con una solubilidad menor de 30 mg/l son consideradas no solubles y por tanto tienen la capacidad de acumularse en sedimentos y organismos acuáticos.

La solubilidad igualmente depende del pH del medio. Así, por ejemplo, el insecticida endosulfan a pH 7 (agua o suelos) demora varios días en solubilizarse, a pH 8 demora varias horas en hacerlo, y lo hace de inmediato a pH mayores de 8.

Constante de la ley de Henry

Hay igualmente muchas sustancias volátiles que son solubles en agua. Dicha volatilidad puede verse afectada por su solubilidad en agua. Es importante conocer para este tipo de sustancias la constante de la Ley de Henry, pues mediante este parámetro se podrá deducir la prioridad en el control, ya sea de las emisiones gaseosas o de los sistemas hídricos. La constante es la relación entre la presión de vapor de la sustancia dada en atmósferas y la solubilidad de la sustancia dada en moles, o sea,

$$H = \text{Atm.} m^3/mol$$

Una sustancia será muy volátil cuando tiene una constante de la ley de Henry igual o mayor a 10^{-3} atm. m^3/mol y una presión de vapor absoluta mayor de 78 mm de mercurio a $25^\circ C$; y por lo tanto se tendrá que controlar en mayor grado las emisiones aéreas, como es el caso del percloroetileno que tiene una H de 0.0083. En caso contrario la sustancia tenderá a solubilizarse en el agua y su volatilización será muy lenta, esto sucede con sustancias con una H de 10^{-4} a 10^{-7} .

Las sustancias con una H menor a 10^{-7} no serán volátiles sino que tratarán de acumularse en sedimentos u organismos acuáticos tal como sucede con algunos insecticidas organoclorados. Así, el Dieldrin tiene una H de 4.57×10^{-10} atm. m^3/mol .

Bioacumulación

Bioacumulación, es el aumento progresivo de una sustancia en un organismo o parte de él, como consecuencia de que el ritmo de absorción supera la capacidad del organismo para eliminar la sustancia.

El potencial de acumulación viene dado, por la capacidad de un organismo para concentrar una sustancia, directamente desde el medio ambiente, ó, indirectamente a través de los alimentos.

Una medida de la bioacumulación es dada por el factor de bioconcentración (FBC, en inglés BCF) que es definida como: "Medida de la capacidad de una sustancia presente en un medio para acumularse en los tejidos de los organismos. Se calcula como el cociente entre la concentración de la sustancia en los tejidos y la concentración en el medio. Se produce acumulación cuando FBC es mayor que 1 (USEPA).

El FBC en muchos casos es proporcional al Logaritmo del coeficiente octanol/agua.

Log Kow

$$\text{El BCF en peces} = \frac{\text{Concentración de la sustancia en tejidos (mg/Kg)}}{\text{Concentración de la sustancia en el agua (mg/l)}}$$

Degradabilidad

La degradación es la alteración de la estructura química del contaminante, que supone la pérdida de una propiedad específica. Por ello, la actividad de una sustancia puede ser permanente o disminuir con el tiempo en función de su descomposición o degradación que puede efectuarse por:

- Acción química o quimiodegradabilidad: sustancias que se descomponen por acción de otras sustancias presentes en los ecosistemas o por el tiempo.
- Por acción de la luz o fotodegradabilidad.
- Por acción de sistemas microbianos o biodegradabilidad.

La degradación de una sustancia puede darse en el aire, agua y suelos.

La degradación de una sustancia en los suelos juega un papel decisivo en la no persistencia en ellos. Son igualmente importantes la temperatura y la humedad, pero dicha degradación varía considerablemente durante el año y la calidad de los suelos.

Es de gran importancia conocer la identidad de los productos de degradación, ya que pueden ser más tóxicos

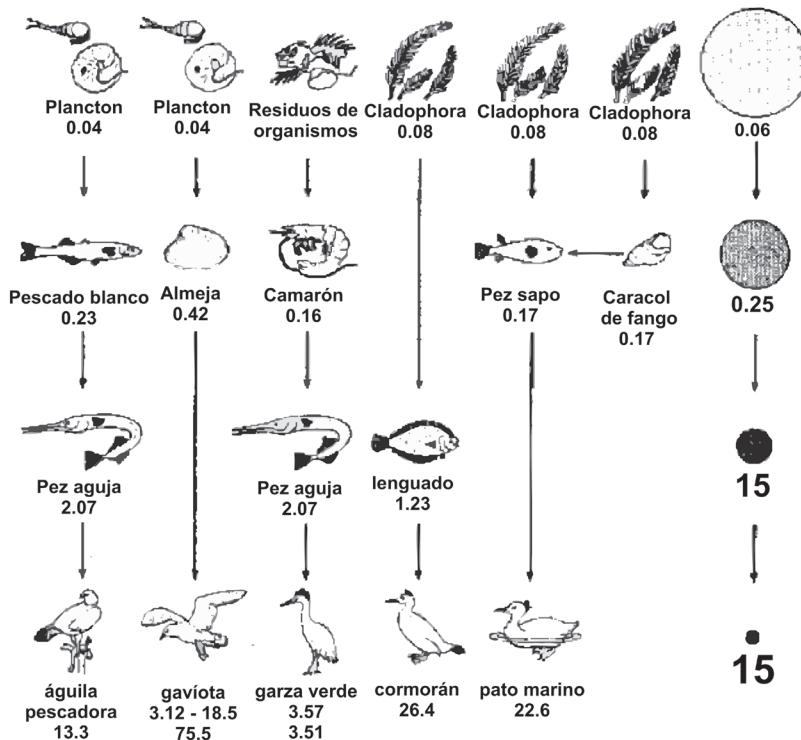


Figura 6.1 Bioacumulación y biomagnificación del DDT

Persistencia

La persistencia es la capacidad de un contaminante para permanecer en forma incambiada, en un medio determinado, o sea es el tiempo de permanencia de una sustancia en cualquier ecosistema, está relacionada con el coeficiente de partición octanol-agua y la baja degradabilidad, que en definitiva es lo que determina el tiempo de permanencia especialmente en aguas y suelos.

La persistencia se mide por su vida media ($V_{1/2}$), es decir el tiempo necesario para que la concentración del contaminante en el medio que contamina pase a la mitad.

Los insecticidas organoclorados, los metales y los hidrocarburos aromáticos policíclicos están clasificados como altamente persistentes, ya que permanecen en el suelo, agua, alimentos y organismos vivos por años.

Adsorción / desorción

La adsorción es la capacidad que tienen las sustancias de quedar adheridas a las partículas de los suelos generalmente por fuerzas electrostáticas, es decir es la adhesión o captación de las sustancias por las partículas del suelo. Esta captación depende de la naturaleza de la sustancia y del tipo de suelo. Así la adsorción de un plaguicida por el suelo varía sobremanera; si es fuerte reduce la biodisponibilidad y por lo tanto impedirá su lixiviación o desplazamiento por las aguas lluvias o de riego; por ejemplo el paraquat queda fuertemente adherido a las partículas de los suelos arcillosos.

La desorción es lo contrario de la adsorción. Es la facilidad con que las sustancias se desprenden de las partículas de los suelos a través de las aguas lluvias o de riego. Esta mezcla de sustancias suspendidas o disueltas en el agua pueden tener capacidad de filtrarse a través de los suelos y es lo que se denomina lixiviación.

Para muchas sustancias la adsorción está directamente relacionada con el contenido de carbón orgánico de los suelos y por lo tanto la adsorción es medida en el laboratorio por la constante de adsorción (Koc).

$$Koc = \frac{\text{gramos de sustancia adsorbidos}}{\text{gramo de carbón orgánico}}$$

El Koc es la relación entre los niveles de la sustancia que son retenidos por los suelos y los niveles de sustancia que son retenidos por el carbono orgánico presente en los suelos.

Si el Koc es mayor de 500, las partículas quedarán fuertemente adheridas a los suelos y no podrán ser liberadas a través del agua de lluvia o de riego, en cambio si el Koc es menos de 500, fácilmente pueden lixiviarse, y contaminar aguas superficiales y subterráneas.

La desorción se mide por la Kd (constante de distribución). Es la relación de distribución de la sustancia, suelos y agua. Así, si una sustancia tiene un $Kd > 10$ indicará que la sustancia estará en mayor proporción en los suelos y en menor cantidad en el agua, y lo contrario si el $Kd < 10$ indicará que la sustancia estará en mayor cantidad en aguas y por ello la sustancia tendrá el riesgo de contaminar aguas superficiales y subterránea

6.3 Definición del riesgo que pueden ocasionar los contaminantes en los organismos ambientales

Para la definición del riesgo que pueden ocasionar los contaminantes en los organismos presentes en los componentes ambientales, hay necesidad de correlacionar los parámetros ecotoxicológicos y las concentraciones de los contaminantes presentes en el medio de exposición.

El riesgo agudo o crónico que puede presentar un contaminante se define por la correlación de las Concentraciones Ambientales Estimadas (CAE) en los diferentes escenarios de exposición y los parámetros y rangos de toxicidad sacados de las pruebas en animales a corto y largo plazo para el contaminante que es sujeto a la evaluación ecotoxicológica Ver tabla 6.7

ESPECIES	NO RIESGO	RIESGO INACEPTABLE
PÁJAROS Y MAMÍFEROS	CAE menor que DL50	CAE mayor que DL50
ORGANISMOS ACUÁTICOS	CAE menor que CL50, CE50, CI50	CAE mayor que CL50 CE50, CI50

TABLA 6.7 Definición del riesgo ambiental de contaminantes con toxicidad aguda. ATSDR/EPA

Si las concentraciones estimadas de un contaminante que tenga el riesgo de ser ingerido, son menores a su Dosis Letal Media, no tiene ningún riesgo para pájaros y mamíferos silvestres y lo contrario, si dichas concentraciones son mayores a sus dosis Letales Medias el riesgo es inaceptable porque mataría a los animales.

Si el contaminante está en cuerpos de agua, y sus concentraciones estimadas son menores a su CL50, 96h (peces), CE50, 48h (daphnia), CI50, 96hr (algas) no habrá riesgo de que se presente algún efecto adverso en los organismos acuáticos, y lo contrario, si las concentraciones ambientales estimadas son mayores a los rangos de sus parámetros ecotoxicológicos, matarían a los organismos acuáticos.

ESPECIES	NO RIESGO	RIESGO INACEPTABLE
TODAS LAS ESPECIES	CAE menor que NOAEL CAE menor que NOAEC	CAE mayor que NOAEL CAE mayor que NOAEC

TABLA 6.8 Definición del riesgo ambiental de contaminantes con toxicidad crónica

Un contaminante presente en los alimentos o en el agua, no tendrá riesgo alguno para los organismos terrestres y acuáticos si su concentración estimada es menor que las dosis y concentraciones sin efecto adverso observado (NOAEL, NOAEC), y lo contrario, si la concentración en los alimentos y el agua es mayor que los niveles y concentraciones sin efecto observado, el riesgo es grande e inaceptable.

6.4 Bibliografía

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Public health assessment. Guidance Manual, Atlanta, USA, 1992.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. CEPIS. Curso de Autoaprendizaje: Evaluación de Riesgos Humanos, Ambientales y Ecológicos. Lima, Peru, 2005.
- COVELLO, V.T. Risk assessment methods. Plenum Press. New York. 1993.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. USEPA, Risk environmental assessment of contaminants. Research Triangle Park, Carolina del Norte, 1992.
- _____ Evaluación y Manejo de riesgos. ECO/OPS. México, 2001.

- _____ The Risk Assessment Guidelines. Doc. EPA/600/8-87.
- EUROPEAN CENTRE FOR ECOTOXICOLOGY AN TOXICOLOGY OF CHEMICALS. ECETOC. Environmental Hazard Assessment of Substances. Report No. 51. Bruselas, 1993.
- _____ Assessment Factors in Human Heal Risk. Reporte No. 68 Bruselas. 1995.
- HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A., BURTON,G., Hanbook of Ecotoxicology. Lewwis Publishers. Boca Raton. USA. 1995.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AN DEVELOPMENT.OECD. Guidan-
ce for initial hazard assessment of High Production
Volume chemicals. Paris, 1992.
- _____. Environment Monographs. Paris,
1993.
- VEGA, S., REINAGA J., Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales. ECO/OPS, Metepec, México, 1985.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION-WHO. Guidelines on studies on environmental epidemiology. Environmental criteria 155, Geneva, 1993.

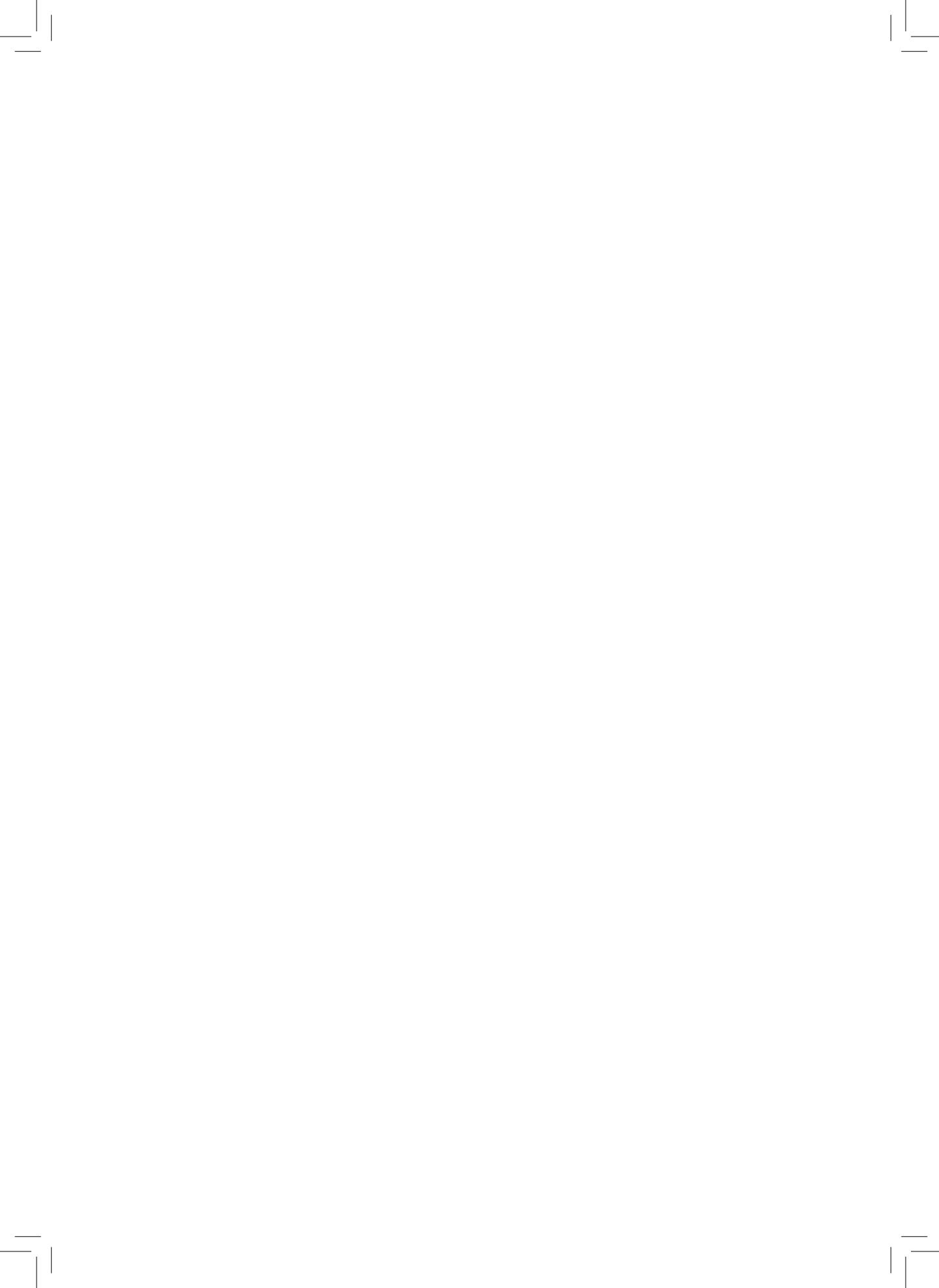




CAPÍTULO



CONTAMINACIÓN DEL AIRE



Generalidades

Mejorar la calidad del aire urbano, es una meta que a todos los habitantes de las grandes ciudades del mundo les gustaría lograr, independientemente de su estado de desarrollo.

Desafortunadamente, algunas decisiones políticas que buscan mejorar la calidad del aire, no son basadas en el conocimiento científico aplicable, y no consideran el aspecto social cultural, económico e infraestructura de nuestros países en desarrollo.

Los siguientes criterios son válidos para su protección: La calidad del aire debe ser satisfactoria, en todos los asentamientos humanos y regiones del país.

Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes naturales o antropogénicas, fuentes móviles o fijas, deben ser reducidas y controladas, con el fin de asegurar una calidad de aire satisfactoria para el bienestar y salud de la población y el mantenimiento del equilibrio ecológico.

¿Qué es aire limpio?

La atmósfera es sencillamente una mezcla de gases y partículas diminutas que rodean el planeta. Con toda probabilidad, la composición de esta mezcla ha cambiado en diversas etapas de la historia. A continuación se resumen las características de la mezcla actual, aquella con la que el hombre se siente fisiológicamente cómodo. Ver tabla 6.1

Si se juntan todos esos componentes en las cantidades indicadas, se obtendrá una atmósfera no adulterada, idónea para respirar. Sin embargo, eso no es del todo cierto, ya que son pocos los lugares de la tierra

(si existe alguno) tienen ese aire puro, saludable. Por lo general, el aire contiene contaminantes.

Algunos lugares, con un aire relativamente limpio presentan pocos contaminantes, pero hoy en día son cada vez más los que presentan docenas de contaminantes mezclados en el aire.

Nitrógeno (N ₂)	78,1%
Oxígeno (O ₂)	21%
Argón (Ar)	0,9%
Dióxido de carbono (CO ₂)	330 ppmv*
Neón (Ne)	18 ppmv
Helio (He)	5 ppmv
Metano (CH ₄)	1,5 ppmv
Otros en concentraciones menores que 1,0 ppmv	

*partes por millón
en volumen. mg/L

Tabla 7.1 Composición del aire sano

NOTA: los porcentajes indicados corresponden a los componentes principales del aire seco al nivel del suelo. Normalmente, la atmósfera contiene también cantidades variables de agua (H₂O) en gotitas de distintos tamaños y estados.

Uno de los resultados más visibles de la acción del hombre sobre el planeta, reside en que con el transcurso de los años la atmósfera ha acumulado no solo mayor cantidad de sustancias tóxicas sino también mayor variedad. Retrocedamos en el tiempo para ver cómo se desarrolló esta situación.

Atmósfera contaminada

Aunque no existen pruebas contundentes, se supone que la primera vez que el hombre contaminó el aire fue cuando descubrió el fuego. Sin embargo, en esa época, la contribución del hombre a la contaminación del aire probablemente era menor que la provocada por fuentes naturales.

El siguiente avance que tuvo serias consecuencias para la contaminación del aire, fue el establecimiento de numerosas comunidades permanentes. En un inicio, el hombre vivía en grupos nómadas relativamente pequeños. Frecuentemente, esos grupos vivían en un lugar solo por un tiempo y el daño ambiental que causaban era mínimo. Eso comenzó a cambiar con la formación de comunidades agrarias permanentes.

En el estudio de la contaminación del aire, se observan dos consecuencias notables de la sedentarización del hombre: un impacto ambiental mayor y más intenso y el agotamiento de combustible para generar fuego en ciertas localidades.

En Europa, durante los siglos XII y XIII, la obtención de madera para el combustible se tornó tan difícil que fue necesario un combustible alternativo, y el carbón fue la solución. Parecía un don porque existía en abundancia y era de lenta combustión. El oscuro humo denso que produce se consideró simplemente como una desventaja menor. Pero, en realidad, esto era secundario comparado con lo que vendría.

Cuando el carbón se convirtió en un combustible común para la generación de calor y energía, la contaminación del aire aumentó en forma explosiva.

En Europa, a mediados del siglo XVIII, comenzó la revolución industrial y el movimiento se expandió rápidamente por todo el mundo. Las distintas industrias emergentes requerían energía, y energía en esa época significaba combustión de carbón. Además de la contaminación producida por esta causa, muchas industrias incluyeron procesos químicos que generaron sus propios contaminantes tóxicos. La industria metalúrgica comenzó a prosperar y desplazó rápidamente al carbón como la fuente principal de dióxido de azufre en la atmósfera.

Durante el siglo XIX y a principios del XX, el carbón era la fuente principal de calor, energía y contaminación en el mundo. Sin embargo, empezó a tener competencia cuando en 1859 se inició, en Pensilvania, la perforación del primer pozo petrolero. La refinación de petróleo y la industria automovilística experimentaron un extraordinario crecimiento en el siglo XX, junto con sus diversas industrias derivadas, como el acero y la fabricación de caucho.

La segunda guerra mundial y sus consecuencias aumentaron y aceleraron la arremetida del hombre en la atmósfera, prácticamente inadvertida. Aún no se puede calcular cuál fue el daño evidente a la calidad del aire mundial luego de la explosión de las bombas atómicas.

La proliferación de la industria petroquímica y el desarrollo de la industria nuclear abrieron el camino. Sin embargo, la industria del transporte, con sus quemadas de combustibles fósiles, permanece hasta hoy como la causa principal de contaminación. Esta industria es directamente responsable de casi 60% de toda la contaminación atmosférica. Se sabe que el smog que caracteriza a Los Ángeles proviene de los gases emitidos por el transporte.

¿La solución para la contaminación es la dilución? ¡NO!

Por años se creyó que “la solución para la contaminación es la dilución”. Este refrán se basaba en la suposición generalizada de que la Tierra cuenta con un mecanismo de limpieza natural que podía desactivar o absorber todo impacto de contaminación creado por el hombre. Muchas catástrofes locales de contaminación del aire producidas a lo largo de este siglo han mostrado clara y trágicamente que la dispersión natural de la acumulación de contaminantes no constituye un sistema infalible.

Los crecientes indicadores de que la acumulación de contaminantes, representaron un problema mundial y no solo local hacen aún más crítica la situación. La incidencia de diversos efectos adversos para la salud, desde irritaciones locales hasta cáncer, están aumentando en forma sostenida y uno de los culpables es la contaminación del aire.

El planeta no puede diluir o esparcir adecuadamente todos los contaminantes que intencional o involuntariamente se emiten a la atmósfera.

Contaminación del aire en el siglo XX: Episodios y accidentes

La diferencia entre un episodio y un accidente de contaminación del aire es fundamental. Un episodio ocurre cuando los contaminantes del aire, “inocuos”, diarios, propios del siglo XX, se combinan con otros factores, como las anormalidades meteorológicas y la topografía, para crear una atmósfera amenazante para la salud.

A pesar de que el hombre es el responsable del factor contaminación, la concurrencia de los otros factores es incontrolable. En contraste, un accidente de contaminación del aire es una descarga inadvertida y evitable de sustancias químicas tóxicas, a menudo atribuible a fallas mecánicas o al error humano.

Episodios

Los tres episodios de contaminación del aire más famosos de este siglo sucedieron en Meuse Valley, Bélgica; Donora, Pensilvania; y Londres, Inglaterra.

Episodio	Año	Mortalidad	Causas propuestas
Meuse Valley	1930	Más de 60	SO ₂ , fluoruros, H ₂ SO ₄
Donora	1948	20	SO ₂ , material particulado
Londres	1952	Más de 4.000	SO ₂ , material particulado, H ₂ SO ₄

Las tres tragedias coincidieron con una condición meteorológica conocida como inversión térmica que Bogotá experimentó por dos veces en febrero del 2007. Normalmente, el aire caliente de la superficie terrestre asciende y el aire de la parte superior de la atmósfera más frío cae, con lo cual se crea una circulación natural que dispersa los contaminantes superficiales del aire. Una inversión ocurre cuando las capas de aire de la atmósfera inferior son más frías que las superiores. La circulación natural sufre una interrupción y tanto el aire superficial acumulado como los contaminantes del aire se concentran alrededor de sus fuentes. Ver figura 7.1.

Otra característica importante, común a estos tres episodios, es que los presuntos agentes causales eran productos de desecho típicos de la vida del siglo XX y supuestamente seguros. La quema generalizada de

combustibles fósiles y la proliferación de procesos industriales producen dióxido de azufre, ácido sulfúrico, material particulado, fluoruros y otros contaminantes del aire, componentes bastante comunes de la actual mezcla atmosférica.

El episodio de Londres, el más catastrófico de los tres debido principalmente a que ocurrió en un área densamente poblada.

Actualmente, la mayoría de ciudades principales ha implementado programas para predecir y detectar los niveles de contaminación y condiciones meteorológicas que podrían combinarse para ocasionar consecuencias trágicas. En esas urbes, se advierte habitualmente a los ciudadanos mediante alertas sobre la calidad del aire y acerca del peligro de condiciones adversas, y se les alienta a permanecer dentro de sus casas el mayor tiempo posible durante los períodos críticos. A pesar de esos programas preventivos, en una fecha tan reciente como 1966, una inversión térmica de cuatro días en la ciudad de Nueva York provocó 168 muertes e innumerables enfermedades. El hombre ha aprendido aunque lentamente que no existe contaminante del aire que sea inocuo.

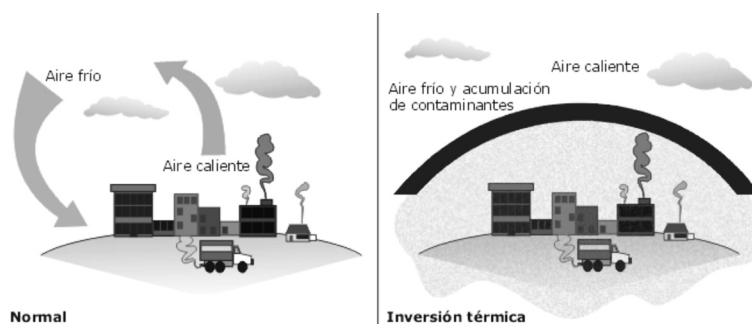


Figura 7.1 Circulación atmosférica natural comparada con una inversión térmica

Accidentes

Entonces, parece que los progresos tecnológicos y la creciente industrialización han provocado cierto nivel de emisiones tóxicas al aire, regulares y planificadas, que son aceptadas por casi todos como un costo necesario para gozar de los beneficios de la vida en el siglo XX.

La industrialización también ha generado un mayor riesgo de descargas accidentales de contaminantes tóxicos. Las causas más comunes de los accidentes de contaminación industrial del aire son las fallas mecánicas y los errores humanos. La mayoría de accidentes de este tipo involucra pequeñas cantidades de sustancias químicas, lo que resulta fácil de controlar, con pocos efectos adversos en los seres humanos o ninguno. Algunos de ellos, en cambio, tienen consecuencias trágicas.

Uno de los primeros accidentes de contaminación del aire con causa definida y adecuadamente documentados sucedió en 1950 en Poza Rica, México. El problema comenzó cuando una refinería de gas natural descargó inadvertidamente sulfuro de hidrógeno en el aire. Una inversión térmica simultánea agravó el problema. Resultados: 22 muertes y más de 300 casos de enfermedades relacionadas, sobre todo irritación de las vías respiratorias y trastornos del sistema nervioso.

Quizá el ejemplo más ilustrativo de cómo la descarga accidental de una sustancia química tóxica puede perjudicar a gran parte de la población es el incidente producido en Bhopal, India, en 1984. Treinta toneladas de isocianato de metilo escaparon a través de una válvula rota y cubrieron una comunidad adyacente a una planta químico-industrial. Más de 2.500 muertes se atribuyeron a este caso y 17.000 personas quedaron permanentemente discapacitadas.

En 1986, la ciudad soviética de Chernobil fue sinónimo de desastre industrial. A pesar de que no era el primer accidente que involucraba a una central nuclear, este fue (y aún sigue siendo) el peor de todos.

[La explosión de la central nuclear de Chernobil en 1986 fue el peor accidente radiactivo registrado en la historia con emisión de elementos radiactivos al aire (yodo-131, cesio 137)]

Obviamente, los efectos de los contaminantes tóxicos del aire pueden aumentar debido a diversos factores, como los patrones climáticos, las fallas mecánicas y los errores humanos. Sin embargo, la mayoría de accidentes catastróficos tiende a localizarse en un área, lo que permite identificar fácilmente a la población afectada. Los estudios y estadísticas indican que a medida que el tiempo avanza, el grueso de la población corre el riesgo de desarrollar ciertos efectos adversos en la salud como producto de la carga química tóxica en la atmósfera.

7.1 Fuentes emisoras de la contaminación del aire y principales contaminantes

Las fuentes de contaminación del aire pueden clasificarse en naturales y antropogénicas.

Naturales

- Actividad volcánica
- Gases de pozos y cuevas
- Quemas forestales
- Minas

- Procesos biológicos (putrefacción de materia orgánica)

Antropogénicas

- *Fuentes móviles*: medios de transporte terrestre y aéreo
- *Fuentes fijas*: industrias y actividades agropecuarias intensivas

Deforestación y desertificación con métodos de quema

Algunos contaminantes del aire pueden ser de origen natural. Los rayos pueden causar incendios que contaminan el aire con partículas y gases diversos. Asimismo, los volcanes pueden enviar toneladas de contaminantes gaseosos y particulados a la atmósfera. Incluso un viento aparentemente benigno puede levantar partículas de las superficies de la tierra y el mar y transformarlas en contaminantes. Los contaminantes provenientes de estas fuentes naturales pueden influir negativamente en la salud.

Algunos contaminantes atmosféricos provienen de fuentes naturales, pero la preocupación principal para la toxicología de la contaminación del aire reside en los contaminantes producidos por el hombre.

7.1.1 Emisión de contaminantes por fuentes móviles

Probablemente, el transporte es la fuente de contaminantes del aire predominante. En efecto, todos los contaminantes criterios están asociados directa o indirectamente con la combustión de fósiles necesarios para el funcionamiento de distintos medios de transporte.

Así mismo, las actividades de transporte liberan a la atmósfera muchas sustancias consideradas entre los contaminantes peligrosos del aire, bien por volatilización luego de que los productos químicos han sido vertidos, ó, bien por el uso de combustibles fósiles.

La mayoría de tóxicos en el aire está relacionada con el sector transporte y la industria sin tecnologías limpias

Todos los contaminantes criterio están relacionados, ya sea directa o indirectamente, con el uso de combustibles fósiles necesarios para el funcionamiento de los distintos medios de transporte. Hasta hace poco, era normal añadirle a la gasolina compuestos de plomo con radicales alquílicos por sus propiedades antidetonantes. Esta práctica quedó paulatinamente descontinuada cuando el plomo fue identificado como un contaminante criterio.

El aditivo antidetonante metil-terbutil-eter (MTBE) que reemplazó al plomo, se encuentra en la lista de los contaminantes peligrosos del aire y podría resultar tan tóxico como su predecesor. Pero ahora la problemática se relaciona con el diesel de mala calidad, que no es puro y tiene grandes contenidos de azufre.

La importancia de las distintas fuentes de emisión, en términos de su contribución relativa al inventario de emisiones, varía de acuerdo al contaminante.

El transporte y la generación de energía son los principales consumidores de combustibles derivados del petróleo y a su vez los más grandes contaminadores.

La secretaría distrital del Ambiente de Bogotá, habla que los principales responsables de la contaminación del aire de Bogotá son el transporte (buses, busetas, camiones, vehículos particulares), es decir las fuentes móviles en un 75%, y el 25% la producen las fuentes fijas ó sea las industrias, como también contribuyen en la contaminación las fuentes de área como las quemas al aire libre, erosión, resuspensión de polvo de las vías. Bogotá tiene una tendencia creciente de la contaminación del aire, tanto por fuentes fijas y móviles (aproximadamente 2.400 industrias y más de 900.000 vehículos), pero carece de un censo de fuentes fijas que son las que aportan mayor cantidad de residuos químicos por emisiones a la atmósfera.

En algunos casos, este problema se magnifica por las condiciones del clima y la topografía, como la inversión térmica que suele ocurrir en varias ciudades, lo que causa una reducida dispersión de los contaminantes y el aumento del potencial de exposición.

7.1.2 Emisión de contaminantes por fuentes fijas

Los procesos industriales abarcan todas las actividades comprendidas en la fabricación de bienes, productos y energía. Esto incluye desde el refinamiento de petróleo y el procesamiento de productos químicos, metales y madera, hasta las operaciones de producción de alimentos.

En dichos procesos, los productos químicos tóxicos se pueden liberar en distintas etapas, ó involuntariamente, como sucede en las fugas de válvulas, tanques y tubería, ya sea intencionalmente, como en las emisiones de las chimeneas.

Dentro del grupo de empresas que más contaminan en el país y que están obligadas a autodeclarar anualmente sus emisiones de acuerdo a la resolución 1619 del MA-

VDT, figuran las siderúrgicas, cementeras, termoeléctricas y carboeléctricas, refinerías, industrias de calcinación de minerales de sulfuro, industrias de producción de ácido sulfúrico y la industria de carbón, entre otras.

7.2 Contaminantes de primer y segundo orden emitidos por fuentes fijas y móviles

Las sustancias que se encuentran en la atmósfera tal como fueron emitidas son denominadas contaminantes de primer orden o primarios, tales como los óxidos de azufre (SO_x), los óxidos de Nitrógeno (NO_x) y los hidrocarburos (HC). En la atmósfera éstos contaminantes se dispersan y se transportan a grandes distancias; durante su recorrido sufren transformaciones químicas, produciéndose otros contaminantes denominados de segundo orden o secundarios como el ácido sulfúrico (H_2SO_4); el ácido nítrico (HNO_3), diversos nitratos, en especial el peroxyacetil nitrato y el ozono (O_3).

Los contaminantes de segundo orden se forman a partir de los de primer orden, como puede verse en la figura 7.2.

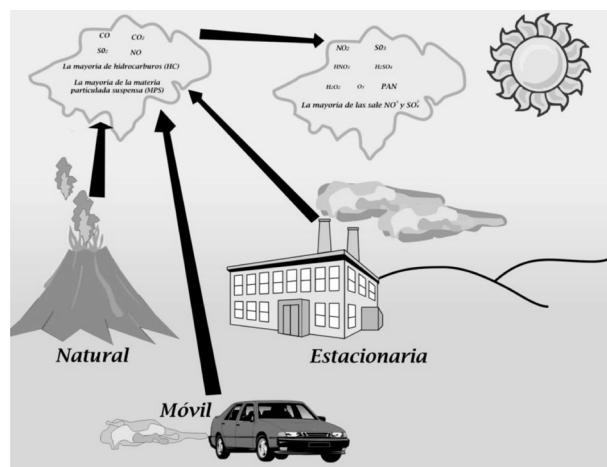


Figura 7.2 Emisión de contaminantes del aire por fuentes naturales, móviles y fijas y formación de los contaminantes de segundo orden a partir de los de primer orden

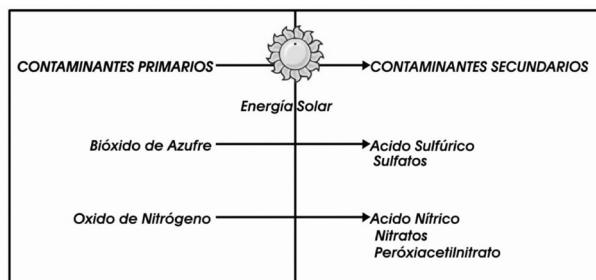


Figura 7.3 Principales contaminantes de primer y segundo orden

Entre los primarios igualmente además de los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno, figuran el monóxido de Carbono, los hidrocarburos alifáticos y aromáticos y el material particulado.

Los contaminantes de segundo orden tienen varias características en común: por ejemplo, se producen en períodos de horas o hasta días; se les encuentra a cientos de kilómetros de la fuente de emisión primaria; no son controlables de manera directa; pueden provenir de un mismo contaminante primario y sus efectos se pueden manifestar de diferentes maneras.

Es importante anotar que el oxidante que está en la atmósfera en gran proporción es el ozono, sus precursores son los NOx y los hidrocarburos (olefinas y otros hidrocarburos sustituidos) actuando como catalizador la luz solar. Así, en el smog fotoquímico el 90% es ozono seguido del Peroxiacetilnitrato (PAN), responsables de los efectos quemantes de plantas susceptibles como la alfalfa, espinaca, avena, etc.

Los precursores de la formación del PAN son los hidrocarburos olefínicos e hidrocarburos aromáticos que mediante reacciones en cadena producen el radical $RC(O)O_2$, que a su vez reacciona con otros contaminantes como los NOx, para originar el peróxido de acetilnitrato.

A fines de los años cuarenta y principios de los cincuenta, muchas personas observaron un cambio en la calidad del aire alrededor de áreas densamente pobladas, especialmente en zonas metropolitanas importantes como las ciudades de Nueva York y Los Ángeles.

Las investigaciones sobre las causas de este smog proporcionaron algunos resultados increíbles:

Los productos químicos responsables de este cambio provenían principalmente del uso de combustibles fósiles para el funcionamiento de los vehículos de transporte.

Aunque el smog era más perceptible en las áreas densamente pobladas, los productos químicos involucrados se encontraban en casi todo el aire ambiental.

Se realizaron diversos estudios para determinar si esos productos químicos de amplia cobertura eran nocivos para quienes los respiraban. Numerosos estudios indicaron que, efectivamente, esas sustancias tenían consecuencias adversas para la salud humana, desde irritación de ojos y dolor de garganta hasta bronquitis y efectos más graves. Estos hallazgos hicieron noticia y se solicitaron más estudios. A finales de los años sesenta, los datos sobre los niveles nocivos y los efectos de esas sustancias ya eran suficientes como para establecer reglamentos concernientes a los niveles aceptables en el aire ambiental.

En un documento sobre criterios de la calidad del aire (EPA, 1970), se compiló la información sobre cada uno de estos productos químicos, que terminaron llamándose contaminantes criterio.

7.3 Contaminantes criterio

¿Qué son los contaminantes-criterio?

Los contaminantes criterios son los que originan efectos adversos para la salud y se pueden encontrar en el aire ambiental.

Actualmente, las Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiental de los Estados Unidos a través de la EPA reglamentan los siguientes contaminantes criterio:

- Monóxido de carbono (CO);
- Plomo (Pb);
- Dióxido de nitrógeno (NO₂);
- Ozono (O₃);
- Material particulado menor de 10 micrómetros de diámetro (PM10)
- Material particulado menor de 2,5 micrómetros de diámetro (PM2,5)
- Dióxido de azufre (SO₂).

En 1970 el aire ambiental ya contenía otras sustancias tóxicas además de los contaminantes criterio, especialmente dentro y alrededor de las instalaciones industriales.

Todos los contaminantes no criterio se agruparon bajo el término contaminantes peligrosos del aire. Para estos contaminantes, hay normas basadas en los riesgos que ellos suponían para la salud, establecidas en un nivel que protegía la salud pública con un amplio margen de seguridad.

En la figura 7.4, puede verse que mediante normas basadas en los riesgos para la salud, se identifican 6

contaminantes criterio y 8 contaminantes peligrosos (USEPA).

Desde 1990, la EPA ha venido regulando las emisiones de 188 contaminantes peligrosos a través de la promulgación de Normas Nacionales de Emisión para los Contaminantes Peligrosos del Aire.

Generalmente, los contaminantes peligrosos del aire son productos químicos provenientes de fuentes específicas que afectan solo a áreas aisladas. Tales productos no generaron preocupación pública porque se supuso que si las personas lo deseaban, podían evitar la exposición. Las descargas químicas accidentales que afectaron a la población en general especialmente la de Bhopal, India, en 1984 ayudaron a captar el apoyo público necesario para la reglamentación de dichos contaminantes.

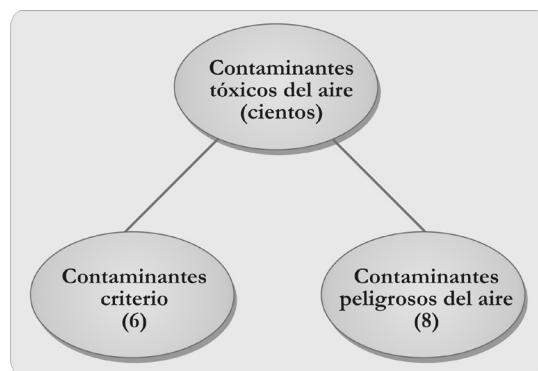


Figura 7.4
Clasificación de los contaminantes del aire.
Contaminante criterio gaseoso y no gaseoso

7.3.1 Estado físico de los contaminantes-criterio

- Gases
- Monóxido de carbono
- Dióxido de nitrógeno
- Dióxido de azufre
- Ozono

El mayor contaminante del aire es el Monóxido de Carbono (54% del total de la contaminación atmosférica)

Los efectos de estos gases sobre el organismo humano se verán más adelante, de forma individual y como la mezcla de ellos.

No gaseosos

Partículas sólidas totales.PST

Material particulado con tamaño de 10 micras. PM10

El principal contaminante criterio no gaseoso, ni volátil es el material particulado (PM). Partículas con diámetro entre 10 a 2.5 micras ingresan a los bronquios, bronquiolos y alveólos pulmonares con producción de episodios bronco-obstructivos.

El material particulado está formado por partículas sólidas y líquidas suspendidas en el medio gaseoso, y su composición incluye carbón elemental, hollín, compuestos orgánicos semivolátiles (hidrocarburos livianos), metales pesados y sus óxidos, polvo, polen, ácidos (nítrico y sulfúrico), sulfatos y nitratos.

Las partículas que forman el material particulado tienen distintos tamaños desde millonésimas de milímetro (nanómetros) hasta milésimas de milímetro (micras).

Las partículas de 10 micras pueden penetrar las vías respiratorias, por eso se les denomina partículas respirables (PM10). Las partículas cuyo diámetro es menor

a 2.5 micras son consideradas como partículas finas y se depositan en las vías respiratorias inferiores (bronquios). Las partículas ultrafinas con un tamaño menor a 0.1 micras se depositan en los alvéolos.

7.3.2 Contaminantes criterio reglamentados en el país

Mediante resolución 601/06 de MAVDT, fueron reglamentados los siguientes contaminantes:

- PST (Partículas sólidas totales)
- PM₁₀ (Material particulado con tamaño de partículas de 10 micras)
- SO₂ (Dióxido de azufre)
- NO₂ (Dióxido de Nitrógeno)
- O₃ (Ozono)
- CO (Monóxido de carbono)

Los niveles permisibles reglamentados se pueden ver en la tabla 7.8

Igualmente en la misma resolución figuran los Contaminantes no convencionales con efectos carcinógenos

Generalmente, los contaminantes peligrosos del aire son productos químicos provenientes de fuentes específicas que afectan a áreas aisladas.

Igualmente, muchos contaminantes son carcinogénicos. Los carcinógenos no tienen dosis mínima; incluso la cantidad más pequeña puede producir cáncer. La Ley debe aplicar una norma segura de emisión que proporcione un amplio margen de seguridad. Obviamente, esto es imposible para los carcinógenos, salvo que se piense en la eliminación total de las sustancias de la atmósfera, lo que es igualmente imposible.

Los seres humanos rara vez están expuestos a un contaminante peligroso del aire de manera aislada. Las exposiciones a sustancias químicas diversas, que son propias de la vida real, generan todos los complejos factores relativos a las interacciones químicas: sinergia, antagonismo, potenciación, etcétera.

En términos sencillos, demasiadas variables influyen en la aparición de efectos adversos en la salud de las personas.

A menudo, los investigadores no están seguros de realizar las extrapolaciones y suposiciones necesarias para extraer conclusiones cuando entran en escena la legislación y las eventuales responsabilidades legales.

- Entre ellos figuran:
- Benceno
- Plomo y sus compuestos
- Cadmio
- Mercurio
- Hidrocarburos totales expresados como metano
- Tolueno
- Vanadio

7.4 Otros contaminantes nocivos para la calidad del aire

Otros contaminantes pueden estar presentes en el aire como resultado de la combustión de hidrocarburos derivados del petróleo, son volátiles y por ello pueden producir efectos de irritación de las mucosas del organismo, afectación del crecimiento de plantas, o ser precursores de otros contaminantes son los llamados “COVs”

7.4.1 Compuestos orgánicos volátiles “COVs”

Los contaminantes orgánicos volátiles, son generados por la combustión de derivados del petróleo (hidrocarburos livianos). Muchos de ellos son precursores de la formación del ozono y algunos de ellos carcinógenos (benceno, tolueno).

Algunos no son controlados en el país, porque al ser tan volátiles, tienen un gran poder de dispersión ayudados por los vientos, haciendo que su concentración se minimice, y por ende su efecto tóxico será menor. Se han encontrado decenas de ellos, en el aire de las grandes ciudades.

Los efectos tóxicos observados son la “irritación ocular” de naturaleza reversible, ya que ésta se cura al cesar la exposición.

El etileno, es el hidrocarburo que se ha detectado a altos niveles, y su efecto principal además de la irritación ocular, son las alteraciones en el crecimiento de las plantas y árboles, especialmente en ciudades con un gran parque automotor.

7.4.2 Grupos de sustancias tóxicas emitidas al aire a través de procesos industriales

Según varios organismos internacionales (EPA, OMS, CEPIS), hay muchas sustancias químicas de gran peligrosidad, que son emitidas al aire por los diferentes procesos industriales. Ver tabla 7.2

Grupos	Ejemplos
Metales pesados y sus compuestos	Arsénico, berilio, cadmio, plomo, mercurio, níquel, selenio, óxido de zinc
Minerales de silicato	Asbesto
Compuestos de halógeno	Dioxinas, ácido clorhídrico, fluoruro de hidrógeno, fosgeno, cloruro de vinilo, tetracloruro de carbono
Compuestos de nitrógeno	Aminas, amoníaco, cianuro, nitratos, óxido nítrico, nitritos, urea
Compuestos orgánicos	Aldehídos (por ejemplo, acroleína, formaldehído) Alcoholes alifáticos (por ejemplo, alcohol etílico, metanol) Hidrocarburos aromáticos (por ejemplo, benceno) Disulfuro de carbono Hidrocarburos alifáticos clorados (por ejemplo, tetracloruro de carbono y cloroformo) Glicoles Compuestos de fósforo orgánico (por ejemplo, varios plaguicidas)
Compuestos de azufre	Disulfuro de carbono, sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, sulfatos, sulfitos, ácido sulfúrico
Compuestos radiactivos	Actinios (por ejemplo, plutonio y uranio) Elementos de tierra alcalina (por ejemplo, radio y estroncio) Yodo Lantánidos (por ejemplo, cerio) Radón y sus productos radiactivos sólidos Tritio

Tabla 7.2 Grupos de sustancias químicas

7.5 Emisiones atmosféricas de contaminantes en el país

Según datos del MAVDT la emisión total de contaminantes atmosféricos en nuestro país, es de más de 4 millones de toneladas año, las fuentes fijas contribuyen con más del 25% y las fuentes móviles con el 75%.

Respecto a los contaminantes emitidos, el CO se presenta en una cantidad mayor al 50%, las partículas suspendidas más del 18%, los óxidos de azufre el 2%, los óxidos de nitrógeno el 9% y los hidrocarburos el 6% del total nacional aproximadamente.

7.5.1 Contaminantes emitidos por la flota vehicular

En la tabla 7.3 vemos la emisión diaria en Bogotá de los mayores contaminantes criterio del aire como son el monóxido de carbono (CO) y el material particulado respirable (PM10) de acuerdo al tipo de transporte.

Tabla 7.3 Emisiones de la flota vehicular

TIPO DE TRANSPORTE	Km/día	CO ton/día	PM10 ton/día
Vehículos particulares	20.000.000	950	0.15
Taxis	12.000.000	270	0.3
Buses y busetas	4.000.000	690	3.0
Motos	2.000.000	85	1.0
Camiones	1.500.000	490	2.0
TOTAL	40.000.000	2.500	6.0

El aporte de transmilenio al inventario de emisiones de PM10 es menor del 4%

Las emisiones de material particulado de la flota vehicular Bogotana provienen fundamentalmente de aquellos vehículos que utilizan combustible Diesel azufrado, es decir de mala calidad. Si vemos es muy importante el aporte de las motocicletas a la contaminación atmosférica.

El principal problema de la calidad del aire de Bogotá, se encuentra relacionado con el contaminante más peligroso y con tendencia al alza como es el material particulado. Además las emisiones del material particulado, provienen tanto de fuentes móviles como fijas en proporciones similares, pero el emitido por las fuentes móviles tienen mayor afectación en la salud dada sus condiciones de movilidad.

En las áreas urbanas el material particulado primario consiste principalmente en carbón (hollín), que emiten los carros, buses, camiones y equipo pesado. El material particulado secundario se forma en la atmósfera con

las partículas finas de los gases e incluye a los sulfatos, nitratos y carbón.

7.5.2 Emisión de contaminantes atmosféricos por el consumo de combustibles

La siguiente tabla muestra la emisión de contaminantes del aire por el consumo de combustibles, en Kilotoneladas (mil toneladas), en las 8 ciudades más contaminadas de Colombia, de las cuales el primer lugar lo ocupa Bogotá.

CIUDAD	PST	PM10	SOx	NOx	CO
BOGOTÁ	5.94	4.41	13.76	29.66	145.20
MEDELLÍN	4.52	3.11	8.85	16.34	94.56
CALI	6.91	4.44	2.81	17.91	84.56
BARRANQUILLA	1.67	1.66	1.41	17.23	31.52
SOGAMOSO	4.51	2.61	8.10	5.79	21.99
BUCARAMANGA	0.56	0.55	2.64	4.97	23.70
CARTAGENA	45	0.45	0.73	4.61	22.88
PEREIRA	0.37	0.32	0.73	2.91	19.50
TOTAL CIUDADES	24.93	17.55	49.03	99.41	444.12
RESTO DEL PAÍS	24.27	17.88	56.11	134.97	667.81
TOTAL NACIONAL	49.21	35.43	105.14	234.39	1.111,93

Tabla 7.5 Emisiones de la flota vehicular

7.6 Efectos tóxicos según el tipo de contaminante atmosférico

Los episodios y accidentes de contaminación del aire que acabamos de tratar, especialmente el episodio ocurrido en Londres en 1952, incrementaron la inquietud acerca de las consecuencias que supone para la salud la exposición crónica a concentraciones atmosféricas estándar de contaminantes. A fines de los años cincuenta numerosos estudios comenzaron a documentar la relación existente entre la contaminación general del aire y ciertas enfermedades crónicas.

La concentración ambiental de los contaminantes del aire supone riesgos para la salud del público general.

El hombre, al vivir en comunidades desarrolladas y en consecuencia contaminadas, por lo general expone sólo algunas áreas de su organismo a la atmósfera; pero cada día inhala aproximadamente uno 15.000 litros de aire, de tal manera que su sistema respiratorio está en contacto con ella y tiene la potencialidad de retener cualquier sustancia nociva que pueda estar contenida en ese aire. Por ello la nariz, la garganta y el sistema bronquial son los que con más frecuencia se ven afectados.

El aire se introduce en la nariz, donde el vello fino filtra la mayor parte de las partículas más grandes (> 10 micras), el resto pasa a los conductos bronquiales y alvéolos pulmonares. Los contaminantes del aire fácilmente solubles, como el dióxido de azufre, se pueden absorber en las paredes húmedas del sistema respiratorio superior, pero las partículas finas y gotas pequeñas (0.1-5 micras) van al interior a depositarse sobre la superficie del pulmón.

Los efectos de los diversos contaminantes atmosféricos sobre la salud de la población varían entre las dos clases de contaminación, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Véase tabla 7.6.

La primera es producida por el dióxido de azufre y el humo de la combustión incompleta de carbón, y por condiciones de niebla y temperaturas bajas. Por su naturaleza química se denomina contaminación de tipo reductor.

La segunda llamada contaminación tipo oxidante se produce por los hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y oxidantes fotoquímicos. Esta última es debida a los gases de combustión de los automóviles y ocurre especialmente en ciertas áreas, donde el sol intenso causa reacciones fotoquímicas en las masas de aire contaminadas, atrapadas por una capa de inversión meteorológica. Por su naturaleza se denomina contaminación de tipo oxidante o contaminación atmosférica fotoquímica.

Casi todas las personas que se enferman o mueren por ERA, enfermedades respiratorias agudas son niños menores de 5 años y adultos mayores con deficiencias cardíacas y respiratorias. Los efectos agudos sobre la salud tienen una clara relación con el tipo reductor de la contaminación. Aunque existen menos pruebas que asocien la contaminación oxidante fotoquímica con estos efectos sobre la salud humana, existen significativas correlaciones entre los niveles de oxidantes en el aire y las admisiones en los hospitales por trastornos alérgicos, enfermedades oculares inflamatorias, infecciones respiratorias superiores agudas, influenza y bronquitis.

En la figura 7.5 puede observarse los casos de morbi/mortalidad que tiene la localidad de Puente Aranda en Bogotá, una de las más contaminadas de la ciudad.

VIGILANCIA PASIVA LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA DICIEMBRE 2006

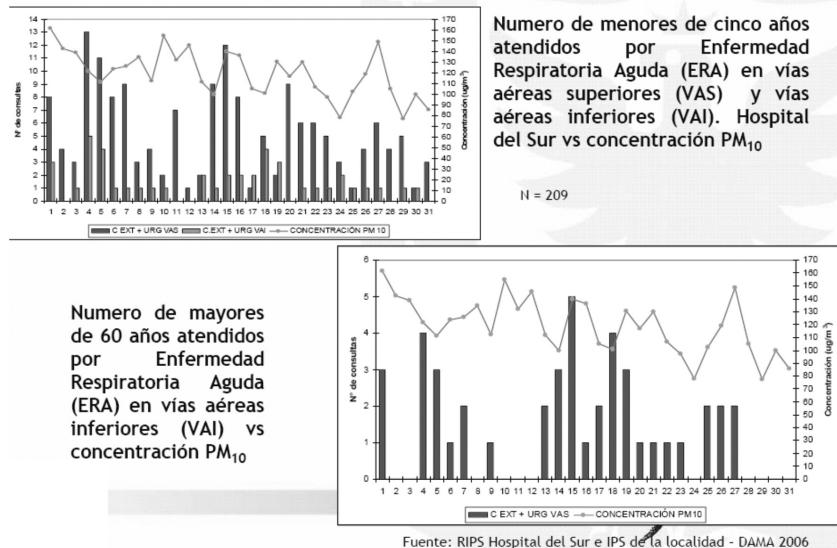


Figura 7.5 Comparación de mortalidad y morbilidad infantil y de personas mayores por ERA en la Localidad de Puente Aranda. Secretaría de Salud de Bogotá, 2005.

En las principales ciudades de Colombia la contaminación del aire se ha convertido en una de las principales preocupaciones de salud pública.

Según el MAVDT, el primer lugar en emisiones entre las grandes ciudades de país lo ocupa Bogotá. En esta ciudad, el contaminante más crítico es el material particulado (PM), el cual es emitido por fuentes móviles en un 70%, especialmente por el transporte público.

Esto es debido a la baja calidad del combustible diesel, representada principalmente por su alto contenido de azufre.

Contaminante y fuentes principales	Efectos en la salud
Monóxido de Carbono Uso de combustibles fósiles	Impide el transporte de oxígeno en la sangre. Causa daños en los sistemas nervioso central y cardiovascular.
Bióxido de Azufre (SO ₂) Trióxido de Azufre (SO ₃) Combustión de carbón y petróleo que contienen azufre	Cardiovasculares y respiratorios
Bióxido de nitrógeno (NO ₂) Monóxido de Nitrógeno (NO) Plantas generadoras de energía eléctrica (combustión a alta temperatura de combustibles fósiles)	Tracto respiratorio alto y bajo
Hidrocarburos no saturados y aromáticos Uso de petróleo, gas natural y carbón Macropartículas sólidas, líquidas Actividades industriales de transporte, de combustión, causas naturales, etc	Algunos tienen propiedades cancerigenas, teratogénicas y mutagénicas. Respiratorio, gastrointestinal, sistema nervioso central y renal.

Tabla 7.6 Contaminantes atmosféricos, efectos y fuentes (OMS)

La contaminación del aire ocurre tanto en ambientes externos (contaminación ambiental) como internos (contaminación intradomiciliaria o laboral). Al interior de las viviendas puede existir exposición a humos provenientes de la cocción de los alimentos, humos de tabaco, polvo resuspendido de los suelos de la vivienda en al estado o de las vías vecinas, y a humos provenientes de industrias existentes en el barrio.

En ciudades más contaminadas como Bogotá, una persona al aire libre, en promedio esta inhalando en cada respiración más de 10 millones de partículas microscópicas y submicroscópicas. Además las bajas temperaturas y la lluvia, como la poca movilidad del viento, favorece la mayor concentración de contaminantes en el aire, constituyéndose en un factor de riesgo para las enfermedades respiratorias.

Los efectos en la salud de los contaminantes son muy variados, pueden presentarse efectos leves como la irritación ocular, tos y dolor de garganta, hasta la exacerbación de enfermedades respiratorias (asmáticos) y reducción de las funciones pulmonares.

Muchos estudios actuales asocian la exposición a material particulado a enfermedades cardiovasculares, cáncer y muerte prematura. Por ejemplo en Bogotá, casi el 20% de los niños en edad escolar tienen síntomas compatibles con bronco-espasmo, como la tos nocturna.

Los niños tienen mayor riesgo de sufrir enfermedades respiratorias por la contaminación del aire debido a:

- El sistema inmune y respiratorio está en desarrollo
- Pasan más tiempo en espacios externos
- Respiran más aire que los adultos en proporción a su tamaño (50% más)
- Presentan mayor número de enfermedades respiratorias que facilitan o acentúan el efecto de los contaminantes.

La contaminación del aire no es un factor causal directo de la enfermedad respiratoria aguda (ERA), sino hay otros factores que ayudan al desarrollo de esta enfermedad como son la desnutrición, la contaminación intradomiciliaria, el tabaquismo y las malas condiciones de higiene, entre otras.

Al disminuir la contaminación del aire se ha observado, que hay disminución del número de consultas en urgencias y de hospitalizaciones de niños y adultos mayores.

En el caso del material particulado, los efectos en la salud, dependen del tamaño de la partícula y de su concentración y varía según las fluctuaciones diarias de PM2.5 y PM10, es decir que a medida que disminuye el tamaño de las partículas es mayor su toxicidad, debido a que penetran profundamente en las vías respiratorias inferiores y una vez dentro del árbol respiratorio son capaces de acumularse en los bronquios, bronquíolos y sacos alveolares.

A nivel internacional se reconoce que por cada aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles de PM10 se incrementan entre 0.6-35% los casos de mortalidad inmediata, y en un 3 - 3.8%, los casos de muerte a largo plazo, igualmente hay un incremento de por lo menos el 8% en el numero de consultas por ERA en niños menores de 14 años.

Además cuando respiramos, no solo respiramos partículas sino el resto de contaminantes que están presentes en el aire, por ello es importante conocer los efectos agudos y crónicos en su conjunto.

7.6.1 Efectos de la mezcla de NO_x, SO_x, O₃ y material particulado

Los contaminantes atmosféricos siempre se encuentran en una mezcla compleja. Los contaminantes NOX, SOx, O₃ y PM10 producen los mismos episodios bronco-obstructivos especialmente en los niños y adultos mayores, porque su mecanismo de acción es a nivel del sistema respiratorio, el monóxido de Carbono, el mayor contaminante gaseoso del aire, no produce esos episodios bronco-obstructivos, porque su mecanismo de acción es a nivel de la sangre. Ver más adelante los efectos del CO.

Las enfermedades respiratorias agudas o ERA son producidas por inhalación de los contaminantes antes mencionados a altas concentraciones. La mayoría de investigaciones en Colombia, se han enfocado al material particulado, porque los niveles emitidos superan los permisibles en varias ciudades del país.

La Secretaría Distrital de salud de Bogotá, realizó seguimientos de las enfermedades respiratorias en niños en el año 2005, donde se evidenciaron los siguientes efectos bronco-obstructivos.

Episodios de ERA

- Disfonía 58%
- Ruidos en el pecho 62.5%
- Dificultad respiratoria 27.3%
- Otros síntomas: tos seca o húmeda con flemas, rinitis, nariz tapada o secreciones nasales y fiebre.

Episodios de IRA

Infección respiratoria aguda baja: 71.4% que comprende bronquitis, asma, neumonía y enfisema.

Bronquitis: es la “inflamación de los bronquios”. Las evidencias de las vinculaciones entre contaminación del aire y bronquitis crónica están bien establecidas. En la bronquitis crónica, la inflamación característica va acompañada de la producción excesiva de moco y una tos productiva y persistente. Los principales factores responsables del aire ambiental son, el SO₂ (dióxido de azufre) y el material particulado.

El enfisema pulmonar se caracteriza por la distensión excesiva y la destrucción de los alvéolos (diminutas bolsas de aire ubicadas en el pulmón donde se realiza el intercambio de gas). La incidencia de esta enfermedad progresiva, aunque no relacionada de manera concluyente con los contaminantes del aire, está aumentando especialmente en las zonas urbanas altamente contaminadas.

Las evidencias que relacionan el cáncer pulmonar con la contaminación del aire, tienen como fundamento, los cientos de estudios que revelan una incidencia mayor de dicha enfermedad en las zonas urbanas que en las rurales. A pesar de ello, estas evidencias son tan generalizadas y uniformes que normalmente se aceptan como pruebas de una relación causa-efecto. Existe menor consenso en cuanto a la mortalidad que se puede atribuir a la exposición de contaminantes del aire. Los cálculos del porcentaje de muertes para las cuales la contaminación del aire es un importante factor van desde 0,1 por ciento (1 en 1.000) hasta 10 por ciento (1 en 100).

7.6.2 Efectos en la salud del Monóxido de carbono (CO)

La capacidad del CO para provocar la muerte radica en su elevada afinidad por la hemoglobina y en la estabilidad de la carboxihemoglobina formada (COHb), que evita el transporte de oxígeno por la sangre.

Respecto a la toxicocinética, 80-90 % del CO absorbido se une fuerte y establemente a la hemoglobina de los glóbulos rojos para formar carboxihemoglobina (COHb), siendo así la sangre el medio de distribución y de acumulación a la vez. La toxicidad está dada por la restricción severa que la COHb produce en la oxygenación y respiración celular en todo el organismo,

mediante el bloqueo a nivel de la hemoglobina del transporte del oxígeno desde los pulmones hacia los tejidos; hay asfixia celular, a la cual son extremadamente sensibles el cerebro y el corazón.

La exposición a concentraciones no letales conduce a alguna acumulación de COHb en la sangre, y probablemente esto es lo que les ocurre a los conductores de automóviles y a los fumadores de cigarrillos, que tienen concentraciones de COHb en la sangre superiores a las encontradas normalmente. Los efectos clínicos que se producen sobre el sistema nervioso son raros con concentraciones inferiores al 5%. Se ha comprobado, en personas expuestas voluntariamente al CO a niveles del 10-25% de COHb, efectos como vértigos, fatiga y cefalea.

En la tabla 7.7 se relacionan los síntomas con el porcentaje de COHb sanguínea.

Porcentaje de saturación sanguínea	Signos y síntomas
0-10	No hay síntomas (valores aceptables en población no fumadora)
10-20	Sienes pulsátiles (afectación de la arteria temporal), posiblemente ligera cefalea, dilatación de los vasos sanguíneos.
20-40	Cefalea severa, debilidad, mareos, visión borrosa, náuseas y vómitos.
40-50	Igual a lo anterior con mayor posibilidad de colapso. Respiración y pulso acelerado
50-60	Colapso, coma con convulsiones intermitentes, respiración de Cheyne-Stokes
60-70	Coma con convulsiones intermitentes, depresión de la función cardíaca y respiratoria
70-80	Pulso débil y respiración imperceptible, insuficiencia respiratoria y muerte

Tabla 7.7
Estándares de la calidad del aire

La exposición al monóxido de carbono (CO) en el aire urbano, se evalúa en función de las variaciones temporales de su concentración horaria a lo largo del día y en función de si los individuos permanecen de preferencia

en recintos cerrados, al interior de vehículos motorizados o en la vía pública. Estas variables permiten establecer patrones de exposición durante el día. La absorción del CO en el pulmón a nivel alveolar es del orden del 100 %. Los datos toxicodinámicos de exposición y absorción dan una apreciación inicial cualitativa acerca del riesgo, sólo faltaría efectuar las mediciones pertinentes para cuantificar estas etapas.

7.6.3 Dióxido de azufre (SO₂)

El gas dióxido de azufre (SO₂) se genera principalmente quemando combustibles fósiles que contienen azufre.

La concentración de dióxido de azufre necesaria para matar animales de laboratorio es tan elevada que poco tiene que ver con los problemas de la contaminación ambiental, pero la exposición diaria de ratas a 10 ppm de dióxido de azufre durante 1 ó 2 meses hace aumentar cinco veces la capa mucosa de la tráquea. Aunque las cílias se mueven con la frecuencia normal, el moco espeso hace más lenta la eliminación.

Una respuesta básica a la inhalación de dióxido de azufre es un grado leve de constricción bronquial. Los asmáticos tienen mayor sensibilidad al dióxido de azufre y en ellos puede producirse broncoconstricción con concentraciones muy bajas, de apenas 0,25 ppm.

Al parecer el aumento de la concentración de óxido de azufre en la atmósfera, que generalmente se acompaña de una elevación del nivel de sustancias particuladas, afecta considerablemente la morbimortalidad. Este es el caso de ciudades muy contaminadas (Londres, Nueva Cork y Cracovia), la exposición durante 24 horas a concentraciones de óxidos de azufre de 0,11 a 0,15 ppm y concentraciones de partículas totales de 500 a 600 mg/m³ de sustancia particulada.

7.6.4 Ozono (O_3)

El oxidante que se encuentra en mayor concentración en la atmósfera contaminada es el ozono (O_3) y su presencia persiste durante una parte considerable del día.

Varios kilómetros por encima de la superficie terrestre hay suficiente luz ultravioleta de onda corta para convertir O_2 en O_3 por absorción directa. De los contaminantes atmosféricos principales, el dióxido de nitrógeno es el más eficiente para absorber la luz ultravioleta.

Esta absorción produce una compleja serie de reacciones, que pueden simplificarse como puede verse en la figura 7.6

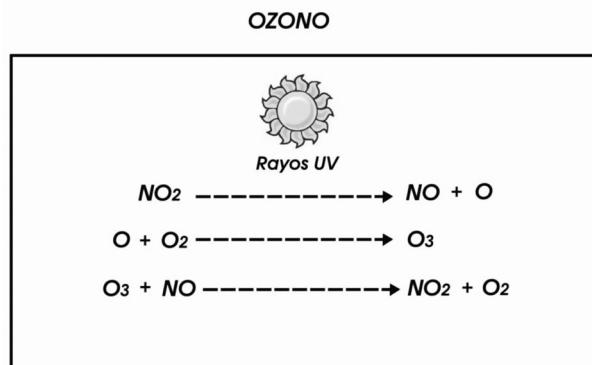


Figura 7.6 Formación cíclica del ozono en la atmósfera.

Como el NO_2 se regenera por reacción de NO y O_3 , el resultado es cíclico. Simultáneamente, átomos de oxígeno reaccionan con hidrocarburos en la atmósfera, especialmente las olefinas y los aromáticos sustituidos, dando compuestos oxidados y radicales libres que reaccionan con el NO para producir más NO_2 . El resultado es la acumulación de NO_2 y O_3 , con depleción de las concentraciones de NO .

El Ozono es un irritante pulmonar capaz de causar la muerte por edema pulmonar. Gran edema pulmonar es evidente en los ratones expuestos a concentraciones mayores de 2 ppm.

El ozono causa descamación del epitelio en toda la vía aérea ciliada y tumefacción o ruptura del endotelio capilar de los alvéolos.

La exposición a largo plazo al ozono puede causar engrosamiento de los bronquios respiratorios terminales. Bronquitis crónica, fibrosis y cambios enfisematosos se observan en diferentes especies expuestas al ozono en concentraciones un poco mayores de 1 ppm.

En ciudad de México, donde se presenta con frecuencia niveles diarios altos de ozono, la población con mayor exposición sufre de tos, opresión torácica, y sequedad de la garganta (concentraciones de 0,25 a 0,75 ppm).

El mecanismo bioquímico del daño pulmonar producido por ozono puede deberse a la formación de intermediarios reactivos con radicales libres.

Varios tipos de pruebas indican que una de las acciones biológicas del ozono es la reacción con ácidos grasos no saturados. La ozonización de estos ácidos es esencialmente equivalente a la peroxidación de lípidos.

El ozono es absorbido igualmente por las hojas de las plantas, atacando sus células y como resultado destruye la clorofila, reduce la tasa de fotosíntesis y afecta la tasa de respiración. La figura 7.7 muestra la exposición crítica y peligrosa que sufren los bogotanos por episodios de ozonificación en la atmósfera.

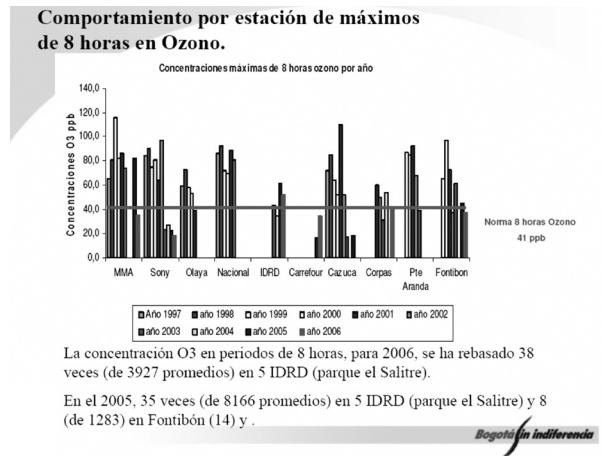


Figura 7.7 Índices de ozono en Bogotá, D. C. entre los años 2005 y 2006,
DAMA

Usos del ozono y sus efectos en la salud

El ozono es un gas incoloro, con olor acre, se emplea en la purificación del aire y del agua potable, en el tratamiento de residuos industriales, en el blanqueo de la celulosa y en la síntesis de otras sustancias. Los principales riesgos que pueden presentarse por el uso de este son:

En contacto con la piel o los ojos puede producir irritación y quemaduras.

Puede producir mutaciones y daños en la salud reproductiva. Al respirarlo niveles moderados puede causar dolor de cabeza, malestar estomacal, vómitos, dolor y opresión en el pecho. A niveles altos puede causar tos y edema pulmonar con una intensa falta de aire.

La exposición repetida puede ocasionar daños al pulmón.

7.6.5 Dióxido de nitrógeno (NO_2)

El dióxido de nitrógeno, como el ozono, es un irritante capaz de producir edema pulmonar. La DL50 para una exposición de 4 horas a dióxido de nitrógeno es de 90

ppm. Lo mismo que el ozono, el dióxido de nitrógeno daña las células tipo de los alvéolos.

La exposición crónica de animales al dióxido de nitrógeno produce lesiones enfisematosas.

La exposición experimental de animales o sujetos humanos al dióxido de nitrógeno causa alteraciones medibles de la función pulmonar. El cuadro de cambios se parece al que produce el ozono: mayor frecuencia respiratoria y menor adaptabilidad.

La resistencia pulmonar al flujo de aire se altera mínimamente. Los cambios de la función pulmonar se producen cuando sujetos sanos se exponen a 2 ó 3 ppm y pueden producirse con concentraciones mucho menores en algunos sujetos asmáticos.

La exposición a corto o largo plazo al dióxido de nitrógeno puede aumentar la susceptibilidad de los animales de experimentación a infección respiratoria.

Se disuelve fácilmente en agua y tiende atacar a las hojas de plantas que han madurado recientemente, debido quizá a la reducción de los nitritos para producir amoníaco.

7.7 Otros emisores industriales de material particulado además de las fuentes fijas y móviles

Los principales emisores industriales son la fabricación de hierro y acero, la producción de cemento, la explotación de rocas y minerales, el almacenamiento y la manipulación de granos y la elaboración de pulpa y papel.

La actividad agresora de las partículas contaminantes depende en gran parte de su tamaño. La superficie alveolar del pulmón abarca la increíble área de 64 a 80 m², esto tendrá particular importancia en la génesis del daño pulmonar por estos contaminantes.

Los peligros de algunas partículas pequeñas (menores de 10 micras), tales como de sílice o asbesto, los cuales son comunes en minas, excavaciones y algunas plantas industriales llevan a enfermedades laborales específicas tales como silicosis o asbestosis que si avanzan pueden generar la producción de cáncer de pulmón. Ver efectos nocivos del asbesto en el capítulo 10.

7.8 La importancia del Monitoreo de partículas “PM 2.5”

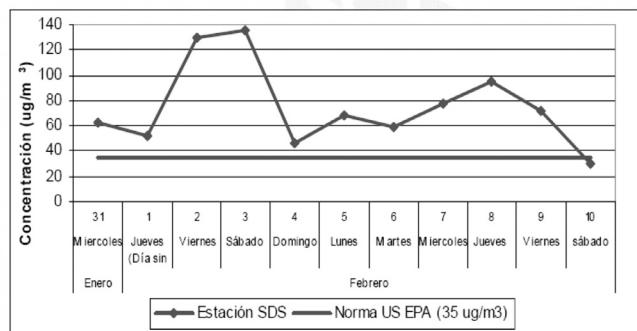
Las autoridades ambientales de otros países como la Agencia de Protección del Ambiente de los USA (EPA), esta monitoreando PM2.5 (concentración de partículas suspendidas en el aire de un tamaño igual o inferior a 2.5 micras en gramo de partículas por metro cúbico de aire), debido a que existen estudios internacionales, según la cual, las partículas mas finas tienen una mayor asociación con los indicadores de mortalidad y morbilidad de la población.

Las PM2.5 son microscópicas y por su tamaño pueden inhalarse fácilmente y en su totalidad. Las principales fuentes son los procesos de combustión, incluyendo los automotores e industrias que utilizan combustibles fósiles y la quema forestal, entre otras. En ciudades contaminadas como Bogotá, una persona al aire libre en promedio esta inhalando en cada respiración más de 10 millones de partículas microscópicas y submicroscópicas. Además las bajas

temperaturas, la lluvia y la poca la movilidad del viento, favorecen la mayor concentración de contaminantes en el aire, constituyéndose en otros factores de riesgo para las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Estas partículas contienen hollín y otros derivados de las emisiones de vehículos e industrias como partículas de metales, hidrocarburos aromáticos policíclicos, es decir están cargadas de carcinógenos. Lo anterior corresponde a la fracción más agresiva debido a que van a permanecer más tiempo en el aire, son respirables en un 100% y se depositan en las vías respiratorias inferiores (bronquios, bronquíolos, alvéolos), por ello a medida que disminuye el tamaño de las partículas es mayor su toxicidad. Al depositarse en los alvéolos donde se realiza el intercambio gaseoso (respiración) puede alterar los mecanismos de defensa del organismo a través del ingreso de bacterias y virus que ocasionan las infecciones respiratorias agudas (IRAs).

En la figura 7.8 muestra un caso de monitoreo de PM_{2.5} realizado por los equipos privados de la Universidad de la Salle, indicando el peligro de exposición de los habitantes de la Localidad de Puente Aranda. Este contaminante no es monitoreado por la red distrital.

MONITOREO DE PM_{2.5} SDS FEBRERO 2007 LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA



Fuente: Hospital del Sur Unisalle 2007

Figura 7.8 Monitoreo PM 2.5 en la Localidad de Puente Aranda, Unisalle 2007.

En este momento las normas del aire limpio para el material particulado en USA, se centran en las partículas finas de 2.5 micras o de tamaño menor, ya que una de cada 3 personas en ese país tienen alto riesgo de inhalar PM 2.5, vinculado a problemas de salud significativos, que incluyen muertes prematuras y una gama de alteraciones respiratorias y cardiovasculares. Otro efecto importante es la exacerbación de enfermedades respiratorias (asmáticos) y cardíacas, aumentando las admisiones hospitalarias, las emergencias, la ausencia escolar y la laboral. Se ha observado igualmente que al disminuir la contaminación del aire, hay disminución del número de consultas en urgencias y de hospitalizaciones de niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias y del corazón que son las más sensibles.

Contaminante	Unidad	Tiempo de Exposición
PM _{2.5}	15.0 ug/m ³ 65.0 ug/m ³	Anual 24 horas

Tabla 7.8. Estándares de calidad del aire para MP 2.5 micras. EPA. 2006

7.9 Normas nacionales para el control de la calidad del aire

El MAVDT, mediante Resolución 601 de 4 de abril de 2006, estableció la norma de calidad de aire o nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Para Bogotá, el PM10 tiene un límite de 55 unidades máximas permisibles, aunque la norma siempre es superada.

Resolución 1208 de 2004 DAMA µg/m3		Resolución 601 de 2006 MAVDT µg/m3		EPA µg/m3	
Anual	24 horas	Anual	24 horas	Anual	24 horas
55	155	70	150	50	150

Tabla 7.10 Comparación de los niveles permisibles para PM10 según el Decreto 1208 de 2004 del Dama, Resolución 601 de 2006 de MAVDT y según la EPA

CONTAMINANTE	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PST	µg/m3	100	Anual
		300	24 horas
PM10	µg/m3	70	Anual
		150	24 horas
SO ₂	µg/m3	80	Anual
		250	24 horas
		750	3 horas
NO ₂	µg/m3	100	Anual
		150	24 horas
		200	1 hora
O ₃	µg/m3	80	1 horas
		120	1 hora
CO	mg/m3	10	1 horas
		40	1 hora

Tabla 7.9
Comparación Niveles permisibles

En la tabla 7.11 pueden verse los niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos de acuerdo a los Resolución 601 del MAVDT/06.

Contaminante no convencional	Límite máximo permisible	Tiempo de exposición
Benceno	5 µg/m3	1 año
Plomo y sus compuestos	0.5 µg/m3	3 meses
	15 µg/m3	1 año
Cadmio	5 X 10-3 µg/m3	1 año
Mercurio	1 µg/m3	1 año
Hidrocarburos totales expresados como metano	1.5 µg/m3	4 meses
Tolueno	260 µg/m3	1 semana
	1000 µg/m3	30 minutos
Vanadio	1 µg/m3	24 horas

Tabla 7.11 Niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos

7.10 Niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación atmosférica

El decreto número 979 de 2006 de MAVDT en el artículo 94, habla sobre los planes de contingencia por contaminación atmosférica, en donde uno de ellos es establecer un programa de educación y un plan de acción para los centros educativos y demás entidades que realicen actividades deportivas, cívicas u otras al aire libre, de tal forma que estén preparados para reaccionar en ante una situación de alarma.

En el artículo 10 del mismo decreto habla de los niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación, estos niveles serán declarados por la autoridad ambiental competente, cuando las concentraciones y el tiempo de exposición de cualquiera de los contaminantes previstos en la norma de calidad del aire (Resolución 601 de 2006 de MAVDT) sean iguales o superiores a la concentración y el tiempo de exposición establecidos en dicha norma para cada uno de los niveles de preventión, alerta o emergencia. Ver tabla 7.12.

Así mismo, bastará para la declaratoria que el grado de concentración y el tiempo de exposición de un solo contaminante hayan llegado a los límites previstos en la norma de calidad del aire.

Contaminante	Tiempo de exposición	Unidad	Prevención	Alerta	Emergencia
PST	24 horas	g/m ³	375	625	875
PM 10	24 horas	µg/m ³	300	400	500
SOx	24 horas	µg/m ³	500	1000	1600
Nox	1 hora	µg/m ³	400	800	2000
Ozono	1 hora	µg/m ³	350	700	1000
Monóxido	8 horas	µg/m ³	17	34	46

Tabla 7.12. Concentración, tiempos de exposición y niveles de prevención, alerta y emergencia

Los habitantes de la ciudad de Bogotá y del resto del país desconocen los niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire, así como, los planes de atención de emergencias en el caso de un caos ambiental atmosférico.

7.11 Calidad de los combustibles utilizados en Colombia

Calidad del combustible diesel

No se puede ocultar la gravedad de la situación en cuanto al grado de contaminación del aire de Bogotá, en donde el marco legal nacional tiene una buena parte de responsabilidad en lo que está ocurriendo hoy en Bogotá. La Secretaría de Medio Ambiente tiene muy poca fuerza, frente a las normas nacionales que no corresponden a la realidad bogotana, y que Bogotá utiliza el peor combustible de América Latina, el diesel, mayor emisor de partículas respirables (PM10).

El 50 % del total de partículas PM10 provienen de la quema de este combustible por los vehículos de transporte público y de carga. Señala además que se han realizado controles exhaustivos a esas fuentes móviles, el 39 % se han inmovilizado, pero en muchas ocasiones dicho control ha sido inútil contra los buses chimenea, porque a las pocas semanas vuelven a circular. La ley Nacional que es el Código de Transporte, dice que si bien el vehículo puede ser multado e inmovilizado, hay que dejarlo luego salir para ser llevado a reparación, no existiendo ningún mecanismo que permita obligar al propietario de ese vehículo a pasar de nuevo a control, con el fin de constatar que el problema ha sido resuelto.

Para esto el Ministerio del Medio Ambiente y las demás autoridades competentes, deberán presentar un proyecto de ley, para que el reincidente, tenga una sanción importante y que sea inmovilizado por largo tiempo.

Igualmente la regularidad de los certificados de emisión de gases para vehículos privados (cada 2 años) y públicos (cada año), no sirve para disminuir de forma efectiva la contaminación. Por lo tanto se necesita una norma adaptada a nuestra realidad.

ECOPETROL debe cumplir con la regulación de la calidad de los combustibles, reduciendo el contenido de azufre en la gasolina y diesel según la legislación nacional e internacional vigente (Res. No. 447/03 de Ministerio de Minas y Energía y Minambiente).

La resolución 1289 de 2005 de Minambiente reglamenta la calidad Diesel o ACPM a partir de las fechas de vigencia indicadas en dicha resolución, el combustible diesel (ACPM) que se distribuya en el país, para el consumo nacional, deberá tener las características de calidad que se estipulan en la tabla 7.13, aunque la realidad se presenta por el DAMA en la figura 7.10, ya que hay piratería de diesel que permite la entrada a la Capital de diesel con las características aprobadas para las regiones, lo que incrementa la contaminación atmosférica. Pero hay que advertir, que los consumidores colombianos pagan un precio por galón de diesel de máxima calidad internacional, cuando en realidad reciben el diesel más azufrado de la región.

Es importante también que el lector analice la Resolución 1565 de 2004, también de Minambiente donde se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna.

La Resolución 1565 impuso unas normas de calidad internacional, pero exceptúo el combustible diesel para las fuentes móviles terrestres o maquinaria que se utilicen en la explotación minera, los campos de producción de petróleo o gas y la construcción de presas, represas o embalses, siempre y cuando la circulación de las mismas ocurra dentro de los límites del área de explotación del proyecto y el combustible adquirido o producido con este fin se destine exclusivamente al consumo interno de la actividad.

Parámetro	Unidad	Enero 1/96	Enero 1/98	Enero 1/06
Azufre, máximo	% en peso	0.4	0.1	0.05
Aromáticos	% en volumen	20	20	20
Índice de cetano	índice	45	45	45
Metas para la cantidad permitida de Azufre (PMM) según la Resolución 1180 de 2006				
Producto	Actual	1 julio 2007	1 julio 2008	31 dic. 2010
ACPM	4500	4000	3000	500
ACEM Bogotá	1200	1000	1000	500
Gasolina	1000	1000	1000	500

Tabla 7.13. Requisitos de calidad del combustible Diesel. Según Resol.1289 de 2005. MAVDT y metas propuestas Resolución 1180 de 2006.

No obstante, como lo declarara el gobierno nacional, entre las consideraciones técnicas y financieras elaboradas por la Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica de ECOPETROL, se encontró que los crudos y plantas existentes de las refinerías no permiten reducir el contenido de azufre a las gasolinas básicas y al diesel corriente para cumplir las normas vigentes y alcanzar las metas propuestas.

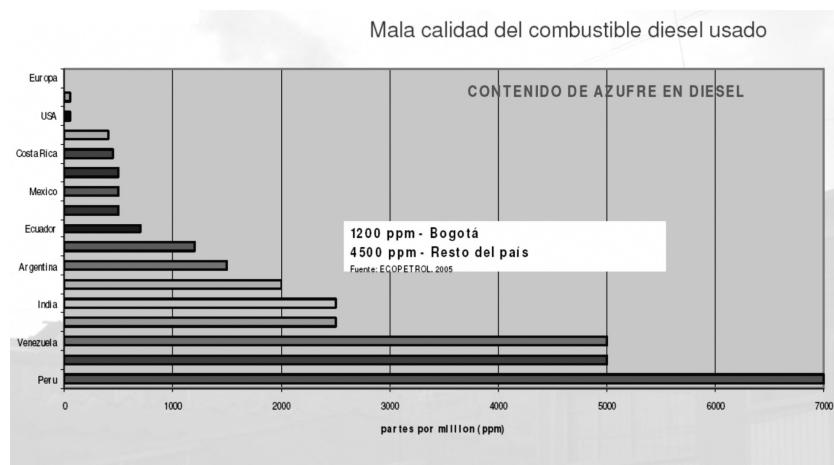


Figura 7.9 La mala calidad del diesel

Etanol en la gasolina

Otro problema crítico para el futuro del calentamiento global relacionado con las fuentes móviles es el uso de los biocombustibles que son propuestos recientemente en países como Colombia. Estos son bio, porque tienen un componente de origen vegetal, que si bien disminuyen las emisiones de monóxido de carbono y las PM10, el etanol que en la combustión incrementa el vapor de la gasolina aumentando las emisiones de dióxido de carbono y el óxido de nitrógeno que en la atmósfera incrementan la oxonificación del microclima, porque son precursores del ozono, y que son altamente peligrosos para la salud humana y el aumento del calentamiento regional y global.

Sin contar que para la producción del etanol se requieren cultivos intensivos y extensivos de palma africana, yuca, maíz entre otros, que son en su mayoría modificados genéticamente. Estos cultivos requieren 8 litros de agua para poder producir 1 litro de etanol, además de los impactos a los suelos por el incremento del uso de pesticidas y plaguicidas, y la disposición final de los bagazos de los vegetales.

Luego, si la vida contemporánea exige el uso de combustibles, es preferible mejorar la calidad de los mismos evitando las mezclas o composiciones que a largo plazo van a contribuir sinérgicamente a la contaminación atmosférica de las regiones urbanas mundiales.

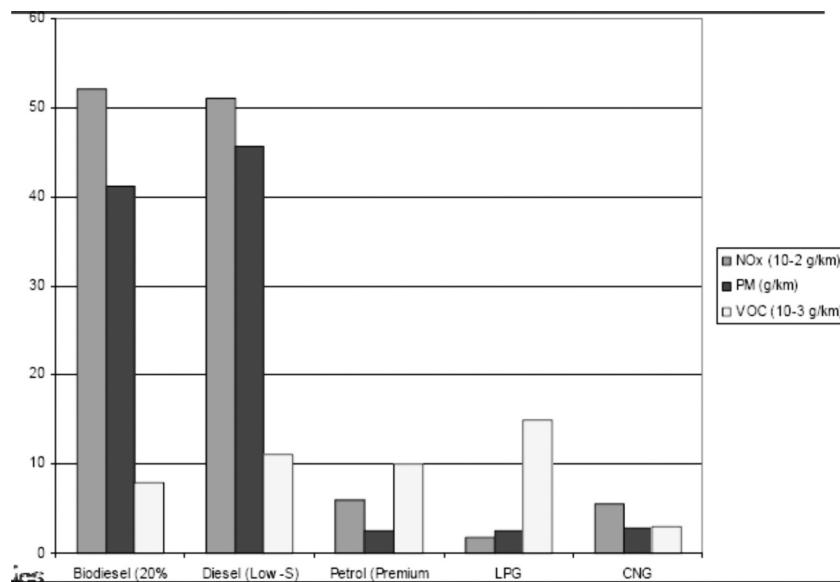


Figura 7.10 Comparación de emisiones de NOx, PM y VOC por combustibles

7.12 Aceites lubricantes usados

El manejo integral de los aceites lubricantes usados es un reto para un estado responsable por la salud de su población y para la protección del medio ambiente.

Según la ONU a través del Convenio de Basilea, el cual fue adoptado por Colombia, mediante la ley 253 de 1996, el aceite lubricante usado es considerado como residuo peligroso, pues sus principales contaminantes son altamente tóxicos (metales, Azufre, PCBs, entre otros) y su uso inadecuado no solo afecta a los seres vivos sino al ambiente.

En el país son generados grandes volúmenes de aceites usados, provenientes del consumo de lubricantes por el sector automotor, de aceites de proceso y aceite de transformadores, entre otros. El problema que se presenta es su uso como combustibles, en forma indiscriminada y sin tratamiento por la mediana y pequeña industria.

Según la Unidad de Planeación Minero-Energética del Ministerio de Minas y Energía-UPME, en Colombia cada año se generan 1.2 millones de barriles de aceite usado, de los cuales 540 barriles por día son incorporados al mercado de combustibles, especialmente para hornos y calderas de industrias medianas y pequeñas, como talleres de fundición, talleres de metalmeccánica, pequeños chircales, textileras, siderurgias pequeñas, etc.

La UPME muestra que, en general, los países que poseen las legislaciones más detalladas, como EE.UU., Canadá y los países europeos agrupados en la COMCAWE, sumados a otros como Argentina, México y Sudáfrica, se rigen por parámetros comunes en cuanto a la calidad y cantidad de los contaminantes que el aceite lubricante usado pueda contener. Los esfuerzos por tanto se dirigen, al control de la concentración de contaminantes para mantener esta concentración dentro de los límites que se consideran ambientalmente aceptables.

SUSTANCIA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (mg/kg – ppm)
Bifenilos Policlorados (PCB's)	50
Halógenos orgánicos totales(como cloro)	1.000
Arsénico	5
Cadmio	2
Cromo	10
Plomo	100
Azufre	1.7% en peso

Tabla 7.14 Niveles permisibles de contaminantes en aceites lubricantes usados, United States Environmental Protection Agency. USEPA y Resolución 415 de 1998 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. MAVDT

Si la concentración de los contaminantes es igual o inferior a la permisible consignada en la tabla el aceite usado puede ser utilizado como combustible o insumo industrial sin restricciones.

Si la concentración de contaminantes excede los límites, el residuo requiere un tratamiento previo para disminuir la concentración de los contaminantes.

Si la concentración de PCB's supera el límite establecido, el residuo debe tratarse por métodos especiales de declorinación.

Todas las industrias, obras o actividades que usen en sus hornos y calderas aceites lubricantes usados, como único combustible o en mezcla con otro tipo de combustibles, requerirán permiso de emisión atmosférica.

7.13 Bibliografía

- BREUER, G. El aire en peligro. Editorial Alambra., Madrid, España, 1993.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. CEPIS. Curso: Evaluación del Riesgo Asociado a la Contaminación del Aire. Lima, Perú, 2005.
- _____ Introducción a la Toxicología del Aire. Lima, Perú 2003.
- CULLIS, C. F. and HIRSCHLER, M. Man's Emissions of Carbon Monoxide and Hidrocarbons into the atmosphere, Atmos. Environ. 23, 1195'1203. 1999.

- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. USEPA Air Pollution Chemistry. Research Triangle Park, Carolina del Norte. USA, 1993.
- _____ Introduction to Air Pollution Toxicology. APTI (Instituto de Capacitación en la contaminación del aire). 2001.
- GOLDSTEIN, B. D. Critical review of toxic air pollutants. JAPCA 36, 367-370 1998.
- GOMEZ, G. Y SAAVEDRA, E. Diagnóstico y control de la contaminación atmosférica de origen Industrial en Colombia. DNP/PNUD: 1993.
- HARRISON, R. Pollution: Causes, Effects, and Control. 2a Edition, Royal Society of Chemistry, London, 1990.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 948/95. Control de la calidad del aire. Bogotá, 1995.
- _____ Resolución 601/06 Norma de Calidad del Aire. Niveles de Inmisión para Contaminantes Criterio y Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes no Convencionales con Efectos Carcinogénicos.
- _____ Resolución 1289/05, Requisitos de Calidad del Combustible Diesel.
- _____ Resolución 415/98, Niveles Permisibles de Contaminación de Aceites Lubricantes Usados.

- LIPPMAN, M. Ozono Health Effects. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 2000.
- SANCHEZ, E., URIBE BOTERO, E. Contaminación Industrial en Colombia. DNP/PNUD. Bogotá, 1994.
- SEINFELD, J.H., Urban Air Pollution. Science 243, 745-752, 1989.
- UNITED NATIONS ENVIRONMET PROGRAMME. UNEP. Assessment of Urban Air Quality. Basil Blackwell, Oxford, 1991.

CAPÍTULO

8

CONTAMINACIÓN
AMBIENTAL POR
COMPUESTOS
VOLÁTILES
Y LIPOSOLUBLES



Los solventes industriales y los hidrocarburos del petróleo figuran entre los mayores contaminantes ambientales del país, después de los plaguicidas y metales, debido a su gran consumo como combustibles, solventes industriales y, en el área doméstica como agentes de limpieza.

La importancia toxicológica es debida a sus propiedades de volatilidad y liposolubilidad, que hacen que ingresen al organismo por la vía inhalatoria y a través de la piel, además, debido a dichas propiedades, hacen que tengan especial tropismo al sistema nervioso central y periférico.

Los efectos narcóticos y anestésicos que producen son debidos al gran flujo sanguíneo cerebral, por ser el cerebro un tejido fuertemente vascularizado. Igualmente se distribuyen al hígado y riñón donde el riego sanguíneo es alto.

Desde el punto de vista ambiental son igualmente importantes, por el uso de combustibles fósiles (gasolina y diesel) en el transporte e industrias, responsables de la gran contaminación atmosférica. Igualmente se presenta contaminación de cuerpos de agua y suelos a través de los derrames de petróleo accidentales e intencionales.

Los solventes utilizados en el país pertenecen a una gran variedad de familias con características toxicológicas importantes.

Dentro de éstos grupos tenemos:

- Hidrocarburos alifáticos
- Hidrocarburos halogenados
- Hidrocarburos aromáticos

- Derivados aminados y nitrados, alifáticos y aromáticos
- Alcoholes
- Glicoles
- Esteres y éteres
- Aldehídos y cetonas
- Ácidos, anhídridos y amidas aromáticas
- Derivados azufrados

La mayoría de solventes de uso industrial y como combustibles son derivados del petróleo. Hablaremos de los que tienen mayores usos y efectos toxicológicos.

Se denominan hidrocarburos a aquellos compuestos formados por carbono e hidrógeno que, en general, se obtienen por la destilación fraccionada del petróleo. Su principal uso está en la industria como combustibles, producción de monómeros de plásticos, fabricación del caucho, extracción de grasas, perfumería, etc.

Su acción tóxica es muy variable, sin embargo, los productos que presentan los mismos radicales o funciones químicas poseen acciones análogas. La relación entre las fórmulas moleculares y los síntomas observados será de utilidad en la clasificación de los hidrocarburos y sus derivados. Ver figura 8.1

8.1 Hidrocarburos alifáticos saturados, alifáticos no saturados y cílicos saturados y no saturados

8.1.1 Hidrocarburos alifáticos saturados o parafinas

Son comúnmente conocidos como alkanos y se caracterizan por tener enlaces simples entre los átomos de carbono. Es importante tener presente, que aquellos que tienen de

1 a 4 carbonos son gases, como el metano, etano, propano y butano, los que tienen de 5 a 17 carbonos son líquidos volátiles y, de 18 carbonos en adelante son sólidos.

CLASIFICACIÓN DE LOS HIDROCARBUROS (HC)

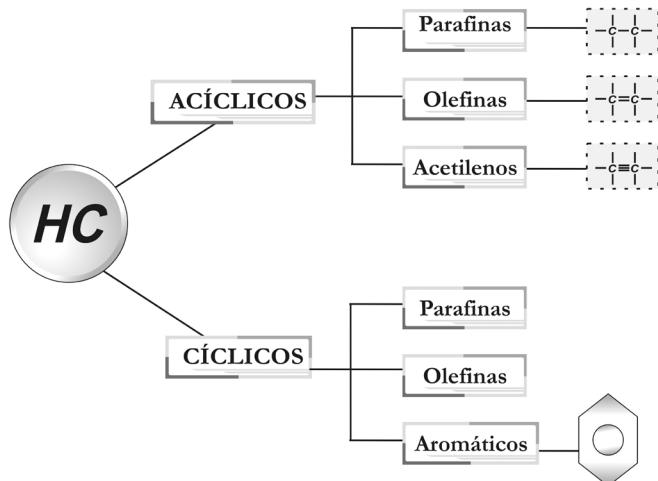


Figura 8.1 Clasificación de los hidrocarburos y sus derivados

En la figura 8.2 se observa cómo por destilación fraccionada del petróleo se obtienen diferentes hidrocarburos.

Los solventes de uso corriente no se componen de un solo hidrocarburo, sino por lo general son mezclas, por lo cual analizaremos los diferentes compuestos de acuerdo con su estado físico.

Cualquier solvente derivado del petróleo es una mezcla de hidrocarburos

A. Hidrocarburos gaseosos

Los alcanos entre C₁ y C₄, como lo dijimos antes, son gases y muy poco solubles en agua, producen por inhalación efectos narcóticos característicos del grupo de

los hidrocarburos y en grandes concentraciones producen asfixia.

En primer lugar, tenemos los hidrocarburos gaseosos de la serie acíclica o alifática.

El metano también se produce por putrefacción de la materia orgánica, grave problema que tienen los depósitos de basura, en donde no hay control de la emisión de gases. El metano se origina también en las explotaciones de carbón, se denomina gas “grisú” y es altamente explosivo al mezclarse con el aire.

Junto con el etano, propano y butano, son inflamables y explosivos, siendo mayor el riesgo por explosión que por su toxicidad. Ver tabla 8.1

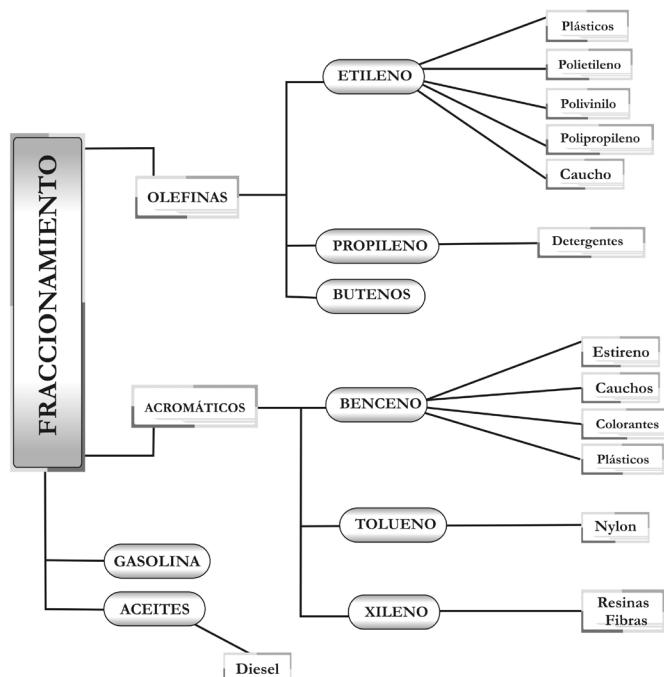


Figura 8.2 Hidrocarburos obtenidos por destilación fraccionada del petróleo y sus aplicaciones industriales

Compuesto	Toxicidad ppm	Inflamabilidad Volúmenes %
Metano	100.000	5-15
Etano	50.000	3-12
Propano	50.000	2-9
Butano		2-8
Olefinas		2-8
Acetilenos	5.000	2

Tabla 8.1 Toxicidad e inflamabilidad de los hidrocarburos gaseosos, de las olefinas y acetilenos

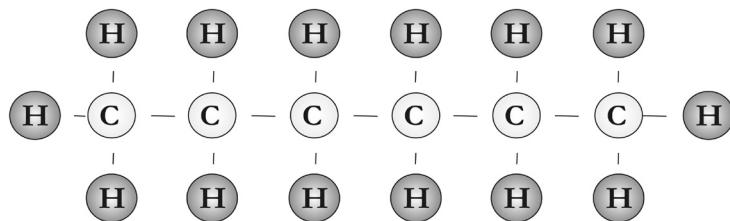


Figura 8.3 Hidrocarburo alifático saturado (hexano)

B. Hidrocarburos líquidos

La gasolina se puede considerar como el hidrocarburo típico de estado líquido. Es una mezcla de varias parafinas, olefinas y también de hidrocarburos aromáticos, primando sobre todos el heptano. Su principal uso es como combustible para automotores, y es por esto que al buscar una mejor calidad como combustible se le adicionan una serie de químicos que incrementan su toxicidad. Podemos mencionar entre ellos el tetraetilo de plomo como antidetonante, cloro, soda cáustica y amoníaco.

El tetraetilo de plomo es un líquido volátil que ya no se usa en el país por los graves problemas de neurotoxicidad ocasionados por el plomo (encefalopatías y neuropatías). En el momento se utiliza, ante todo en EE.UU., otro antidetonante, el metil-terbutil-eter (MTBE), líquido muy volátil con efectos agudos y crónicos. La EPA lo clasifica como probable carcinógeno (Categoría B1).

La gravedad de la intoxicación por gasolina reside en su vía del ingreso al organismo: La intoxicación por ingestión es más peligrosa que por inhalación.

Cualquier hidrocarburo líquido presenta el mismo cuadro de toxicidad de la gasolina, como es el caso del kerosene y cincinol, usados como combustibles en estufas o para la iluminación en lámparas.

8.1.2 Hidrocarburos alifáticos no saturados

Tenemos dos grupos: El primero de ellos son las olefinas, también conocidas como alquenos, cuya característica es la presencia de dobles enlaces entre los átomos de carbono. También es importante su estado físico de C₂ a C₄ son gases, de C₅ a C₁₄ son líquidos y de C₁₅ en adelante son sólidos.

El segundo grupo son los acetilenos o alquinos, los cuales se caracterizan por triples enlaces entre los átomos de carbono. Este triple enlace los hace más reactivos y por lo tanto más tóxicos.

8.1.3 Hidrocarburos cíclicos saturados y no saturados

Saturados

Regresando a la clasificación inicial de los hidrocarburos, en el grupo de los cíclicos se encuentra como primera división los saturados. Sus acciones tóxicas dependen esencialmente del número de átomos de carbono que contengan y es así como al disminuir el número de átomos de carbono se incrementa la acción narcótica.

Las ciclopárafinas como los hidrocarburos alifáticos, producen irritación de la piel y de mucosas y efectos narcóticos.

No saturados

Los principales representantes de estos son los denominados terpénicos, que son tóxicos a grandes dosis.

8.1.4 Hidrocarburos aromáticos

El benceno es el principal representante de los hidrocarburos aromáticos. De todos los hidrocarburos derivados del petróleo es el de mayor volatilidad (PE de 60°C), por lo cual se encuentra en todos los productos de refinación del petróleo, aumentando el riesgo por inhalación de estos derivados del petróleo.

Nunca se encuentra puro. Entre sus usos se encuentra la fabricación de medicamentos, tintes, detergentes, plásticos, explosivos, caucho, resinas y, en la síntesis de otros compuestos aromáticos.

Es muy rara la ingestión de benceno. En cambio, es frecuente la inhalación de sus vapores, que se da en mayor proporción en los expendios de gasolina y a través de los gases emitidos por los automotores, razón por la cual es controlada su emisión, Resolución 601/06 de MAVDT.

El benceno, al ser inhalado, se propaga rápidamente desde los pulmones a la sangre y se metaboliza en el hígado a compuestos que interactúan con el ADN celular. Asimismo, es soluble en lípidos y es absorbido fácilmente en la piel y las células que recubren el sistema digestivo.

El benceno produce intoxicaciones agudas y crónicas, pero lo más grave es que es un carcinógeno humano reconocido, y además produce anemia grave al interactuar en la formación de la sangre a nivel de la médula ósea.

En la tabla 8.2 puede verse la composición de algunos derivados del petróleo.

8.2 Composición de algunos derivados del petróleo

Producto	Composición
Gasolina	Alcanos, cicloalcanos, cicloalquenos, BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno)
Diesel	Alcanos, cicloalcanos, cicloalquenos, BTEX, HAPs (Hidrocarburos aromáticos polinucleares)
Fuel Oil	Alcanos, cicloalcanos, cicloalquenos, BTEX, HAPs
Aceite lubricante	Alcanos, PAHs

Tabla 8.2 Composición general de algunos productos del petróleo

8.3 Efectos agudos y crónicos de los hidrocarburos derivados del petróleo y de los demás solventes

Los componentes del petróleo de efectos más nocivos para el hombre son los hidrocarburos aromáticos, ya que algunos tienen toxicidad a largo plazo como los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Tolueno). El benceno produce leucemia; el tolueno, etilbenceno y xileno producen neuropatías periféricas. Además, todos producen daño hepático y renal.

Los solventes con niveles de exposición altos pueden presentar narcosis y muerte; con niveles moderados o bajos y por largos períodos de exposición ocupacional, presentan disturbios del sistema nervioso central llamados efectos narcóticos caracterizados por:

- Dolores de cabeza

- Disminución de la sensibilidad cutánea
- Alteraciones de la memoria
- Confusión, desorientación, irritabilidad y depresión
- Pérdida de reflejos, debilidad y temblores de las extremidades
- Descoordinación y fatiga

Sobre la piel y mucosas pueden producir irritación, eritema, dermatitis y conjuntivitis.

En casos de exposición crónica pueden producirse lesiones en la piel por ser desengrasantes, afectación del sistema nervioso central y periférico (neuropatías), daños hepáticos y renales, y efectos específicos de cada solvente.

Hay solventes que debido a exposición por períodos largos pueden producir desmielinización de las fibras nerviosas del sistema nervioso periférico con los siguientes síntomas:

- Pérdida de la sensibilidad cutánea, primero en las extremidades superiores y luego en las inferiores.
- Hormigueos, dolores y calambres musculares en piernas y manos.
- Parálisis motora, cuando la afectación ha llegado al neuroeje de la fibra nerviosa.

En la tabla 8.3 se pueden ver los solventes productores de las neuropatías periféricas

El tolueno es el solvente más utilizado en el área industrial. Químicamente es el metilbenceno. El de calidad industrial tiene 25% de benceno y presenta todos los efectos agudos y crónicos antes nombrados.

El Xileno, químicamente es el dimetilbenceno, utilizado para síntesis de muchas sustancias y como solvente, tiene los mismos efectos del tolueno.

El Tetracloroetileno (PCE), es de gran uso en las lavanderías. En el momento es considerado como gran contaminante de las aguas por los residuos arrojados en ellas ya que no es biodegradable.

La inhalación prolongada produce somnolencia, neuritis del trigémino y desmielinización de la columna vertebral.

Solvente
Benceno
Xileno
Tolueno
Alcohol etílico
Tricloroetileno (TCE)
Sulfuro de carbono
Hexano
Metil-butil-cetona
Tetracloroetileno (PCE)

En el momento está cuestionado a nivel mundial por ser disruptor endocrino, bloquea el funcionamiento de las hormonas de la reproducción. Como consecuencia de ello, se han presentado en mujeres expuestas problemas menstruales y abortos espontáneos y al hombre puede llevarlo a la infertilidad.

Es catalogado como posible carcinógeno (IARC: 2B).

Tabla 8.3 Solventes productores de neuropatías periféricas

Gasolina. Efectos

La gasolina es un líquido inflamable con peligro de incendio. Puede contener plomo y benceno. El plomo con múltiples efectos, y el benceno, reconocido carcinógeno humano. Puede ingresar por las tres vías del organismo: Oral, dérmica o inhalatoria.

La alta exposición durante el embarazo podría causar daño al feto en desarrollo.

Sus vapores y el contacto dérmico pueden producir irritación de ojos y piel y graves problemas cuando la exposición es prolongada, dermatitis, úlceras, erosiones, quemaduras de ojos y piel. Efectos narcóticos y respiratorios por la marcada depresión sobre el sistema nervioso central y sobre el sistema respiratorio (inflamación de los epitelios pulmonares e infección).

La exposición repetida y en altos niveles puede ocasionar daño cerebral, pulmonar, renal y hepático.

Los efectos a largo plazo (Neurotoxicidad aguda y crónica) pueden verse en el cap. III.

Desde hace pocos años se está demostrando que el hexano es el mayor desmielinizante de las fibras nerviosas del sistema nervioso periférico, afectando la conducción nerviosa, causando con ello la pérdida de la sensibilidad cutánea y del movimiento en las personas expuestas, lo que caracteriza una neuropatía periférica.

En la tabla 8.3 se muestran los solventes que presentan éstos efectos.

8.4 Impacto en la salud humana y ambiente por los derrames de petróleo

Una vez que el petróleo y sus derivados llegan al ambiente, actúan en los organismos vivos produciendo efectos nocivos que dependen de las concentraciones y los tiempos de exposición. En los ecosistemas acuáticos, el petróleo, a concentraciones bajas, retarda la división celular y el crecimiento de plancton. 427

En concentraciones superiores, produce la muerte de organismos y especies fitoplanctónicas, así como larvas y huevecillos de peces. Igualmente, al depositarse sobre las branquias de los peces, impide el intercambio de gases con la consecuente mortalidad.

En la figura 8. 4 puede verse el grado de dispersión de los hidrocarburos del petróleo después de un derrame en un cuerpo de agua.

- *Afectación de la biodiversidad.* Lamentablemente la explotación y el transporte de petróleo se realizan en zonas de alta biodiversidad, afectando los órganos respiratorios por su viscosidad tanto en la flora como en la fauna acuática y terrestre.
- *Afectación de cuerpos lóticos y lénticos de aguas,* ya que los derrames afectan lagos, ciénagas, caños, esteros, humedales y arroyos. El MAVDT habla de una contaminación en el país de más de 2.600 Kms de ríos y 13 cuencas contaminadas.
- *Contaminación de suelos y cambio de uso de ellos.* Se han inhabilitado en el país más de 6.000 Ha de suelos. Este compuesto penetra hasta 3 m de profundidad destruyendo la capa vegetal. Su recuperación tarda 20 años.
- *Daño en la vegetación.* Los derrames producen deforestación y destrucción de la vegetación herbácea y arbórea, ya que casi siempre van seguidos de incendios.

Además, se produce gran impacto socioeconómico por afectación de la tierra cultivable, destrucción de cultivos y pastos, afectación de la pesca y muertes humanas por los incendios y explosiones. Colombia ha sufrido

derrames de crudo en suelos que no han sido totalmente reparados.

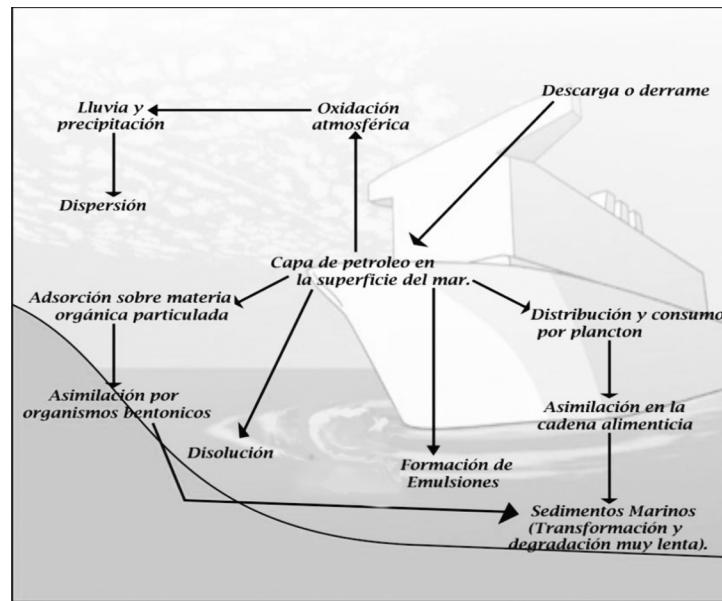


Figura 8.4 Dispersión de los hidrocarburos después de un derrame de petróleo

8.5 Bibliografía

- AVELLANEDA, A. Petróleo, Colonización y Medio Ambiente en Colombia. Eco Ediciones, Bogotá, 1998.
- BARRERA F., S. Introducción a la Problemática del Medio Ambiente. Universidad de Los Andes. Departamento de Ingeniería Civil, Bogotá, 1997.
- CONTRALORÍA GENERAL DE LA NACIÓN. Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente. Informe 2000 – 2001.

- ECOPETROL. Cartilla Instructiva Sobre la Atención Primaria de Derrames. Sector Hidrocarburos y Derivados. 2001.
- ENGELHARDT, F. R. (Ed.) Petroleum Effects of Oil Pollution. Elsevier Science Publishing Co. London, 1995.
- QUER BROSSA, S., Toxicología Industrial. Salvat Editores. Barcelona, 1983.
- LEVI, E.M. Oil Pollution in the world's Oceans. Ambio, 226-235. 1984.
- POKLIS,A., BURKETT, C. Gasoline Sniffing. A review. Clin. Toxicolgy 11, 35. 1987.
- SPENCER, P., SCHUMBURG, H. Experimental and Clinical Nerotoxicology. William & Wilkin, Baltimore, 1980.



CAPÍTULO 9



CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES



La liberación cada vez mayor de sustancias químicas, ha hecho que la comunidad internacional concentre su atención en una categoría de esas sustancias denominadas “Contaminantes Orgánicos Persistentes”.

Los compuestos orgánicos persistentes, llamados a nivel mundial los COP, son considerados como los grandes contaminantes ambientales debido a que permanecen por años en los componentes ambientales y en los organismos vivos conservando su misma estructura química y su toxicidad, es decir, no se degradan o lo hacen muy lentamente.

Producen un grave desequilibrio ecológico, pero quizá lo más preocupante es su presencia en las cadenas tróficas alimentarias terrestres y acuáticas.

17 Compuestos que tienen éstas propiedades hacen parte del Convenio de Estocolmo.

9.1 Compuestos químicos persistentes objetivo del Convenio de Estocolmo, propiedades y efectos en la salud y medio ambiente

El Convenio de Estocolmo estableció un listado inicial de sustancias a eliminar o restringir a escala global al considerarlas muy graves para la salud y el medio ambiente, la llamada docena sucia. Ver figura 9.1



Figura 9.1 Compuestos orgánicos persistentes

El convenio de Estocolmo ordena eliminar la producción de 12 compuestos y reducir su emisión al ambiente. Los gobiernos de los distintos países tienen plazo hasta el año 2025 para erradicar completamente el uso de estos compuestos, lo que da tiempo para encontrar sus respectivos sustitutos.

El Gobierno Nacional debe comenzar a adelantar de inmediato las acciones pertinentes para dar cumplimiento a los compromisos internacionales que se vienen adquiriendo a raíz de la firma del Convenio de Estocolmo el 23 de mayo de 2001.

Este Convenio constituye el primer instrumento internacional jurídicamente vinculante para la aplicación de medidas internacionales respecto de 12 COP específicos, a los cuales se han agregado 5 más en la reunión de los expertos en Mayo de 2007.

Entre esos compuestos figuran:

- *Los insecticidas organoclorados.* Aldrín, dieldrín, endrín, DDT, clordano, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex y toxafeno.
- *Bifenilos policlorados.* Con mas de 50% de cloro en la molécula, entre ellos figuran los arocloros 1248, 1254, y 1260.

Dioxinas y Furanos

Propiedades físico-químicas y toxicológicas

Estos 12 compuestos tienen propiedades físico-químicas y toxicológicas comunes y peligrosas. Los 155 países signatarios del convenio de Estocolmo se comprometieron a eliminar su producción y uso, debido a que presentan las siguientes características:

- Persistencia de años en los componentes ambientales y residualidad en las cadenas tróficas alimentarias.
- *Bioacumulables y biomagnificables.* Es decir, se acumulan en organismos vivos y su concentración va aumentando con el tiempo.
- *Son transportados por el aire y el agua y depositados lejos del lugar donde son liberados.* Circulan globalmente a través de un proceso conocido como el “efecto salamontes”.
- *Productores de muerte y alteraciones graves en la salud de humanos y vida silvestre, como cáncer, afectación del sistema inmunológico, reproductivo y nervioso.*
- Son disruptores endocrinos. Bloquean hormonas tiroideas y de la reproducción.

El mayor peligro es la exposición de personas que trabajan con éstos o que viven cerca de fuentes de emisión, como por ejemplo cerca de incineradores.

En la reunión de Dakar (Abril 30 a 4 Mayo 2007) de los expertos del Convenio, la lista se acaba de ampliar a cinco sustancias más:

- *Pentabromdifenileter y hexabromobifenilo (PBB).* Son usados como retardantes de la llama, especialmente en teléfonos celulares, generando dioxinas y furanos bromados. Estas sustancias son neurotóxicas (alteran el comportamiento), bloquean la hormona tiroidea y los estrógenos, afectando el crecimiento de los fetos ya que fácilmente atraviesan la barrera placentaria.

En USA, en el año 2004, se utilizaron mil toneladas de PBB como retardantes de llama en 674 millones de celulares. Un celular que pese 75 gramos contiene el 2% de PBB, siendo el principal problema los residuos de estos aparatos. Además estos retardantes pueden liberar al ambiente metales con efectos irreversibles (cáncer) en la salud como el Cadmio y Mercurio:

- Clordecon y lindano (Insecticidas Organoclorados)
- Perfluoro-octosulfonatos. PFOS (surfactantes y antiadherente)

9.1.1 Insecticidas organoclorados

Estos insecticidas ya fueron prohibidos por el Ministerio de Salud en el país a partir del año 1993. Pero Colombia tiene 160 toneladas como un pasivo ambiental.

El DDT fue utilizado por el Ministerio de Salud durante muchos años para el control del vector de la malaria, pero debido a su impacto medioambiental se prohibió casi universalmente. En Colombia fue prohibido mediante Resolución #10255 de 1993 por el entonces Ministerio de Salud, junto con varios insecticidas organoclorados utilizados en el Sector agrícola.

BOGOTA	12	TONELADAS
CARTAGENA	1.9	"
HONDA	135 .4	"
INIRIDA-GUAINIA	0.6	"
TOTAL:	160.00	TONELADAS

Según los reportes del MAVDT y la Auditoria General de la Nación, en Bogotá se encuentran almacenadas 12 toneladas de DDT en las mismas bodegas donde funciona el almacén central del MAVDT y cerca del cuarto frío donde están las vacunas para los programas que

adelanta el mismo Ministerio a nivel nacional, además de la existencia de cartones, plásticos y papeles impregnados de DDT esparcidos por las bodegas.

Las toneladas de DDT almacenado en la población de Honda, se encuentran en bodegas ubicadas a 100 metros de la planta de tratamiento de agua potable de esa población, con gran riesgo en la salud de la población.

Las propiedades de éstos insecticidas pueden verse en el capítulo 11.

9.1.2 Bifenilos policlorados (PCBs), Usos, Propiedades, Exposición, Efectos tóxicos, tratamiento, Sustitutos

Los PCBs han sorprendido al mundo, ya que en pocos años reemplazaron a los insecticidas organoclorados como los contaminantes más comunes, persistentes en el ambiente, bioacumulables y productores de efectos a largo plazo (cáncer).

El uso más importante de los PCBs es en transformadores eléctricos por ser térmicamente estables y buenos transmisores de la energía. Además se usan en fluidos para la transferencia de calor, en fluidos hidráulicos y en aceites lubricantes, entre otros.

El único uso de los PCBs es en transformadores eléctricos para la conducción de la energía

Son líquidos aceitosos cuya estructura química está conformada por dos anillos bencénicos unidos (bifenilo) y varios átomos sustituyentes en la molécula, que le dan gran estabilidad química. De allí su persistencia, residualidad y liposolubilidad. Ver figura 9.2. Se producen por medio de una cloración controlada del bifenilo.

Existen unos 200 compuestos con la estructura básica pero con numerosos átomos de cloro en las diferentes posiciones del bifenilo. Los que más se utilizan llevan los nombres comerciales de arocloros y clorofenooles, aunque hay muchos más nombres designados por las casas productoras de ellos.

ESTRUCTURA DEL BIFELINO

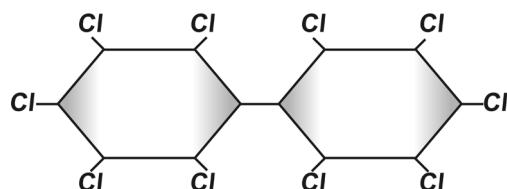


Figura 9.2. Estructura química del bifenilo policlorado

Los más utilizados son:

- El arocloro 1260 (con 60% de cloro en peso y con 11 isómeros. El número doce corresponde a los doce carbonos de la molécula)
- El arocloro 1254 (54% de cloro y con 18 isómeros)
- El arocloro 1245(45% de cloro en peso y 12 isómeros)
- Propiedades físico-químicas y toxicológicas de los PCBs

Las propiedades físicas, químicas y toxicológicas de los COP varían con la cantidad de átomos de cloro sustituyentes en la molécula ya que la molécula alcanza a tener hasta 10 átomos de cloro.

Las propiedades físico- químicas y toxicológicas son las siguientes:

- Alta constante dieléctrica
- Baja solubilidad en agua

- Baja presión de vapor
- Gran estabilidad térmica, química y biológica
- Logaritmo del Coeficiente de partición mayor a 5
- FBC mayor a 5.000

Tienen alta constante dieléctrica debido a su naturaleza no polar.

Son compuestos no solubles en agua, no volátiles, ni inflamables, ni corrosivos.

Altamente liposolubles y por tanto miscibles con solventes y acumulables en los seres vivos. Así para una molécula de PCBs con 8 cloros el Log Kow es de 5 y su FBC mayor de 5.000, que indica que quedara retenido en su totalidad en el tejido adiposo.

Los PCBs no se biotransforman, ni se degradan fácilmente en el ambiente. Su estabilidad ambiental es debido a la cantidad de átomos de cloro de la molécula, que le quitan la capacidad de reaccionar con otros compuestos como el agua.

Como en la mayoría de los agentes químicos, no se conocen con exactitud los patrones de incorporación al ambiente. Sin embargo, hay dos vehículos a través de los cuales los PCBs se han difundido en forma notable al ambiente: el aire y el agua. Se dispone de una enorme información sobre la presencia de PCB en las aguas marinas y dulces, en la atmósfera y en los sistemas biológicos.

Igual que los insecticidas organoclorados, sufren de procesos de biomagnificación, es decir, un aumento de la concentración a través de las cadenas tróficas alimentarias.

Se acumulan en sedimentos de ríos y lagos, reflejando indirectamente la contaminación del agua.

Los alimentos, especialmente de origen animal (peces, leche, etc), son la ruta principal de llegada de los residuos de estos compuestos al hombre, así como la inhalación de humos que contengan PCB's y su contacto con los ojos o la piel.

En el organismo humano, son depositados en el tejido adiposo, permaneciendo por años en él, por eso se habla de que es una contaminación de por vida.

Se han comprobado efectos nocivos en organismos de todos los niveles tróficos, desde las algas hasta los peces y aves, pasando por las bacterias e invertebrados. Pero quizás los organismos más afectados son los peces, ya que se ha comprobado que son estimulantes enzimáticos afectando por esto su reproducción.

Además, se han encontrado altas concentraciones en leche materna, sangre y tejidos de seres humanos. Igualmente se han hallado en organismos acuáticos.

El riesgo mayor para el hombre es el consumo de peces contaminados con PCBs

El riesgo mayor para el ser humano es el consumo de pescado contaminado, ya que estos compuestos son carcinógenos y la mayor frecuencia de neoplasmas malignos se presentan en el hígado. Los estudios toxicológicos demuestran que no son mutágenos.

Exposición a los PCBs

La mayor exposición del hombre a estos compuestos es a través:

Uso de tubos fluorescentes antiguos y artefactos como televisores y refrigeradores fabricados hace 30 años o más. Estos artículos pueden dejar escapar pequeñas cantidades de PCBs al aire cuando se calientan durante su funcionamiento y así constituir una fuente de exposición de la piel.

Comiendo alimentos contaminados. Las principales fuentes de PCBs en la dieta son pescados (especialmente aquellos cogidos en lagos o ríos contaminados), carne y productos lácteos.

Respirando aire cerca de sitios de desechos y tomando agua de pozo contaminada. En el trabajo durante reparación o mantenimiento de transformadores con PCBs; accidentes, incendios o escapes de transformadores, luces fluorescentes, y otros artículos eléctricos antiguos; y desecho de materiales con PCBs.

Toxicidad de los PCBs

No tienen toxicidad aguda, la DL50 oral en ratas, es de 1-10 g/Kg.

Tienen toxicidad crónica y graves efectos a largo plazo:

Son probables carcinógenos según la IARC (categoría carcinogénica 2A). Los compuestos con más del 50% de cloro en la molécula producen cáncer hepático.

Efectos en la reproducción por su contenido de dioxinas y malformaciones en embriones y fetos.

Inducción enzimática. Estimulan las monooxigenasas hepáticas produciendo graves alteraciones en el metabolismo de las sustancias presentes en el organismo, como medicamentos.

- Hepatotoxicidad por la estimulación de enzimas hepáticas.
- Deterioro del sistema inmunológico.
- Cloroacné. Especialmente en trabajadores que manipulan estas sustancias.
- Disrupción endocrina. Hace disminuir la hormona tiroidea, afectando el crecimiento y metabolismo de las grasas.

Efectos tóxicos

El efecto que se observa más comúnmente en gente expuesta a grandes cantidades de PCBs son problemas en la piel como acné o salpullido. Estudios en trabajadores expuestos han observado alteraciones en la sangre y la orina que pueden indicar daño al hígado. Es improbable que el nivel de exposición del público en general a los PCBs produzca efectos a la piel o al hígado.

Animales que comieron alimentos con grandes cantidades de PCBs por poco tiempo sufrieron leve daño del hígado y algunos murieron. Animales que comieron alimentos con cantidades de PCBs más pequeñas durante semanas o meses manifestaron varios tipos de efectos incluyendo anemia; condiciones de la piel similares al acné; y daño del hígado, el estómago y la glándula tiroideas. Otros efectos descritos en animales incluyen alteraciones del sistema inmunitario, de comportamiento y deterioro del sistema reproductivo.

No hay evidencia de que los PCBs causen defectos de nacimiento. Algunos efectos observados en los organismos ambientales son:

Peces: afectación de la reproducción, aumento de la mortalidad de peces jóvenes.

Mamíferos: alteraciones inmunológicas, problemas hepáticos y cáncer del hígado.

Aves: afectación en su reproducción y alteraciones del sistema inmunológico.

Alternativas y tratamiento de sus residuos

Los países desarrollados desde el año 1975 observaron que estos productos afectaban la reproducción de peces, focas, morsas, pingüinos, aves, y por ello a partir de 1976, empezaron a utilizar sus sustitutos, entre ellos están los monocloro y diclorobifenilos, aceites de silicona o aceites minerales dieléctricos en los transformadores para la conducción de la energía eléctrica.

El tratamiento es muy costoso, ya que en los compuestos se deben primero eliminar los cloros de la molécula, para luego incinerarse, o incinerarse directamente en un horno que llegue su temperatura a 1.200 grados centígrados, con control interno de sus emisiones. Igualmente hay técnicas de bioremediación, donde se utilizan bacterias que acaban con estos compuestos.

Niveles permisibles

La EPA ha establecido un nivel de contaminación máximo de 0.0005 miligramos de PCBs por litro de agua potable (0.0005 mg/L).

La Administración de Alimentos y Drogas (FDA) requiere que leche, huevos, y otros productos lácteos, grasa de aves, pescados, mariscos, y alimentos para niños

no contengan más de 0.2 a 3 partes de PCBs por cada millón de partes de alimento (0.2-3 ppm).

9.1.2.1 Uso y almacenamiento de Bifenilos Policlorados en el Sector eléctrico

Hay dos clases de poseedores de equipos contaminados con PCB:

- Concesionarias del sector eléctrico y grandes consumidores industriales.
- Industrias y poseedores de sectores no industriales, que son pequeños o medianos consumidores de energía (comercio, edificios, otros)

	TONELADAS EQUIPO + TONELADAS FLUÍDO
Puro > 1000ppm	1.600
Contaminado < 1000ppm	18.364
TOTAL	19.964

Tabla 9.1
INVENTARIO DE PCB.
MAVDT- 2006

La producción y el empleo de PCBs durante décadas, principalmente en grandes transformadores eléctricos, han provocado que sean hoy contaminantes ambientales presentes en sitios tan distantes como el Ártico.

Ante la evidencia de la toxicidad y persistencia en el ambiente de estos contaminantes, los países industrializados prohibieron su producción y colocaron restricciones a su uso. Los PCBs han sido empleados durante décadas principalmente como fluidos dieléctri-

cos en transformadores y capacidores, en máquinas hidráulicas y como solventes de algunas tintas.

En Colombia existe una cantidad aún desconocida de PCBs y en riesgo de ser emitida al medio ambiente colocando nuevas amenazas sobre la población. Los transformadores, además, a menudo padecen explosiones que provocan la emisión de las peligrosas dioxinas.

Es por ello imprescindible que mientras se cumplen los plazos de las resoluciones vigentes y los compromisos internacionales de eliminación de PCBs, las empresas que los emplean actúen con responsabilidad y no sólo los manejen con los máximos estándares de seguridad sino que los reemplacen inmediatamente.

Existen significativas evidencias de su importancia ambiental en términos de contaminación en nuestro país, por lo que no hay tiempo que perder.

El riesgo de seguir manteniendo en uso transformadores con PCBs debe evitarse.

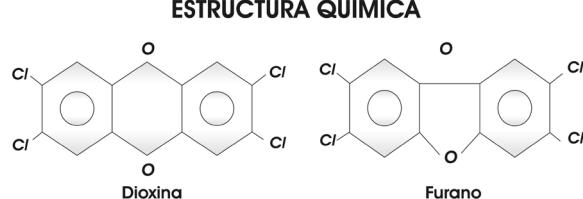
El inventario de las existencias actuales de PCBs debe ser absolutamente público y debe realizarse además una evaluación del grado de exposición de la población en general a través de programas de dosajes de PCBs en los tejidos y en los alimentos grasos.

9.1.3 Dioxinas y furanos. Generación de emisiones, Propiedades físico-químicas y toxicológicas, efectos

Estos compuestos son producidos como subproductos de varios procesos de síntesis, cuando son utilizados los triclorofenoles como materia prima y por incineración de basuras sin control de sus emisiones. Por lo tanto no tienen uso industrial como tales.

Químicamente son llamados dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDDs) y dibenzofuranos policlorados (PCDFs). Se caracterizan por tener una estructura de 3 anillos: 2 anillos bencénicos y un anillo en medio que puede ser un grupo dioxina o un grupo furano. Son 210 compuestos. 75 dioxinas y 135 furanos con diferentes grados de cloración. Ver figura 9.3

Figura 9.3
Estructura química de las dioxinas y furanos



La formación de dioxinas y furanos se efectúa durante la síntesis de los siguientes productos, cuando son usados los triclorofenoles como materia prima:

- PCBs
- Herbicidas fenoxiacéticos (2,4 D y 2,4,5 T)
- Pentaclorofenol y,
- Hexaclorobenceno

También hay formación de dioxinas y furanos durante procesos industriales tales como:

- Incineración de basuras (95%). Las dioxinas se liberan al aire en emisiones de incineradores de residuos sólidos o industriales.
- Fabricación de papel. Cuando se usa el cloro para el blanqueamiento de la celulosa.
- Gases de combustión de automotores.
- Fabricación e incineración del PVC. (500.000 toneladas producen 50 mg de dioxinas).
- Quema de madera tratada con inmunizantes (pentaclorofenol).

- Lodos y fangos resultantes del tratamiento de aguas residuales o por cloración de agua potable.
- Crudos de petróleo (contienen una ppt).
- Cartón y papel reciclado.

¿Qué les sucede a las dioxinas cuando entran al ambiente?

Cuando se liberan al aire, algunas dioxinas pueden ser transportadas largas distancias, hasta alrededor del globo terrestre.

Cuando se liberan en aguas de desecho, algunas dioxinas son degradadas por la luz solar, algunas se evaporan al aire, pero la mayoría se adhiere a partículas y se van al sedimento del fondo en el agua.

Las concentraciones de las dioxinas pueden crecer en la cadena alimentaria, como se ha podido comprobar en animales.

¿Cómo podría estar expuesto a las dioxinas?

- Comer alimentos, principalmente carne, productos lácteos y pescado, constituye más del 90% de la ingesta de dioxinas para el público en general.
- Respirando aire y tomando agua contaminada.
- Por contacto de la piel con ciertos plaguicidas.
- Viviendo cerca de un sitio de incineración de basuras y residuos peligrosos, sin control de emisiones. Trabajando en industrias que producen ciertos pesticidas que contienen dioxinas como impurezas, trabajando en aserraderos de pulpa o papel u operando incineradores.

Propiedades físico-químicas y toxicológicas

Entre las principales propiedades físicas, químicas y toxicológicas de estos compuestos figuran:

- No volátiles.
- Liposolubles.
- Persistentes.
- Alta toxicidad aguda y crónica.

Toxicidad aguda

La toxicidad de los 210 compuestos es diferente, va a depender del grado de clorinación de la molécula y de la posición de los átomos de cloro en ella. La dioxina más tóxica es aquella que tiene 4 cloros en las posiciones 2, 3, 7, 8 o sea la tetraclorodibenzo- para- dioxina o TCDD. Las otras se metabolizan y eliminan con rapidez. Solo 17 compuestos son de gran toxicidad aguda y crónica, 7 son dioxinas y 10 furanos.

Las dioxinas tienen gran toxicidad aguda y crónica

Estas dioxinas son de extremada toxicidad aguda por las siguientes propiedades:

DL50, oral (rata) = 1 ng/Kg, es decir que se necesita 1×10^{-9} de un gramo para matar la mitad de las ratas, en la prueba-laboratorio

Es 100.000 veces más tóxica que el gas sarin, y un millón de veces más tóxica que el arsénico y cadmio.

La ingesta diaria aceptable o RfD, según la EPA (aguas y alimentos) = 6 fg/Kg peso/día (1 fentogramo es igual a 1×10^{-15} de gramo).

La EPA ha establecido un límite de 0.00003 microgramos de 2,3,7,8 TCDD por litro de agua potable (0.00003 µg/L). La Administración de Alimentos y Drogas (FDA) recomienda no comer pescados y mariscos con niveles de 2,3,7,8-TCDD mayores que 50 partes por trillón (50 ppt).

Toxicidad crónica

Los efectos a largo plazo de las dioxinas son los siguientes:

- Alteraciones en el sistema inmunológico.
- Alteraciones reproductivas, incluyendo abortos, malformaciones. Es la sustancia más teratógena que hay en el mundo (fisura palatina y paladar hendido).
- Reconocido carcinógeno humano. Según la EPA la categoría carcinogénica es A, la IARC en 1997 la clasificó como carcinógeno, categoría 1 (cánceres de hígado y tiroides).
- Disruptor endocrino. Alteraciones de las hormonas de la reproducción (testosterona).

Efectos agudos y crónicos en humanos

Una vez absorbidas las dioxinas y compuestos relacionados son rápidamente distribuidos a los diferentes órganos, pero especialmente al hígado y al tejido adiposo. Los seres humanos son capaces de metabolizar pero muy lentamente las dioxinas. Estas van fluyendo del depósito (tejido adiposo) a la sangre, para luego ir al hígado a ser metabolizadas.

La difusión transplacentaria de estas sustancias está perfectamente comprobada, exponiendo al feto en desarrollo a los efectos teratogénicos que producen. Estos

efectos podrían aumentarse por la lactancia materna, que incorpora en la grasa láctea cantidades significativas de dioxinas (en madres expuestas).

El efecto más conocido sobre la salud de seres humanos expuestos a una gran cantidad de dioxinas es cloracné. Cloracné es una enfermedad grave de la piel con lesiones parecidas al acné principalmente en la cara y la parte superior del cuerpo. Otros efectos que se notaron en gente expuesta a altos niveles de dioxinas incluyen erupción cutánea y decoloración de la piel. La exposición a altas concentraciones de dioxinas puede producir alteraciones en el metabolismo de glucosa y alteraciones leves en los niveles hormonales.

La exposición de los humanos es a través de alimentos contaminados, especialmente marinos, y por inhalación de gases de incineradores al quemar basura. Es por ello que el tratamiento de incineración de basuras sin control de su emisiones es muy cuestionado.

EL 90% de la exposición a dioxinas y furanos proviene de los alimentos, especialmente de origen animal.

9.1.3.1 Efectos sobre organismos ambientales

- Alteraciones en la fertilidad de pájaros, peces y crustáceos.
- Afectación en el apareamiento sucesivo de pájaros, tortugas y peces.
- Alteración del sistema inmunológico en pájaros y mamíferos silvestres.
- Daño severo del hígado de pájaros, mamífero, y peces.

Las águilas, cóndores y halcones han desaparecido del medio natural por el consumo de pescado contaminado que altera su apareamiento y reproducción. Es un verdadero tóxico que daña la biodiversidad terrestre y acuática.

Canadá NMP en peces = 20 ppt (ng/Kg)

9.1.3.2 Factores de equivalencia tóxica de las dioxinas

La similitud de los aspectos toxicológicos del conjunto de las dioxinas, ha permitido establecer un parámetro para poder definir la toxicidad relativa de cada una de ellas. Se trata del Factor de Equivalencia Tóxica o TEF (del inglés Toxic Equivalency Factor) que utiliza a la TCDD (2, 3, 7, 8 tetraclorodibenzo-p-dioxina) como referencia, asignándole un valor de 1.

La mayoría de los valores TEF para los diferentes compuestos han sido ya establecidos. Pero la compleja naturaleza de las mezclas de dioxinas, furanos y PCBs existentes en la realidad ambiental, complica notablemente la evaluación de riesgos ambientales y sanitarios.

Por este motivo, se ha desarrollado otro parámetro que facilita la determinación de los riesgos y el control regulatorio sobre la exposición a estas mezclas.

Este parámetro es conocido como Concentración Equivalente Tóxica o TEQ, que combina valores TEF para cada uno de los congéneres individuales presentes en la mezcla, con su concentración misma.

En los países industrializados, el consumo diario de dioxinas y furanos es de 50-200 pg TEQ/persona/día. En varios países europeos se han detectado dioxinas en leche, carne y huevos, por el uso de piensos contami-

nados, o debido a que las aves y animales se encuentran cerca de plantas incineradoras de basuras.

9.1.3.3 Liberación no intencionada de dioxinas y furanos en algunos sectores productivos sin la suficiente capacidad nacional para monitorearlos y controlarlos

El inventario nacional de fuentes y emisiones de dioxinas y furanos de Colombia provee resultados para el año de 2002.

Desde entonces a la fecha, algunas de las fuentes con mayor aporte han tenido variaciones significativas derivadas de la política y la normatividad expedida, como es el caso específico del manejo de residuos sólidos.

La medición de las emisiones anuales en el año 2006, según la empresa CYDEP Ltda. contratada para hacerlo por el MAVDT son de 898 gEQT/A. Los mayores emisores son:

- Los Procesos de combustión no controlados: 509 gEQT con la participación del total de las emisiones del 57%.
- La incineración de desechos: 106 gEQT que corresponde al 12% del total de las emisiones.
- Generación de energía y calefacción: 82 gEQT, 9% de las emisiones totales.
- Transporte: 2 gEQT, con 0% de las emisiones totales.

9.2 Otros compuestos orgánicos persistentes que no hacen parte de los COP

Hay una serie de compuestos orgánicos que no hacen parte de los COP. Entre ellos tenemos:

- Hidrocarburos aromáticos polinucleares
- Plásticos, y
- Detergentes

9.2.1 Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs), fuentes, propiedades, exposición, efectos

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes que se forman durante la combustión incompleta del carbón, petróleo y gasolina, basuras y otras sustancias orgánicas como tabaco y en carnes ahumadas de forma natural o asadas en parrilla.

Los HAPs se encuentran generalmente como una mezcla de varios compuestos en los productos de combustión.

Los HAPs se caracterizan desde el punto de vista químico, por la fusión de varios anillos bencénicos organizados de forma lineal o angular.

Las estructuras químicas pueden verse en la figura 9.4.

La mayoría tienen de 2 a 5 anillos. Estos anillos pueden tomar varias posiciones en el mismo plano dando lugar a que cada molécula tenga varios isómeros.

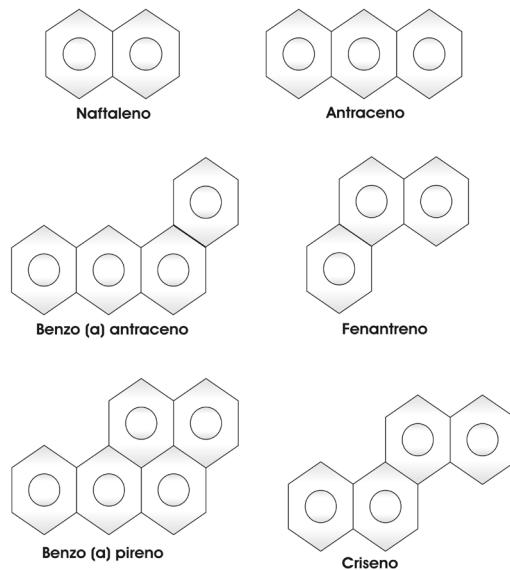


Figura 9.4 Estructura química de algunos HAPs

Fuentes

- Emisiones vehiculares e industriales (por la combustión de derivados del petróleo, carbón, leña).
- Quemas forestales y de basuras.
- Erupciones volcánicas.
- Extracción del petróleo y en sus subproductos (diesel, aceites lubricantes, otros).
- Ahumado y asado de alimentos

Las fuentes naturales de los HAPs son, en su mayoría, el hollín y el humo producido por combustión de materia orgánica. El uso del carbón como combustible aporta más cantidad de estos contaminantes que el resto de combustibles. Varios países utilizan el carbón para calentamiento de espacios en épocas de invierno, generando miles de toneladas de benzo(A)pireno al año.

El humo y hollín son ricos en alquitranes y estos contienen los HAP

Los lodos petroleros presentan altos niveles de HAPS, por encima de los permisibles, como naftaleno, antraceno, benzo(a)pireno, criseno. Por ello hay necesidad de controlarlos, por ejemplo, 1 cigarrillo produce 2 microgramos de benzo(a)pireno.

Hay fuentes importantes generadoras de estos compuestos como son las industrias del aluminio, de la producción de coque, combustión no controlada de cables, calefacción de locales (multiquemadores, chimeneas) y el tráfico vehicular especialmente por el empleo de combustibles tipo Diesel. Todas las emisiones en forma generalmente de partículas van a contaminar el aire, suelos y aguas superficiales donde van a ser depositadas.

Propiedades de los HAPs

Gran estabilidad química por su baja reactividad, son persistentes en el aire, agua, suelos y sedimentos.

Baja polaridad y por lo tanto son de alta liposolubilidad y efecto acumulativo en el tejido adiposo de hombres, animales y alimentos. Metabolismo lento en los organismos vivos y ecosistemas.

¿Qué les sucede a los HAPs cuando entran al ambiente?

- Los HAPs pasan al aire principalmente por emisiones volcánicas, incendios forestales, combustión de carbón y del escape de automóviles.

- Los HAPs pueden encontrarse en el aire adheridos a partículas de polvo.
- Ciertas partículas de HAPs pueden evaporarse al aire fácilmente del suelo o de aguas superficiales.
- Los HAPs pueden degradarse en un período de días a semanas al reaccionar con luz solar o con otras sustancias químicas en el aire.
- Los HAPs pasan al agua a través de desechos de plantas industriales y de plantas de tratamiento de aguas residuales.
- La mayoría de los HAPs no se disuelven fácilmente en agua.
- Microorganismos pueden degradar HAPs en el suelo o en el agua después de un período de semanas a meses.
- En el suelo, es probable que los HAPs se adhieran firmemente a partículas; ciertos HAPs se movilizan a través del suelo y contaminan el agua subterránea.
- La cantidad de HAPs en plantas y en animales puede ser mucho mayor que la cantidad en el suelo o en el agua donde viven estos organismos.

Exposición a los HAPs

Hay varias fuentes de exposición a estos compuestos:

- Respirando aire contaminado. Especialmente si vive cerca de quemadores de basura municipales, o si vive cerca o trabaja en plantas que producen coque, alquitrán y asfalto; en industrias de alimentos donde se ahuman de forma natural embutidos y alimentos cárnicos.
- Respirando aire con HAPs del humo de cigarrillos, humo de madera, emisiones del tubo de escape de automóviles, caminos de asfalto o humo de la combustión de productos agrícolas.

- A través de contacto con aire, agua o tierra cerca de sitios de depósito o tratamiento de residuos peligrosos.
- Comiendo alimentos que han sido sometidos a tratamientos térmicos fuertes (arepas o carnes preparadas en la parrilla), o productos ahumados al natural.
- Las madres que lactan y que viven cerca de sitios de incineración de residuos peligrosos pueden pasar los HAPs a los niños a través de la leche materna.
- La principal vía de ingreso de éstos contaminantes es la vía oral (98%).

Los alimentos asados y ahumados son los que más aportan HAPs al organismo humano.

Una vez ingresados estos compuestos a través de los alimentos, van a la sangre y por su liposolubilidad van a acumularse al tejido adiposo. Desde este depósito, sólo un 6% pasa lentamente a la sangre, para luego pasar al hígado a metabolizarse muy lentamente. Por reacciones de oxidación estos compuestos pasan sus respectivos époxidos, dioles y trioles responsables de la alteración del DNA (mutaciones y cáncer).

Pueden atravesar fácilmente la barrera placentaria para producir efectos fetotóxicos y embriotóxicos en mujeres embarazadas expuestas.

Se ha confirmado que unos 12 HAPs, entre ellos el benzo(a)pireno, el indeno, el pireno y el benzofluorantreno, son carcinógenos en animales de laboratorio y en el hombre, de acuerdo a estudios epidemiológicos efectuados por organismos internacionales (OMS, IARC, NCI). El resto son promotores del cáncer.

La IARC clasifica igualmente como carcinógenos humanos (categoría carcinogénica I) las sustancias resultantes de los procesos de combustión que los contienen, como:

- Alquitranes
- Aceites quemados
- Aceites minerales
- Hollín
- Humo
- Gasificación del carbón
- Negro de humo
- Tabaco y su humo

La exposición del hombre a los HAP en general y al benzo(a)pireno en particular por ser el más frecuente en el ambiente y el más potente carcinógeno, se produce por medio de los alimentos, el agua y el aire. La contribución relativa del agua de consumo se ha estimado entre el 0,1 -1,3%, del total de los HAP ingeridos, el aire contribuye en un 0,9%. En consecuencia, los alimentos son los que aportan al organismo la mayor contaminación.

Todos los HAPs son carcinógenos o promotores de cáncer.

El ambiente secontamina con estos compuestos por las emisiones vehiculares e industriales, especialmente cuando se usa diesel o aceites lubricantes usados como combustibles.

Tratar de limpiar el ambiente de éstos compuestos es difícil, debido a que hay humo y hollín por todas partes.

En el área rural hay gran contaminación, especialmente en ambientes internos por el uso de carbón y leña

como combustibles. En este momento se asegura, que la mayoría de cánceres que se generan en esta área son generados por estos materiales.

9.2.2 Plásticos. Monómeros y aditivos, Efectos ambientales y humanos

Los plásticos son compuestos químicos de moléculas grandes llamados polímeros.

Los polímeros se obtienen por la unión de miles de moléculas pequeñas llamados monómeros mediante varios procesos de polimerización, policondensación y poliadición o por modificaciones químicas de las macromoléculas lineares.

Todos estos materiales se caracterizan por su gran estabilidad, ligereza, resistencia y flexibilidad que hace que sean ampliamente utilizados en el mundo para el envase, empaque y embalaje de productos alimentarios e industriales, como para la fabricación de productos de bajo peso y resistencia.

El consumo creciente de los plásticos genera al final de su vida útil, un excesivo volumen de residuos, que por su no degradabilidad, y el poder de migración de sus monómeros a las aguas y alimentos, hace que sean considerados como grandes contaminantes ambientales.

Los plásticos nos han invadido sin darnos cuenta. Por ejemplo, el 34% de un coche es de plástico, con 1.700 piezas plásticas.

Según varias investigaciones hechas en el país, más de 9% del total de las basuras generadas en el país son materiales plásticos.

El problema de los materiales plásticos es su no degradabilidad y la migración de sus monómeros y aditivos a las aguas y alimentos

...

Monómeros

Entre los plásticos más utilizados tenemos:

- PET. Polietileno tereftalato
- PEBD. Polietileno de baja densidad
- PEAB. Polietileno de alta densidad
- PVC. Cloruro de polivinilo
- PP. Polipropileno
- PS. Poliestireno

Algunos de los diferentes productos de plástico los podemos ver en la figura 9.5. A continuación presentaremos sus principales usos y ventajas según la anterior clasificación de los Monómeros.

Polietileno tereftalato

Es producido a partir del Ácido tereftálico y el etilenglicol. Existen dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe postcondensar.

Usos: envases para gaseosas, aceite, agua mineral, alimentos. Fibras textiles, bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles (pavimentación de caminos), películas radiográficas.

Ventajas: impermeable, transparente, irrompible, liviano, no tóxico (al contenido)

Polietileno de baja y alta densidad

Se producen a partir del etileno que es un derivado del petróleo. Estos plásticos al quemarse emiten vapores de este gas que es irritante de mucosas.

- *Usos del PEBD:* en bolsas de todo tipo (supermercado, cosméticos, alimentos, etc), envases de alimentos, productos industriales y hospitalarios (leche, agua, sueros), tuberías para riego.
- *Usos del PEAD:* envases de detergentes, aceites, cestas para gaseosas y bebidas, baldes, tambores, mazetas, tanques, contenedores.
- *Ventajas:* No tóxicos, resistentes a las bajas temperaturas, irrompibles, livianos, flexibles, impermeables.

Policloruro de vinilo

PRODUCTOS DE PLÁSTICO



El PVC es un material termoplástico, es decir, que bajo la acción del calor se reblandece, y así puede moldearse fácilmente, al enfriarse recuperar la consistencia inicial y conservar su nueva forma. El monómero utilizado en su fabri-

Figura 9.5
Productos de plástico

cación es un gas llamado cloruro de vinilo a través de reacciones de polimerización.

Su versatilidad le permite obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen desde productos rígidos hasta productos totalmente flexibles.

Usos: Envases para agua, aceites y alimentos, marcos de ventanas y puerta, tuberías y cañerías, redes de agua potable, mangueras, pilas, juguetes, películas flexibles (carnes, verduras, etc), cables, cuerina, catéteres, bolsas para sueros y sangre, pisos, carcasas de electrodomésticos y computadoras, etc.

La mayor utilización a nivel mundial es en la industria de la construcción (55%), con una vida útil de los materiales usados en la construcción de 100 años.

Un 24 % es utilizado en electrodomésticos, piezas de automóvil, mangueras y juguetes con una vida media de 15 años.

Un 12% es utilizado en aplicaciones de corta duración, como por ejemplo botellas, tarros, con una vida media de 2 años. Muy poca cantidad se utiliza en el embalaje, razones por la cual se encuentra en pequeñas cantidades en los residuos sólidos urbanos (0.7%).

Ventajas: Liviano, resistente a la interperie y corrosión, impermeable, gran resistencia al impacto, económico, no es atacado por insectos u hongos.

Polipropileno

El polipropileno se obtiene por polimerización del propileno. Este monómero no tiene toxicidad. El PP es un

plástico de elevada rigidez, transparente, muy estable y resistente, se fabrica en diferentes y atractivos colores, transparentes u opacos.

Usos: costales, jeringas desechables, hilos, cordeles, tapas en general, bazar y menaje, cajones para bebidas, baldes, fibras para tapicería, pañales desechables, alfombras, cajas de baterías, autopartes.

Ventajas: no tóxico, resistente a la temperatura (hasta 135°C) impermeable, irrompible, transparente y de alta resistencia química.

Poliestireno

Como la mayoría de los polímeros termoplásticos, es un derivado de los hidrocarburos de petróleo. A partir del benceno y del etileno se obtiene el estireno, para que por polimerización de éste, se obtenga el PS. El monómero está catalogado como posible carcinógeno. Al quemar este plástico produce irritación de mucosas (ojos, garganta y fosas nasales).

Hay dos tipos de polímeros: uno llamado cristal y el otro de alto impacto.

Usos: envases para lácteos, helados y dulces; bandejas de supermercado; heladeras; maquinas de afeitar desechables; platos; cubiertos; juguetes; espumas y alfombras.

Ventajas: brillo, liviano, irrompible, impermeable, transparente.

Aditivos de los plásticos

Entre los aditivos agregados a los plásticos para mejorar su calidad figuran:

- Plastificantes.
- Estabilizantes.
- Colorantes.

Plastificantes. Los ftalatos

Son sustancias que se agregan a los plásticos para aumentar su flexibilidad. Cuando están agregados a los plásticos, permiten que las moléculas largas de polímero (polivinilo) resbalen una contra otra.

En la actualidad las más utilizadas son los ftalatos conocidos también como ésteres de ftalato.

Los ftalatos son líquidos incoloros e inodoros que muestran alta solubilidad en aceite y volatilidad baja.

Los ésteres del ftalato son los ésteres dialquílicos o arílicos del ácido 1,2, bencenodicarboxílico; el nombre ftalato deriva de la nomenclatura tradicional de ácido ftálico.

El grupo carboxilo ($\text{C}=\text{O}$) polar apenas contribuye a las propiedades físicas de los ftalatos, excepto cuando los radicales R y R' son muy pequeños (tales como grupos etilo y metilo).

Se producen por reacción del anhídrido ftálico con un alcohol apropiado (normalmente alcoholes de entre 6 y 13 carbonos). Ver estructura química en la figura 9.6.

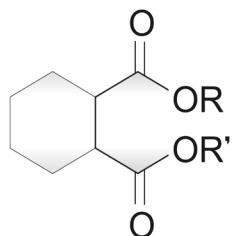


Figura 9.6 Estructura química general de los ftalatos: R y R' = $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$; n = 4-15.

Los ftalatos con radicales R y R' pequeños son usados como disolventes en perfumería y pesticidas.

Los ftalatos se usan también con frecuencia en los esmaltes de uñas, adhesivos, masillas, pigmentos de pintura e incluso en algunos juguetes sexuales.

Cerca de 400.000 toneladas de ellos fueron producidos durante el año 2004. La primera producción fue durante los años 20 y se han producido en cantidades grandes desde los años 50, cuando se introdujo el PVC.

El DEHP, es utilizado sobre todo en el PVC por su bajo costo, para aplicaciones médicas, tales como bolsas para líquidos parenterales, cánulas, tubos y mangueras, guantes.

EL DINP, es el más usado en juguetes y mordillos.

El DBP, es usado en juguetes.

El BBP, se utiliza en la fabricación de la espuma y cobertura de PVC, utilizado sobre todo como material de recubrimiento de superficies.

Los ftalatos más empleados pueden verse en la tabla 9.1

Tabla 9.1.
Ftalatos de mayor uso industrial

GRUPO	COMPUESTOS
DEHP	Di-2 Etilhexil ftalato, tambien llamado di-octil ftalato (DOP)
DINP y DIDP	Di- isosnif ftalato Di- isodecil ftalato
Ftalatos especiales	Di- butil ftalato (DBP) Di- isobutil ftalato (DIBP) Di- isoheptil ftalato (DIHP) Di- isoocitil ftalato (DIOP) Di- isoundecil ftalato (DIUP) Di- isotridecil ftalato (DTDP) Bencilbutil ftalato (BBP) Otrosa ftalatos lineales y semilineales

Exposición a los ftalatos

El DEHP, el de mayor uso, está presente generalmente en niveles muy bajos en:

- Productos médicos empacados en plástico como por ejemplo sangre y otros productos.
- Ciertos alimentos empacados en plásticos, especialmente alimentos grasos como productos lácteos, pescados o mariscos y aceites.
- Agua de pozo cercana de sitios de depósito de basuras.
- Aire contaminado después de incineración de basuras que contienen plásticos.
- Tuberías intravenosas de plástico si se usan extensamente, como por ejemplo para diálisis renal.

Efectos tóxicos de los ftalatos

Los Ftalatos son polémicos porque han demostrado actividad hormonal en los estudios animales. Los estudios en los animales que implicaban cantidades grandes de ftalatos han demostrado daño al hígado, riñones y pulmones y alteraciones en el desarrollo de los testículos y aparato reproductor masculino.

La industria de los plásticos insiste que los Ftalatos no plantean ningún riesgo a los seres humanos puesto que exponen a la gente a las cantidades extremadamente pequeñas de Ftalatos.

Pero esto es relativo, porque prácticamente todo cuanto tocamos tiene plásticos, y el más usado está presente en la gran mayoría de ellos, así los plásticos que recubren alimentos, superficies plásticas de tacto agradable o blando, colchones de espuma, laca de pelo y uñas, cortinas de baño, perfumes, desodorantes, empuñadu-

ras de todo tipo, superficies plásticas del automóvil, etc. tienen el Ftalato, en contacto con nuestra piel y es fácilmente absorbido por esta. Contribuyendo en gran modo al incremento de la infertilidad de la población de áreas más desarrolladas.

PVC y plastificantes en los juguetes infantiles

En septiembre de 2004, la Unión Europea llegó a un acuerdo para prohibir el uso de algunos plastificantes del Ftalato en los juguetes de los niños. Tres Ftalatos fueron clasificados como tóxicos para la reproducción, DEHP, BBP y DBP (dibutilftalato) y fueron prohibidos en todos los juguetes.

La utilización de PVC en juguetes infantiles representa un riesgo inaceptable y evitable, debido a la evidencia científica que demuestra los efectos tóxicos de los plastificantes en animales de experimentación. El elevado potencial de exposición, la vulnerabilidad infantil a sustancias tóxicas y los recientes estudios científicos sobre los posibles efectos en el sistema hormonal, desaconsejan totalmente su uso.

En 1996, Greenpeace inició una investigación sobre los juguetes blandos de PVC, con el fin de determinar la presencia de plastificantes tóxicos. Los resultados fueron alarmantes. El equipo de investigación de Greenpeace Internacional, en la Universidad de Exeter (Reino Unido), analizó 71 juguetes de diferentes países, de los cuales 63 eran de PVC o tenían piezas de este material, y todos ellos contenían una cantidad considerable de ftalatos, entre un 10% y un 40% en peso.

Los resultados de los análisis efectuados sobre liberación de ftalatos en los artículos que eran de PVC, revelaron que la dosis a la que estarían expuestos los bebés, a

partir de estos productos, sería de 5 a 10 veces superior a la proveniente de los alimentos. Además, se excedía la dosis diaria aceptable para el DINP (Di-iso-nonilftalato el ftalato empleado en juguetes).

Problemas ambientales de los plásticos

Todos los materiales plásticos se caracterizan por su inercia química, es decir, por no ser biodegradables y dada la gran cantidad de residuos que se generan por su gran uso, son considerados grandes contaminantes del ecosistema.

Las descargas en cuerpos de agua ponen en peligro la vida acuática. Muchas tortugas, mamíferos y pájaros han muerto por la ingestión de estos materiales.

Para resumir, la contaminación ambiental por plásticos es debida:

- A la no degradabilidad.
- A la migración de sus monómeros a cuerpos de agua y alimentos.
- Peligro para organismos acuáticos y terrestres.
- Efectos a largo plazo de sus monómeros y aditivos para los humanos.

Efectos tóxicos en la salud humana de los plásticos y sus aditivos

Muchos polímeros tienen monómeros reaccionantes en cantidades variables, dependiendo del proceso usado y del tipo de polímero.

Los monómeros simples como el cloruro de vinilo, etileno, estireno, propileno, acrilonitrilo, aparecen en los polímeros respectivos, además de impurezas y aditivos

agregados para el mejoramiento de sus propiedades como los plastificantes, estabilizantes y colorantes.

En el anexo 3 figuran los efectos tóxicos de algunas sustancias materia prima de plásticos y de sus aditivos. De todos los plásticos mencionados, el que presenta graves riesgos para la salud y el ambiente durante todo su ciclo de vida es el policloruro de vinilo o PVC.

Además de los efectos carcinógenos de su monómero, hay generación y emisión de dioxinas, durante el proceso de fabricación e incineración de productos de PVC.

El PVC presenta gran riesgo para la salud y ambiente por la generación y emisión de dioxinas, como por la migración de su monómero carcinógeno y plastificantes (ftalatos que son disruptores endocrinos) a las aguas y a los alimentos

Los riesgos del PVC ante los incendios, ha llevado a numerosas empresas y municipios de países desarrollados a sustituir estos materiales, no solamente por la producción de los tóxicos más potentes que se conocen como son las dioxinas, sino porque también hay formación de ácido clorhídrico, gas muy corrosivo que produce graves daños materiales y humanos. Este ácido reacciona además con los aditivos, creando un volumen mayor de humos tóxicos. Hay muchas alternativas para sustituir los materiales de PVC en la construcción. Tabla 9.2

9.2.2.1 Gestión de los residuos plásticos. El reciclaje

Cuando se habla del tratamiento de los residuos plásticos, las opciones son las mismas que para el resto de residuos y están basadas en reducir, reutilizar y recuperar estos materiales, aunque con algunas particularidades debidas a las características propias de los mismos.

La reducción supone la utilización de menos cantidad de plásticos. En cuanto a la reutilización, hay que tener en cuenta que los plásticos son materiales idóneos para ser reutilizados por toda una serie de características, ya que son duraderos, lavables, resistentes, esterilizables etc.

Una vez que se ha realizado la reducción y la reutilización de éstos materiales, pasan a convertirse en residuos. En este momento empieza su recuperación mediante el reciclado, o sea la recogida de éstos materiales de las de los residuos sólidos o basuras. Se trata de la obtención de estos residuos plásticos que se separan por tipos de plásticos.

El plástico que más se recicla es el polietileno, tanto el de alta como el de baja densidad, que supone cerca del 75% del total reciclado, seguido por el PVC y PET. En menor escala se reciclan el PP y PS.

El reciclado de estos materiales plásticos permite:

- Reducir la cantidad de residuos domiciliarios.
- Reprocesarse y volver a fundirse para distintos usos como postes, bancos, etc.
- Utilizarse como fuente calorífica, haciendo que se utilice menos combustibles fósiles como el carbón, y por ello menos contaminación del aire.

Se ha comprobado que un Kg de PE produce la misma energía calorífica de un Kg de fuel oil o de un litro de gas natural. En el Japón se reciclan todos los materiales de plástico a excepción del PVC, se comprimen para ser utilizado en hornos de las industrias. A nivel internacional hay un sistema de codificación, que permite identificar el tipo de material plástico utilizado en su fabricación, lo que facilita la selección, recuperación y

reciclaje, que permite disminuir la cantidad de materiales que se incineran o se desechan en rellenos sanitarios. Ver figura 9.7.

PRODUCTO	MATERIALES ALTERNATIVOS
Tuberías de distribución	Cerámica, Arcilla, Acero inoxidable, Cobre, Polietileno (PE), Polipropileno (PP)
Tuberías de evacuación y alcantarillado	Cerámica vitrificada, Arcilla, Fundición, PE, PP
Ventanas	Madera (mejor procedente de sistemas de gestión forestal sostenible)
Cables e instalaciones eléctricas	Poliolefinas (PE, PP y copolímeros), Baquelita, Cerámica
Revestimientos	Linóleo, Corcho, Madera, Piedra, Cerámica
Cubiertas impermeabilizantes	Caucho, PE

Tabla 9.2 ALTERNATIVAS AL PVC EN LA CONSTRUCCIÓN

**CÓDIGOS INTERNACIONALES
PARA EL RECICLAJE DE PLÁSTICOS**

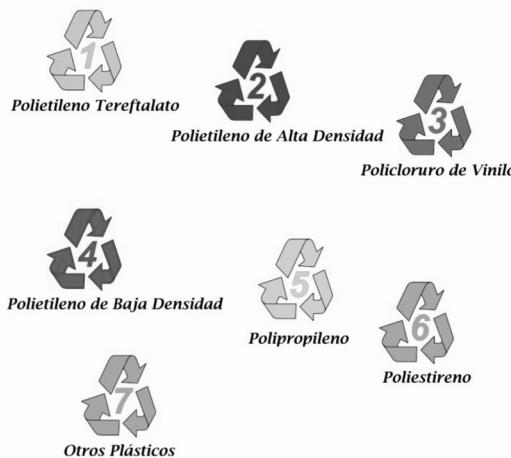


Figura 9.7
Códigos internacionales utilizados para la identificación del tipo de material plástico en la actividad de recuperación y reciclaje

9.2.3 Jabones y detergentes. Efectos ambientales

Los jabones son sustancias que alteran la tensión superficial (disminuyen la atracción de las moléculas de agua

entre sí en la superficie) de los líquidos, especialmente el agua.

Este tipo de sustancias se denominan tensoactivas. Los jabones se utilizan como agentes limpiadores debido a la estructura singular de estos iones orgánicos especiales. Cuando un objeto está sucio, casi siempre se debe a la adhesión de capas de grasa o aceite que a su vez contienen polvo y partículas extrañas.

Si el objeto es lavado con agua no se elimina gran parte de la suciedad, sin embargo, cuando se agrega jabón al agua, puede disolverse para dar iones carboxilato. Estos iones tienen un extremo iónico que es muy soluble en agua y un extremo de la cadena larga de hidrocarburos que tiene una fuerte atracción para las moléculas de aceite y grasa. Los extremos que atraen al aceite penetran en las capas de aceite y grasa y las disuelven y, a su vez, los extremos iónicos se siguen disolviendo en agua.;éstos tienden a hacer que se desprendan las partículas de grasa y aceite a la solución, de manera que se puedan remover. Esta clase de acción limpiaadora se denomina acción detergente.

Los jabones presentan la desventaja de que si se usan en agua dura tienden a formar sales con los cationes de los metales formando “natas” que neutralizan su acción. Una alternativa a este problema surgió cuando se empezaron a sintetizar otros compuestos orgánicos a partir de compuestos químicos del petróleo, que tienen acción detergente por lo que se les denomina en forma genérica como detergentes. La mayoría de los detergentes son compuestos de sodio del sulfonato de benceno substituido, denominados sulfatos de alquilos lineares (LAS). Hay otros que son los alquilbenceno sulfatos de cadena ramificada (ABS) que se degradan mas lentamente que los LAS.

El extremo sulfato es soluble en agua y el extremo del hidrocarburo es soluble en aceite, cumpliendo con esto las características de los jabones antes mencionadas.

La ventaja de los detergentes es que no forman natas con el agua dura. Por su amplia utilidad, los detergentes se usan tanto en la industria como en los hogares, sin embargo, puesto que se emplean en grandes cantidades constituyen una fuente de contaminación del agua.

En cuanto a la biodegradabilidad, tanto los detergentes como los jabones son biodegradables, pero la biodegradabilidad se ve limitada si estos compuestos se encuentran en exceso en un cuerpo de agua.

En el mercado se encuentran cuatro tipos de detergentes sintéticos:

- Detergentes aniónicos, que contienen comúnmente como grupos solubles, sulfatos y sulfonatos de sodio.
- Detergentes catiónicos, que son principalmente compuestos cuaternarios de amonio.
- Detergentes no iónicos como los productos de condensación del óxido de etileno con materiales fenólicos o ácidos grasos.
- Detergentes biológicos los cuales contienen enzimas para eliminar algunos tipos específicos de manchas de la ropa.

Los detergentes aniónicos y especialmente los sulfonatos de alquil-benceno o ABS, son los que se utilizan en el país, cuestan poco y son estables en aguas duras y todos tienen tripolidosfatos como aditivos, a nivel mun-

dial el 40% de los utilizados son los del grupo de los LAS. Entre los detergentes aniónicos más utilizados a nivel mundial tenemos:

Detergente	Estructura química
Jabón	R-COO-Na
AOS.Olefinas sulfonato	R-CH=CH-SO ₃ -Na
LAS o ABS Sulfonatos de alquil benceno	R-  -SO ₃ -Na
AES:Polioxietilenalquil eter sulfonato	R-O(CH ₂ -CH ₂ -O) _n -SO ₃ Na

Tabla 9.4 Detergentes aniónicos y su estructura química

Los detergentes catiónicos poseen las mejores propiedades bactericidas y bacteriostáticas, pero son bastante caros y sólo se usan en instituciones de salud para limpieza de utensilios.

Los detergentes no iónicos tienen una aplicación industrial algo mayor que la doméstica. Por último, los detergentes biológicos, a los cuáles se les llama así cuando además de contener uno de los surfactantes (LAS ó ABS) contienen enzimas con lo cual proporcionan mayores ventajas en el lavado de la ropa; se encuentran muy distribuidos en el mercado a precios accesibles.

Uno de los principales problemas que causa el uso de detergentes, es que los de tipo comercial deben contener ciertos aditivos que se pueden convertir en graves contaminantes del agua.

Entre los principales aditivos están pequeñas cantidades de perfumes, blanqueadores, abrillantadores ópticos, estos últimos son tinturas que le dan a la ropa un aspecto de limpieza; y los agentes espumantes.

Es importante recalcar que la producción de espuma de un detergente está determinada por el tipo de surfactante que éste contenga, así de este modo, los surfactantes aniónicos producen abundante espuma, los surfactantes catiónicos producen una cantidad muy limitada de espuma y los surfactantes no iónicos casi no producen espuma, además de que la formación de espuma es ayudada por ciertos aditivos espumantes que se agregan a la fórmula, ya que la gente tiende a relacionar la capacidad de producción de espuma con la capacidad limpiaadora, aunque la producción de espuma no tiene nada que ver con la eficacia del detergente y si contribuye a la contaminación hídrica de las fuentes donde son vertidas las aguas del alcantarillado.

Además de los anteriores mencionados, el principal aditivo de los detergentes es un compuesto llamado tripolifosfato de sodio, que se denomina en forma genérica como fosfato. Actualmente se encuentran en el mercado los llamados detergentes antibacteriales, los cuales contienen agentes bactericidas. Esto en parte es bueno, pero si se usa este detergente en exceso, entonces el agente bactericida llega a los cuerpos de agua y mata una buena proporción de los microorganismos presentes en éste, disminuyendo la capacidad de los microorganismos para degradar al detergente.

Hasta 1970 un detergente típico de lavandería de gran potencia contenía 50% de tripolifosfato de sodio (fosfato) y sólo un 18% de LAS, que como se mencionó anteriormente es el LAS el que tiene la acción detergente. Desde entonces algunos fabricantes han reducido el porcentaje de fosfatos.

El aditivo de fosfato (tripolifosfato de sodio) se le conoce como formador, estos formadores tienen tres funciones básicas:

Actuar como bases, haciendo que el agua de lavado sea básica, esto es, un pH alto necesario para la acción del detergente.

Los fosfatos reaccionan con los iones del agua dura, como los iones calcio y magnesio, en tal forma que éstos no llegan a interactuar con el detergente, no limitando así su acción limpiadora, y ayudan a mantener las grasas y el polvo en suspensión para que se puedan eliminar durante el lavado.

El inconveniente empieza cuando ya se ha desechado el detergente fosfatado. Los fosfatos son arrastrados por el drenaje y la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas negras no están diseñadas para eliminar fosfatos y, por lo tanto, éstos pasan al ambiente acuático a través del afluente de las aguas negras.

Se calcula que alrededor del 50% de los fosfatos de las aguas negras provienen de los detergentes. El porcentaje restante se deriva de compuestos fosforosos de desechos humanos y animales y fertilizantes de fosfato. El problema de los fosfatos, es que actúan como elemento nutritivo para algas y plantas acuáticas, lo que a su vez provoca la degradación de las aguas naturales.

Entre otros aditivos importantes se encuentran los *enzimas*, los cuales, por lo general, son sustancias de naturaleza proteínica, que se encargan de catalizar las reacciones en los seres vivos.

La tecnología de enzimas en los detergentes se desarrolló a partir de la década de los años 60, como una herramienta más de éstos para atacar ciertos sustratos (generalmente protéicos) específicos.

Las más comunes son las llamadas *proteasas*, las cuales degradan restos de proteínas; y las lipasas que pueden atacar restos de sustratos lípidos que son los que comúnmente se adhieren a la ropa y a ellas se les adhieren el resto de la suciedad como polvo, restos de otros compuestos orgánicos etcétera. Los detergentes que contienen enzimas se les llaman detergentes biológicos.

Problemas ambientales ocasionados por vertimientos de detergentes.

Dentro de los principales problemas podemos mencionar los siguientes:

Espuma. En las plantas de tratamiento de agua provoca problemas de operación, afecta la sedimentación primaria ya que engloba partículas haciendo que la sedimentación sea más lenta, dificulta la dilución de oxígeno atmosférico en agua y recubre las superficies de trabajo con sedimentos que contienen altas concentraciones de surfactantes, grasas, proteínas y lodos.

En USA, el nivel máximo permisible de los ABS en aguas es de 0.5 ppm. Superado este nivel se produce gran formación de espuma.

Efectos tóxicos en la agricultura. Al utilizar aguas negras que contengan detergentes para irrigación, se pueden contaminar los suelos y por consiguiente, los cultivos. Así, por ejemplo se ha observado que el ABS inhibe en un 70% el crecimiento de las plantas como el girasol en concentración de tan sólo 10 ppm. y en un 100% a 40 ppm.

Efectos tóxicos en la vida acuática. No es posible dar un valor límite de toxicidad debido a que la sensibilidad de cada organismo varía con relación a la especie, tamaño,

tipo de detergente y otros factores físicos del ambiente. Sin embargo, todos los detergentes producen irritación y destrucción de las agallas de los peces, que puede llevarlos a la muerte.

Eutrificación. Al ingresar grandes cantidades de detergentes, de los que aproximadamente como vimos anteriormente el 50% en peso son fosfatos, los cuáles son excelentes nutrientes para las plantas, y éstos sumados con los nutrientes ya existentes en un cuerpo de agua, se acelera el proceso de eutrificación.

Si hay un excesivo crecimiento de las plantas acuáticas, éstas tienden a cubrir la superficie del cuerpo de agua, impidiendo el libre intercambio de oxígeno y bióxido de carbono; al morir estas plantas, se descomponen en el lago consumiendo el oxígeno presente en éste. Al cabo de un tiempo ya no hay oxígeno disponible y la descomposición tiene que hacerse de forma anaerobia, esto es, en ausencia de oxígeno, dando por consecuencia productos secundarios como metano, amoniaco, sulfuro de hidrógeno y otros compuestos que le confieren al cuerpo de agua un olor desagradable.

Otro factor que se debe tomar en cuenta, es que los peces presentes en el cuerpo de agua también necesitan oxígeno disuelto en el agua para poder respirar y si éste se consumió con la degradación de las plantas muertas, entonces también los peces morirán.

Todos estos procesos implican como consecuencia una degeneración de la calidad de las condiciones, tanto del agua como de la vida animal y vegetal del cuerpo de agua.

Efectos de enzimas activas. Como se mencionó anteriormente, algunos detergentes contienen enzimas, las

cuáles atacan sustratos orgánicos específicos. El problema se presenta al usar exceso de estos detergentes, con lo que se desechan enzimas activas al drenaje las cuáles, al llegar a los cuerpos de agua, provocarán daños en los seres vivos presentes en éstos, por acción directa sobre ellos o sobre los nutrientes que componen su dieta alimenticia.

Otros efectos ambientales. Entre otros efectos secundarios producidos por los detergentes es que afectan procesos de tratamiento de las aguas residuales, por ejemplo: cambios en la demanda bioquímica de oxígeno y en los sólidos suspendidos, efectos corrosivos en algunas partes mecánicas de las plantas, interferencias en el proceso de cloración y en la determinación de oxígeno disuelto y algunos aditivos en los detergentes pueden intervenir en la formación de flóculos (agrupaciones de partículas suspendidas). El ABS, al no ser degradado en las aguas, se sedimenta y en muchas ocasiones puede pasar a las aguas subterráneas, volviéndolas espumosas.

Efectos en los humanos de los compuestos del detergente

A excepción de los catiónicos (sales de amonio cuaternario) que son corrosivos para la piel y mucosas, los demás tienen baja toxicidad aguda, ya que sólo producen efectos irritantes e inflamatorios sobre la piel (manos) salvo que sean ingeridos, donde según la dosis producirá diferentes grados de toxicidad.

9.3 Bibliografía

- ALMANZA, E., MARTINEZ, MA. Detergentes. Revista de Toxicología 8 (4), 152-190. Madrid España. 2000.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. US. ToxFAQs. Atlanta, 2005.
- BARRERA, S. Introducción a la Problemática del Ambiente. Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería. Bogotá, 1997.
- CEPIS/OPS/OMS. Compuestos Orgánicos Persistentes. Serie Vigilancia No. 9.
- CHAVES, Y. Estudio de Algunos Compuestos Químicos de Uso Cotidiano. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, Ciencia y la Cultura. Informe No.218. Costa Rica 2004.
- CONFEDERACION ESPAÑOLA DE EMPRESARIOS DE PLASTICOS. ANAIP. Plásticos y PVC. Rev. Toxicología 22, 220-232. Madrid, España. 2001.
- ENVIRONMENT CANADA. Toxic Chemicals in the Great Lakes Associated effects. Department of Fisheries and Oceans, Health and Welfare Canada, Ottawa 1991.
- _____ Contaminants in Canadian Seabird. A State of the Environment Fact Sheet 90-1, Ottawa, 1990.

- INSTITUTO NACIONAL DE TOXICOLOGIA. Intoxicaciones por Productos de Limpieza. Informe No. 85. Madrid, España. 2002.
- MAVDT. Guía del Convenio de Estocolmo para los COPs. 2002.
- PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL AMBIENTE. PNUMA. Convenio de Estocolmo. Compuestos Orgánicos Persistentes. Informe 201. Estocolmo, Suecia, 2001.
- WORLD HEALTH ORGANITATION. WHO. Polichlorinated Dibeno-para-dioxins and Dibenzofurans. Environmental Heath Criteria 88, Geneva. 1989.
- Chlorophenols other than Pentachlorophenol. Environmental Health Criteria 93, 1989.





CAPÍTULO 10



*CONTAMINACIÓN
POR COMPUESTOS
INORGÁNICOS
PERSISTENTES*



Metales

Los metales hacen parte de la geósfera por lo cual están presentes en forma natural en la corteza terrestre. En gran medida, la contaminación del ambiente es producida por los vertimientos industriales, especialmente los generados por la industria minera, metalúrgica y metalmecánica. Desde el punto de vista toxicológico son importantes por el gran número de intoxicaciones agudas y crónicas que producen, además, hacen parte de las enfermedades ocupacionales por el gran uso de los metales en las industrias, especialmente las que funden, refinan, o utilizan metales en sus procesos.

10.1 Fuentes de los metales

Los metales se encuentran en depósitos en la corteza terrestre, ya sean superficiales o profundos llamados yacimientos. Los metales, además pueden estar en forma libre o combinada (minerales).

Fuentes naturales

- Actividades volcánicas
- Procesos de erosión de suelos
- Yacimientos.

Las actividades volcánicas pueden contaminar los ecosistemas con partículas de carbón, silice y azufre a través de sus erupciones. Los procesos de erosión y las yacimientos pueden dejar libres metales en los suelos, y las aguas lluvia pueden por escorrentía transportarlos a cuerpos de agua.

Fuentes antropogénicas

- Extracción minera,

- Combustión de materiales fósiles
- Industrias que funden metales ferrosos y no ferrosos
- Uso como catalizadores y estabilizantes en procesos químicos.

El carbón y derivados del petróleo contienen impurezas metálicas, que al ser quemados van al ambiente, entre ellas, tenemos: cromo, cobre, cadmio, níquel, mercurio, plomo y vanadio. El mercurio elemental es utilizado en las industrias cloro-alcalinas como catalizador; el cadmio, plomo, níquel y zinc como estabilizantes de plásticos.

La exposición del hombre a contaminantes metálicos ha ido en aumento no sólo por su extracción de las minas, sino a través de procesos industriales en que están involucrados. En el área de Salud Ocupacional son muy importantes dado su poder acumulativo en el organismo, en el ambiente por su gran persistencia en cualquier ecosistema y su residualidad en las cadenas tróficas alimentarias especialmente las acuáticas. En la tabla 10.1 vemos las emisiones de algunos metales en toneladas/año de fuentes naturales y antropogénicas (OMS/2001)

Metal	Emisiones naturales	Emisiones antropogénicas
Aluminio	48.925.840	7.200.000
Arsénico	2.810	78.000
Cadmio	290	5.500
Cromo	58.400	94.000
Hierro	27.775.370	10.700.000
Manganoso	605.210	316.000
Mercurio	40	11.000
Plomo	5.871	2.030.000

Tabla 10.1 Flujo de las emisiones naturales y antropogénicas de algunos metales (tn/año)

Como puede verse en la tabla, el aluminio y el hierro son los metales con mayor emisión tanto de fuentes naturales y antropogénicas. El aluminio es el metal más ubicuo de todos, se localiza en todas partes, además, es el de mayor toxicidad para los organismos acuáticos.

Propiedades de los metales

Un metal puede considerarse tóxico si es capaz de causar daño al excederse las concentraciones, pero algunos de ellos pueden ser tóxicos potentes a concentraciones bajas. Veamos primero sus características y luego su toxicidad.

Los metales tienen características especiales, razón por la cual son grandes contaminantes ambientales e industriales. Entre ellas, tenemos:

- Las propiedades químicas y toxicológicas varían con el metal o con su forma química
- Estabilidad química, térmica y biológica
- Acumulación en suelos, lodos y sedimentos
- Bioacumulación
- FBC mayor en organismos acuáticos que los terrestres

Tienen en común varias propiedades físicas, tales como brillo, dureza, maleabilidad, ductibilidad, son buenos conductores del calor y de la electricidad, sin embargo, las propiedades químicas y toxicológicas varían de acuerdo al metal, o a la forma química que se presente en el medio de exposición.

La mayoría de metales se encuentran en minas en forma de sulfuros, por la afinidad que tienen por el azufre, estas formas químicas tienen baja toxicidad, por ejemplo, el sulfuro de plomo (PbS), el sulfuro de cadmio (CdS), el

sulfuro de mercurio (HgS). Pero otras formas químicas, pueden tener gran toxicidad, por ejemplo los óxidos, nitratos y carbonatos de plomo son de gran toxicidad, porque ocasionan graves daños en los sistemas y de órganos humanos; el tetraetilo de plomo se utilizó hasta hace poco en el país como antidetonante en la gasolina. Es un líquido volátil que produce graves alteraciones en el sistema nervioso central (retardo mental, parálisis cerebral).

Los metales son estables en cualquier componente ambiental, lo que se traduce en persistencia y residualidad.

Tienen afinidad por grupos biológicos (tiólicos, -SH), presentes en la mayoría de las enzimas, acumulables en tejidos de cualquier organismo vivo. El cabello y las uñas (tejidos duros) son ricos en queratina. Ésta contiene varios grupos -SH, por ello se constituyen en los tejidos donde se acumulan en mayor proporción, permaneciendo en ellos por períodos largos, también se acumulan en tejidos blandos: hígado, riñón y bazo.

Respecto de su toxicidad como contaminante podemos afirmar lo siguiente. Los metales disueltos en el medio acuoso son fácilmente absorbidos por la biota acuática; es decir, tienen una alta biodisponibilidad en este medio. Se conoce como biodisponibilidad a la capacidad de interacción de un contaminante con el sistema biológico.

Tienen igualmente la capacidad de bioconcentrarse en los organismos acuáticos (véase tabla 10.2). Así, por ejemplo, en las algas se bioconcentran el aluminio, el cobre, mercurio, manganeso, níquel, plomo y zinc. El manganeso en el esqueleto de los peces.

Organismo acuático	Arsénico	Cadmio	Mercurio	Pbomo
Plantas	170	1.00	1.000	200
Invertebrados	330	2.000	100.000	100
Peces	330	200	1.000	300

Tabla 10.2
Factor de bioconcentración de algunos metales en organismos acuáticos

10.2 Metales potencialmente tóxicos para el ser humano

El organismo humano necesita gran cantidad de metales, pues hacen parte de los órganos, tejidos y fluidos (sangre, saliva, sudor, etc), como también de varios procesos biológicos.

Algunos los necesita en gran cantidad como el caso del calcio, magnesio, fósforo, hierro, sodio y potasio. Otros metales son indispensables para la vida pero en mínimas cantidades (elementos traza u oligoelementos), sin embargo, en cantidades grandes pueden ser tóxicos. Por ejemplo, el déficit de yodo produce bocio y su exceso altera el metabolismo del organismo. El déficit del zinc (hace parte de la formación de los ácidos nucleicos) ocasiona mala cicatrización de las heridas, disminución en el crecimiento de los niños, cáncer de próstata, infertilidad y su exceso produce fiebre.

Son 14 los elementos traza que necesita el organismo. Muchos de ellos aún no se sabe para qué son útiles: cobre, cromo, cobalto, fluor, níquel, manganeso, molibdeno, selenio, silicio, estaño, vanadio, yodo, zinc. Los metales pesados no se relacionan con los procesos del organismo, su presencia hace bloquear las funciones vitales y además ocasionan gran deterioro ambiental. Entre ellos, figuran:

- Plomo
- Mercurio
- Cadmio
- Arsénico.

10.2.1 Plomo

El plomo (Pb) es un metal maleable de color grisáceo.

Tiene la propiedad de impedir el paso de los rayos X, es por tanto, radio opaco. Se encuentra en la naturaleza como galena (PbS), grusita (PbCO₃) y anglesita (PbSO₄).

La producción en el mundo se calcula que sobrepasa los 4 millones de toneladas al año, correspondiendo a América Latina un 15% de ésta cifra.

Fuentes contaminantes ocupacionales

- Industria metalúrgica
- Fábricas de batería y acumuladores
- Pinturas anticorrosivas
- Industria del vidrio
- Decoración de cerámicas
- Industria militar
- Campos de tiro
- Industria del petróleo
- Industria de vitrales
- Industria de cables y plásticos
-

Fuentes contaminantes antropogénicas o accidentales

- Gasolinas adicionadas de plomo

- Infraestructura metálica utilizada en el procesamiento y envase de alimentos
- Aditivos alimentarios
- Agua y aire con residuos de metales

El Plomo es un metal de gran toxicidad y de uso generalizado.

Vías de ingreso y toxicocinética.

La principal vía de ingreso del plomo al organismo es la vía oral, seguida de la inhalatoria. Los alimentos son los que aportan las mayores cantidades de plomo al organismo.

Una vez absorbido circula en el organismo unido a los glóbulos rojos. Con los fosfatos del plasma forma fosfatos coloidales de plomo, los cuales son muy solubles y constituyen el plomo circulante y tóxico. Luego se deposita en riñones, hígado y en huesos largos en un 90%.

La excreción es muy lenta e irregular y la hace a través de la orina y heces.

Efectos tóxicos

En el organismo humano afecta varios órganos y sistemas dado su poder acumulativo. Un 90-93% del plomo absorbido por el organismo va a los huesos, especialmente a las extremidades, desplazando el calcio (Ver figura 10.1).

Las intoxicaciones que produce el plomo son de naturaleza crónica. Dicha intoxicación se denomina “Sa-

turnismo”, es una intoxicación polimorfa, es decir, los efectos pueden aparecer juntos o separados.

Los efectos del plomo son los mismos si se ingiere o inhala. El plomo puede afectar a casi todos los órganos y sistemas en el cuerpo. El más sensible es el sistema nervioso, tanto en niños como en adultos. El daño cerebral, o encefalopatía saturnina en los niños, se manifiesta con letargo, vómito, irritabilidad, pérdida del apetito y mareos. El cerebro del feto es especialmente sensible a los efectos tóxicos del plomo por la inmadurez de la barrera hematoencefálica en esta etapa del desarrollo.

En los adultos afecta el nervio radial con parálisis de los extensores de las manos, debilidad en los dedos, muñecas o tobillos. Además, el plomo produce presión arterial alta, debido a que se deposita en el riñón, dañando los túbulos renales, especialmente en personas de mediana edad y edad avanzada.

Un síntoma clásico de la toxicidad del plomo es la aparición del ribete de Burton. Es un ribete de color negro que aparece al borde de las encías (mucosa gingival), debido a la reacción del plomo con el azufre producto de la descomposición de los alimentos que quedan en la boca y además se presentan cólicos muy fuertes, por los espasmos gastrointestinales que produce.

El plomo igualmente presenta alteraciones en la reproducción con daños morfológicos de los espermatozoides y disminución en el recuento y motilidad de los espermatozoides que lleva al hombre a la infertilidad. En mujeres embarazadas, la exposición a niveles altos de plomo puede producir pérdida del embarazo. En hombres, la exposición a altos niveles puede alterar la producción de espermatozoides.

Figura 10.1 Efectos del plomo en el organismo humano



A nivel hematológico, reduce la vida media del eritrocito y bloquea varias enzimas involucradas en la síntesis de la hemoglobina, produciendo una anemia severa que no responde al tratamiento con hierro.

La EPA, clasificó el año pasado junto con sus sales como probables carcinógenos (Clase 2A). La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el plomo inorgánico probablemente es carcinogénico en seres humanos y que no hay suficiente información para determinar si los compuestos orgánicos de plomo pueden producir cáncer en seres humanos.

La medida primaria para el tratamiento de la toxicidad del plomo es a través de la terapia por quelación (tratamiento que utiliza la unión del plomo con otros metales para eliminarlo del cuerpo).

Los niños pueden exponerse al ingerir trozos de pintura seca con plomo, chupando objetos pintados con pintura con plomo o tragando polvo o tierra que contienen plomo.

Un niño que traga cantidades altas de plomo puede desarrollar anemia y sufrir serios dolores de estómago, de-

bilidad muscular y daño cerebral. Si un niño traga cantidades de plomo más bajas, los efectos sobre el sistema nervioso y la sangre serán de menor gravedad. Aun a niveles de exposición mucho más bajos, el plomo puede afectar el desarrollo mental y físico de un niño.

La exposición al plomo es más peligrosa para niños y efectos que para adultos. El feto puede estar expuesto al plomo a través de la madre. Efectos dañinos incluyen nacimientos prematuros, bebés de menor tamaño, disminución de la capacidad mental del niño, dificultades de aprendizaje y retardo del crecimiento en niños pequeños. Estos efectos son más comunes si la madre o el bebé estuvieron expuestos a niveles altos de plomo. Algunos efectos pueden durar más allá de la infancia.

Contaminación ambiental y medidas para reducir el riesgo de exposición al plomo

El principal efecto del plomo en el ambiente abiotico es su acumulación en los diversos sustratos, que provoca desequilibrios en su ciclo biogeoquímico.

La mayor parte del plomo que se encuentra en las aguas proviene de las emisiones de los vehículos automotores, de las cañerías, soldaduras y ajustes metálicos, de las emisiones que se originan en los procesos de las minas, en la refinación y fundición de metales en las industrias, el uso de pinturas anticorrosivas a base de plomo, particularmente en los talleres de reparación de autos, entre otros.

Entre varias de las medidas para reducir el riesgo de exposición al plomo se recomienda: No permita que los niños chupen o pongan la boca en superficies que pueden haber sido pintadas con pintura con plomo.

Si usted cree tener plomo en el agua haga correr el agua que ha estado estancada en las cañerías durante la noche antes de beberla o cocinar con ella.

Si su hogar tiene pinturas con plomo o usted vive en un área contaminada con plomo, lave a menudo las manos y la cara de los niños para remover polvo y tierra con plomo, y límpie su casa a menudo para eliminar el polvo y tierra que han entrado.

Exámenes de laboratorio y niveles para demostrar la exposición al plomo

Hay una prueba para medir la cantidad de plomo en la sangre y estimar la cantidad de plomo a la que estuvo expuesto recientemente. Las pruebas de sangre se usan comúnmente para determinar si los niños sufren de envenenamiento con plomo.

El plomo en los dientes o los huesos puede medirse mediante el uso de rayos X, pero estos métodos no están disponibles en forma rutinaria. También, se puede evaluar la exposición al plomo midiendo la protoporfirina de los glóbulos rojos en muestras de sangre. La protoporfirina es un componente de los glóbulos rojos que aumenta cuando la cantidad de plomo en la sangre es alta. Sin embargo, esta prueba no es suficientemente sensible para identificar a niños con niveles de plomo menores de 25 microgramos por decilitro ($\mu\text{g}/\text{dL}$).

Estas pruebas generalmente requieren equipo de análisis especial que no se encuentra en el consultorio de un doctor. Sin embargo, su doctor puede tomar muestras de sangre y enviarlas a un laboratorio apropiado.

Se considera que un nivel de plomo de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en niños es preocupante.

En adultos los niveles de plomo de 36 ug/dL son los permisibles para la población general.

La EPA limita la cantidad de plomo en el agua potable a 15 µg por litro.

10.2.2 Mercurio

El mercurio se obtiene de yacimientos de cinabrio, que es sulfuro de mercurio. Existen en varios países (España, Yugoslavia, Italia, México, Chile y Perú). En Colombia, existen las minas de Aranzazu (Caldas) y la Mina de Bagre (Antioquia). La primera se clausuró desde 1970, debido a problemas de morbimortalidad.

Es un tóxico histórico como el plomo y el arsénico. Se conoce desde el siglo XV, como azogue. Hipócrates lo utilizó para el tratamiento de la sífilis y como diurético. Produce intoxicaciones agudas y crónicas, la crónica se denomina mercurialismo o hidrargirismo.

Usos

Tiene gran cantidad de aplicaciones, destacaremos sólo algunas:

- *En minería.* En la extracción de metales, como es el caso del oro, en cuyo proceso se utiliza la propiedad que no tienen el resto de metales: la amalgamación.
- *Odontología:* Es el mayor uso que tiene en la actualidad, por la misma propiedad.
- *Industria farmacéutica:* En preparaciones antisépticas, como el mercurocromo y merthiolate (cloruro de mercurio), reemplazados en la actualidad por compuestos de yodo (Isodine).

- *Instrumentos de medición exacta:* Termómetros, barómetros, manómetros.
- *Industria de plaguicidas:* Como fungicidas (Prohibidos en el país desde 1974).
- *Industria química:* El mercurio se utiliza como catalizador en las industrias cloro-alcalinas.
- *Otras industrias:* Producción de lámparas de vapor, tubos fluorescentes y productos eléctricos (Ver figura 10.3).

Propiedades físico-químicas y toxicológicas del mercurio

Las propiedades físicas, químicas y toxicológicas del mercurio dependen de las formas químicas en que se encuentre en el medio de exposición. Ver tabla 10.3

Mercurio inorgánico	Mercurio orgánico
-Metálico y sus vapores. Hg-o	Arilmercuriales. Hg unido a un anillo bencénico(fenil mercurio)
-Ion mercurioso y sus sales Hg++(cloruros y sulfuros)	Alquilmercuriales. R-Hg, el R-es generalmente un grupo metilo o etilo (metil, etil mercurio).
-Ion mercúrico y sus sales. Hg+++(nitrato mercúrico)	Alcoxi-alquil mercuriales (R-O-Hg)

Tabla 10.3 Formas químicas del mercurio

El mercurio metálico es un líquido inodoro, de color blanco-plateado brillante. Al calentarlo se transforma en un gas inodoro e incoloro.

El mercurio se combina con otros elementos, por ejemplo, cloro, azufre u oxígeno para formar compuestos de mercurio inorgánicos o “sales,” que son generalmente polvos o cristales blancos. El mercurio también se

USO INDUSTRIAL DEL MERCURIO

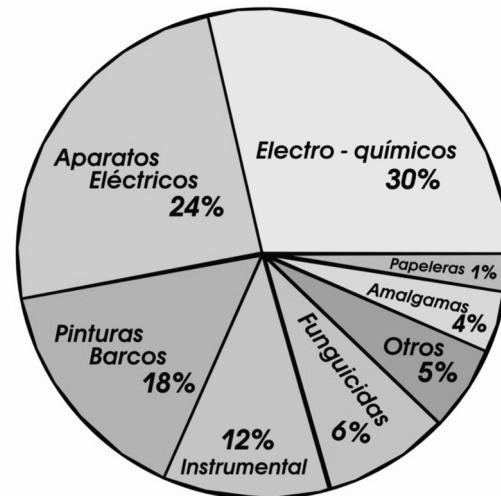


Figura 10.3 Uso industrial del Mercurio

combina con carbono para formar compuestos de mercurio orgánicos. El más común, metilmercurio, es producido principalmente por organismos microscópicos en el suelo y en el agua. Mientras mayor es la cantidad de mercurio en el ambiente, mayor es la cantidad de metilmercurio que estos organismos producen.

Exposición al mercurio

La exposición al mercurio ocurre al respirar aire contaminado, al ingerir agua y alimentos contaminados y a raíz de tratamientos médicos y dentales.

El mercurio produce cuadros diferentes de intoxicación, dependientes de su forma química.

Entre los inorgánicos, los vapores de mercurio ingresan al organismo por vía respiratoria, esto sucede en usuarios de este metal como son los odontólogos y mineros. Se absorbe un 80% de 1 y por ello las lesiones mayores son a nivel pulmonar.

Las sales inorgánicas lesionan especialmente el riñón y las mucosas que entren en contacto con ellas.

Los compuestos orgánicos, como el metilmercurio, se absorben en su totalidad por vía oral, mientras que el Hg metálico o elemental tiene una baja absorción por esta vía (0.01%).

Los graves accidentes ocurridos en el mundo (Minamata y Cartagena) fueron ocasionados por la contaminación de alimentos con mercurio a través de la cadena alimentaria (organismos acuáticos).

Efectos tóxicos del mercurio

El sistema nervioso es muy susceptible a todas formas de mercurio. El metilmercurio y los vapores de mercurio metálico son más nocivos que otras formas, ya que una mayor cantidad de éstas llegan al cerebro.

El metilmercurio se acumula en el sistema nervioso central (SNC) tiene efectos neurotóxicos en los adultos y toxicidad en los fetos de las madres expuestas durante el embarazo.

La exposición a altos niveles de mercurio metálico, orgánico o inorgánico, puede dañar en forma permanente los riñones, el cerebro, y el feto. Los efectos sobre la función cerebral pueden manifestarse como irritabilidad, timidez, temblores, alteraciones a la vista o la audición y problemas de la memoria.

La exposición por corto tiempo a altos niveles de vapores de mercurio metálico puede causar lesiones al pulmón, náusea, vómitos, diarrea, aumento de la presión sanguínea o del pulso, salpullidos e irritación a los ojos. La exposición crónica al mercurio puede causar tem-

blores y alteraciones de la personalidad y la exposición al metilmercurio puede dañar de forma permanente el SNC. La exposición aguda al mercurio se evalúa con la medición del nivel de mercurio en la sangre. La exposición crónica se determina mejor con la medición de la cantidad de mercurio en la orina. La terapia por quelación suele utilizarse en la intoxicación aguda por mercurio.

Un estudio epidemiológico clásico de la exposición al mercurio comprende la enfermedad de Minamata. Esta enfermedad es el resultado de la intoxicación por metilmercurio y como dijimos antes produce un trastorno neurológico.

El metilmercurio se bioacumula en pescados y mariscos. De este modo, la exposición de los seres humanos ocurrió primordialmente a través del consumo del consumo de mariscos y pescados contaminados con metilmercurio de la bahía de Minamata.

Contaminación ambiental por mercurio

El mercurio inorgánico (mercurio metálico y compuestos de mercurio inorgánicos) pasa al aire durante la extracción de depósitos minerales, al quemar carbón y residuos de plantas industriales.

El mercurio pasa al agua o a la tierra de depósitos naturales, de basurales y de actividad volcánica.

El metilmercurio puede ser formado en el agua y el suelo por pequeños organismos llamados bacterias.

El metilmercurio se acumula en los tejidos de peces. Peces de mayor tamaño y de mayor edad tienden a tener niveles de mercurio más altos.

La presencia del mercurio en el agua se ha convertido en una preocupación desde que se descubrió que el mercurio orgánico se acumula en los peces.

Ciclo biológico del mercurio

El mercurio liberado en cualquier forma química a los ecosistemas acuáticos y en presencia de oxígeno se pueden ionizar, oxidar y transformar en Hg^{+2} .

Una vez ionizado, el mercurio forma una gran variedad de compuestos, el Hg^{+2} se reduce para dar mercurio elemental, reacción que llevan a cabo las bacterias del género de *Pseudomonas* en un ambiente anaerobio, la segunda reacción es la metilación del Hg^{+2} dando compuestos como el metilmercurio, CH_3Hg , y dimetilmercurio, $\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_3$.

La metilación del mercurio ocurre por dos vías: aeróbica y anaeróbica. La metilación anaeróbica se produce mediante bacterias metanogénicas en un ambiente reductor.

La metilación por esta vía es escasa, en este medio reductor se forma sulfuro de mercurio, y no queda Hg disponible para la metilación.

En medio aerobio, el mercurio se metila por los procesos celulares normales.

Cuando el metilmercurio está libre en el agua atraviesa fácilmente las membranas biológicas debido a su liposolubilidad, y por su afinidad por los grupos sulfhidrilo de las proteínas, hace que se incorpore rápidamente a las cadenas tróficas acuáticas y, por ende, su gran peligrosidad para todos los seres vivos. (Ver figura 10.4).

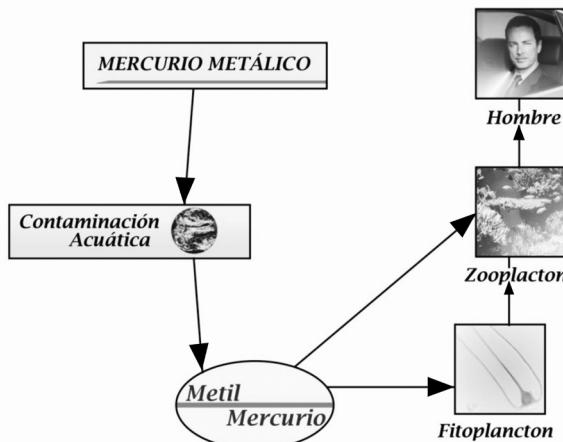


Figura 10.4 Ciclo biológico del mercurio

Niveles permisibles

La EPA ha establecido un límite de 2 partes de mercurio por mil millones partes de agua potable (2 ppb).

La Administración de Alimentos y Drogas (FDA) ha establecido un nivel permisible máximo de 1 parte de metilmercurio por cada millón de partes de mariscos (1 ppb). En Colombia, según el Ministerio de Protección Social, el nivel permisible en pescado es de 2ppb.

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido límites de 0.1 miligramos de mercurio orgánico por metro cúbico de aire (0.1 mg/m^3) en el aire del trabajo y 0.05 mg/m^3 para vapor de mercurio metálico en jornadas de 8 horas diarias y 40 horas semanales.

10.2.3 Arsénico

El arsénico es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre. En el ambiente, el arsénico

co se combina con oxígeno, cloro y azufre para formar compuestos inorgánicos de arsénico. El arsénico en animales y en plantas se combina con carbono e hidrógeno para formar compuestos orgánicos de arsénico.

Los compuestos inorgánicos de arsénico se usan principalmente para preservar madera. Los compuestos orgánicos de arsénico se usan como plaguicidas, principalmente en cosechas de algodón.

Muchos compuestos comunes de arsénico pueden disolverse en agua. La mayor parte del arsénico en el agua terminará eventualmente en el suelo o el sedimento.

Los peces y mariscos pueden acumular arsénico; la mayor parte de este arsénico está en una forma orgánica llamada arsenobetaína, mucho menos peligrosa.

El arsénico en su forma elemental y en sus estados de oxidación trivalente y pentavalente se encuentra en el suelo, aire y agua como tóxico ambiental común. Las aguas minerales de manantial y los afluentes de las plantas de energía geotérmica arrastran el arsénico de suelos y rocas que contienen apreciables cantidades del metal. También existe en el carbón.

La mayoría de arsénico presente en el organismo humano es debida a la ingestión de alimentos y agua contaminada con el metal.

Una vez absorbido se almacena en el hígado, riñón, corazón y pulmones. Debido a la cantidad de grupos sulfhidrilos de la queratina se encuentran altas concentraciones en el pelo y las uñas.

También, se deposita en los huesos y dientes. Atraviesa igualmente la barrera placentaria produciendo daños fetales en madres embarazadas.

Exposición y toxicocinética

La exposición del organismo humano puede realizarse ingiriendo pequeñas cantidades de arsénico presentes en los alimentos y el agua o respirando aire que contiene arsénico.

Trabajando en una ocupación en la cual se produce o usa arsénico, por ejemplo, tratamiento de madera o aplicación de plaguicidas.

En general, el agua potable posee una concentración muy pequeña de arsénico. El arsénico también está presente en cantidades muy bajas en productos como el vino y los mariscos.

Esta es la razón por la que se debe tener en cuenta el régimen alimentario al determinar la exposición al arsénico.

Las rutas primarias de exposición al arsénico son la ingestión y la inhalación. El arsénico tiende a acumularse en la piel, el cabello y las uñas. Se elimina principalmente a través de la orina, unos cuantos días después de la ingestión. Esto puede causar dolores estomacales.

La exposición a esta sustancia se detecta principalmente a través de la medición del arsénico en la orina.

Efectos tóxicos del arsénico

La inhalación de niveles altos de arsénico inorgánico puede producir dolor de garganta e irritación de los pulmones.

La ingestión de niveles muy altos de arsénico puede ser fatal. La exposición a niveles más bajos puede producir

náusea y vómitos, disminución del número de glóbulos rojos y blancos, ritmo cardíaco anormal, fragilidad capilar y una sensación de hormigueo en las manos y los pies.

La ingestión o inhalación prolongada de niveles bajos de arsénico inorgánico puede producir oscurecimiento de la piel y la aparición de resecamiento de las palmas de las manos, la planta de los pies y el torso.

La exposición crónica produce también daño del sistema nervioso, daño hepático y enfermedad vascular periférica, con la posibilidad de causar gangrena en los miembros inferiores. Esta afección es conocida más frecuentemente como “enfermedad del pie negro” y fue un fenómeno que se manifestó en Taiwán a raíz de la contaminación con arsénico de los abastecimientos de agua potable. Además, la exposición crónica al arsénico produce cáncer de la piel y cáncer de pulmón. Se ha asociado también con leucemia, cánceres de riñón y de vejiga, dermatitis, hiperpigmentación y queratosis (o queratosis arsenical).

El contacto de la piel con arsénico inorgánico puede producir enrojecimiento e hinchazón.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es carcinogénico en seres humanos.

Hay evidencia, no definitiva, de que la inhalación o ingestión de arsénico puede ser perjudicial para mujeres embarazadas y el feto. Los estudios en animales han demostrado que dosis altas de arsénico, que son nocivas para animales preñados, pueden producir crías con bajo peso y con defectos de nacimiento, y también pueden causar la muerte de las crías. El arsénico puede atravesar la placenta y se ha detectado en los tejidos del

feto. El arsénico se ha encontrado en bajos niveles en la leche materna.

Existen pruebas para medir la cantidad de arsénico en la sangre, la orina, el cabello y las uñas. La prueba de orina es la más confiable para determinar exposición reciente al arsénico. Las pruebas del cabello y las uñas pueden indicar exposición a niveles altos de arsénico en los últimos 6 a 12 meses.

Estas pruebas pueden determinar si usted ha estado expuesto a niveles arsénico normales, pero no pueden predecir si le afectará la salud.

Los efectos tóxicos del arsénico pueden resumirse así:

- Cardiovasculares
 - Gastrointestinales
 - Renales
 - Cutáneos
 - Sobre el sistema nervioso central
 - Hepático
 - Cancerígenos y teratogénicos
- Niveles permisibles de arsénico

La EPA ha establecido límites para la cantidad de arsénico que las industrias pueden liberar al ambiente y ha restringido o cancelado muchos de los usos del arsénico en plaguicidas. La EPA ha establecido un límite de 0.01 parte por millón (ppm) para arsénico en el agua potable.

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de exposición permisible (PEL) para arsénico en el aire del trabajo de 10 microgramos de arsénico por metro cúbico de aire ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales.

10.2.4 Cadmio

El cadmio es una sustancia natural en la corteza terrestre. Generalmente se encuentra como mineral combinado con otras sustancias. EL zinc lo contiene en proporciones que van del 0.1 al 0.3%.

Todo tipo de terrenos y rocas, incluso minerales de carbón y abonos minerales, contienen algo de cadmio. La mayor parte del cadmio que se usa es extraído durante la producción de otros metales como zinc, plomo y cobre. El cadmio no se oxida fácilmente, y tiene muchos usos incluyendo baterías, pigmentos, revestimientos para metales y plásticos.

Exposición al Cadmio

El organismo humano puede exponerse al Cadmio en diferentes situaciones.

- Al respirar aire contaminado en el trabajo (fábrica de baterías, soldadura de metales).
- Al ingerir alimentos que contienen cadmio; todo alimento tiene cadmio en bajos niveles (los niveles más altos se encuentran en mariscos, hígado y riñones).
- Al respirar humo de cigarrillos (duplica la ingesta diaria de cadmio).
- Al tomar agua contaminada.
- Al respirar aire contaminado cerca de donde se queman combustibles fósiles o desechos municipales.
- El fumar contribuye al ingreso de cadmio al organismo, cada cigarrillo contiene 2 microgramos de cadmio. Los alimentos marinos tienen concentraciones mayores de 0,05 microgramos/g de cadmio especialmente los mariscos.

Efectos tóxicos del Cadmio

Después de la absorción del cadmio el 50% de la carga corporal total se encuentra en el hígado y riñón, por su gran afinidad con una proteína llamada metalotioneina. Por su vida media prolongada en el organismo (10-30 años) es acumulable en éste. Compite con el calcio del organismo produciendo descalcificación y osteoporosis. Como consecuencia, dolores reumáticos y miálgicos que no responden a la terapia de los analgésicos.

La toxicidad aguda a raíz de la exposición al cadmio se manifiesta principalmente a través de la ingestión de bebidas o de alimentos contaminados. Esto podría producir náuseas, vómitos y dolor abdominal. Respirar altos niveles de cadmio produce graves lesiones en los pulmones y puede producir la muerte. Ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy elevados causa seria irritación al estómago e induce vómitos y diarrea.

La toxicidad crónica se traduce en enfermedad pulmonar obstructiva crónica y enfisema.

También, produce efectos perjudiciales en el sistema cardiovascular y el esqueleto.

En animales con ingestiones de cadmio en la comida o en el agua se observó aumento de la presión sanguínea, déficit de hierro en la sangre, enfermedades al hígado y lesiones en los nervios y el cerebro.

No sabemos si estos efectos ocurren en seres humanos expuestos a cadmio a través de los alimentos o del agua. Contacto de la piel con cadmio no parece constituir un riesgo para la salud ya sea en animales o seres humanos.

La IARC lo clasifica como probable cacinógeno humano (Clase 2A).

Contaminación ambiental por Cadmio

- El cadmio entra al aire de fuentes como la minería, industria, y al quemar carbón y desechos domésticos.
- Partículas de cadmio pueden viajar largas distancias antes de depositarse en el suelo o en el agua.
- El cadmio entra al agua y al suelo de vertederos y de derrames o escapes en sitios de desechos peligrosos.
- Se adhiere fuertemente a partículas en la tierra.
- No se degrada en el ambiente, pero puede cambiar de forma.
- Las plantas, peces y otros animales incorporan cadmio del ambiente.

Niveles permisibles

- La EPA ha establecido un límite de 5 partes de cadmio por cada billón de partes de agua potable (5 ppb). La EPA no permite la presencia de cadmio en insecticidas.
- La Administración de Alimentos y Drogas (FDA) restringe la cantidad de cadmio en colorantes para alimentos a 15 partes de cadmio por cada millón de partes de colorante (15 ppm).
- La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) limita la cantidad de cadmio en el aire del trabajo a 100 microgramos por metro cúbico (100 g/m^3) en la forma de vapores de cadmio y a 200 g de cadmio/ m^3 para polvos de cadmio.

10.3 Otros compuestos inorgánicos persistentes. Asbesto

Asbesto es el nombre asignado a un grupo de seis materiales fibrosos diferentes (amosita, crisotilo, crocidolita y las formas fibrosas de tremolita, actinolita, y antofilita) que se encuentran en forma natural en el ambiente. Los minerales de asbesto están formados por fibras largas y resistentes que se pueden separar, y son suficientemente flexibles como para ser entrelazadas, también, resisten altas temperaturas.

Debido a estas características, el asbesto se ha usado para una gran variedad de productos manufacturados, principalmente en materiales de construcción (tejas para techo, baldosas y azulejos, productos de papel y productos de cemento con asbesto), productos de fricción (embrague de automóviles, frenos, componentes de la transmisión), materias textiles termoresistentes, envases, empaquetaduras, y revestimientos. Algunos productos como el talco pueden contener asbesto.

10.3.1 Contaminación ambiental con asbesto

Las fibras de asbesto pueden pasar al aire o al agua a causa de la degradación de depósitos naturales o de productos de asbesto manufacturados. Las fibras de asbesto no se degradan ni se disuelven en agua. Las fibras de diámetro pequeño y las partículas pequeñas pueden permanecer suspendidas en el aire por largo tiempo y así ser transportadas largas distancias por el aire y el agua antes de depositarse. Las fibras y partículas de mayor tamaño tienden a depositarse más rápido. Exposición al asbesto y las razones políticas para su uso. Todos estamos expuestos a pequeñas cantidades de asbesto en el aire que respiramos.

Estos niveles varían entre 0.00001 y 0.0001 fibras por mililitro de aire; los niveles más altos se encuentran generalmente en ciudades y en áreas industriales.

Personas que trabajan en industrias que fabrican o usan productos de asbesto o en la minería de asbesto pueden estar expuestas a altos niveles de asbesto, incluyendo las cercanías de estas industrias.

Las fibras de asbesto pueden liberarse al aire al manipular materiales que contienen asbesto durante el uso del producto, demoliciones, mantenimiento, reparación y renovación de edificios o viviendas. En general, la exposición puede ocurrir solamente cuando el material que contiene asbesto manipula bruscamente la liberación de partículas o fibras al aire.

El agua potable puede contener asbesto de fuentes naturales o de cañerías de cemento que contienen asbesto.

En Estados Unidos, la EPA y la Agencia para la Educación realizan fuertes campañas para prevenir la exposición de los estudiantes de planteles públicos y privados al mencionado asbesto. En la diapositiva 9.1, se muestra los lugares donde es encontrado asbesto en una edificación, dado que desde las pasadas décadas se fomentó el uso del tóxico por sus propiedades térmicas, antimicóticas y sellantes.

En Colombia, como en varios países, muchos proyectos están utilizando otra forma de amianto o asbesto (un silicato de roca mineral) denominado crisotilo, que en combinación con otros materiales permite elaborar productos como tejas y tubería de acueducto, más resistentes al calor, al moho, al paso del tiempo, a precios muy económicos.

Actualmente, por falta de un debate cuidadoso sobre los beneficios y costos sociales futuros por el uso del mineral en cuanto se entiende que es un “producto social”, se desconocen los estudios realizados inclusive por la Organización Mundial del Comercio –OMC-, la Organización Mundial de la Salud, importantes instituciones gubernamentales que indican que el Crisotilo, una forma blanca de asbestos, también peligrosa.

La EPA en un documento estima que “existen materiales que contienen asbestos en la mayoría de las escuelas primarias, secundarias y de tipo “charter” de la nación. El asbestos se usa generalmente en las escuelas como aislante y en materiales de construcción. También se ha usado en baldosas para pisos y cielorrasos, en tuberías de cemento-asbestos, en papel corrugado para envolver, en aislamiento acústico y decorativo, en aislamiento de tuberías y calderas y en aplicaciones por aspersión para prevención contra fuego. Por ejemplo, la pelusa blanca visible en una pieza de cielorraso desprendido es un tipo de material de asbestos aplicado por aspersión. La cantidad de asbestos en estos productos varía mucho, desde menos de 1 por ciento hasta un 100 por ciento, dependiendo del uso dado.

El aislamiento de tuberías y calderas generalmente contiene más asbestos que otros tipos de materiales de construcción. La cantidad exacta de asbestos en un producto que no siempre se puede determinar a partir de la etiqueta ya que la mayoría de los productos usados en el pasado carecían de ella, desconocido incluso por el fabricante. En su lugar, la identificación positiva del asbestos requiere el análisis de muestras en un laboratorio calificado.”

Para el año 2002, la misma OMS en un estudio conjunto con la Organización Mundial del Comercio (OMC),

reitera que no puede obligarse a un país a aceptar la introducción o fabricación con asbestos, puesto que la OMC permitió que Francia restringiera el comercio del Asbesto proveniente de Canadá, alegando que “no podía exigirse razonablemente a Francia que recurriera a prácticas de uso controlado, como pretendía Canadá, pues no podía demostrarse que el uso controlado fuera eficaz en la práctica”.

Francia demostró que en materia de comercio internacional, primaba la salud pública de sus trabajadores y su sociedad civil, al prohibir el uso de asbestos en ese país, donde hay cerca de 2.000 defunciones anuales por causa del asbestos, debiendo instaurar un fondo de compensaciones para indemnizar a las víctimas, puesto que la asistencia médica se calcula entre 1.3 a 1.9 millones de euros anuales. Luego, la Unión Europea prohibió la utilización del asbestos o sus derivados salvo en los casos que no se pueda hallar un sustituto para avanzar en la industria nuclear o militar.

Pero ya son varios países del hemisferio los que están tomando medidas específicas contra estos productos. Brasil inició la Campaña Internacional para la Prohibición del Amianto, sustituyendo cerca del 70 por ciento de su producción local de asbestos y crisotilos. Luego de un intenso trabajo de los sindicatos, la Sociedad Civil y varios gobiernos locales como el de Sao Paulo, Chile, Argentina y Uruguay. Tomaron esta medida para proteger la salud pública de los trabajadores y los habitantes del Cono Sur.

Asbestos en edificios urbanos

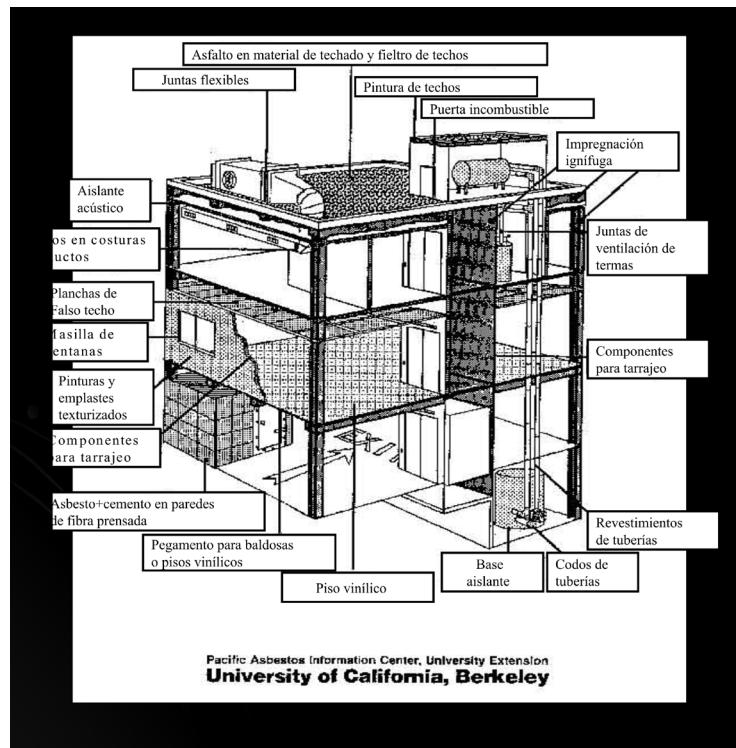


Figura 10.5 Asbesto en edificios urbanos

Efectos tóxicos del asbesto

El asbesto afecta principalmente a los pulmones y a la membrana que envuelve a los pulmones, la pleura. Respirar altos niveles de fibras de asbesto por largo tiempo puede producir lesiones que aparecen como cicatrices en el pulmón y en la pleura. Esta enfermedad se llama asbestosis y ocurre comúnmente en trabajadores expuestos al asbesto, pero no en el público en general. La gente con asbestosis tiene dificultad para respirar, tos, y en casos graves se presentan alteraciones cardiovasculares. La asbestosis es una enfermedad grave que eventualmente puede producir la muerte o incapacidad.

Respirar niveles bajos de asbestos puede producir alteraciones en la pleura, llamadas placas. Las placas pleurales pueden ocurrir en trabajadores y ocasionalmente en gente que vive en áreas con altos niveles ambientales de asbestos. Los efectos de las placas pleurales sobre la respiración generalmente no son serios, pero la exposición a niveles más altos puede producir un engrosamiento de la pleura que puede restringir la respiración.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos de USA (DHHS), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la EPA han determinado que el asbestos es carcinógeno para seres humanos.

Hay dos tipos de cáncer producidos por exposición al asbestos: cáncer del pulmón y mesotelioma. El mesotelioma es un cáncer de la pleura o del tejido que envuelve la cavidad abdominal (el peritoneo). El cáncer producido por el asbestos no aparece inmediatamente, sino que se manifiesta después de varios años. Los estudios en trabajadores sugieren también que respirar asbestos puede aumentar las posibilidades de contraer cáncer en otras partes del cuerpo (estómago, intestino, esófago, páncreas y los riñones), aunque esto es incierto.

La identificación y el tratamiento temprano de todo cáncer pueden aumentar la calidad de vida y la sobrevivencia de la persona.

La combinación de exposición al asbestos y al humo de cigarrillo aumenta considerablemente las posibilidades de contraer cáncer del pulmón. Por lo tanto, si usted ha estado expuesto al asbestos, debe dejar de fumar. Esta puede ser la acción más importante para mejorar su salud y disminuir el riesgo de contraer cáncer.

Exámenes médicos y de laboratorio. Niveles permisibles

Para evaluar enfermedades relacionadas a la exposición al asbestos se necesitan una historia completa, examen físico y pruebas de diagnóstico. La radiografía del pecho es la mejor herramienta para detectar cambios en los pulmones que resultan de la exposición al asbestos. Pruebas de función pulmonar y sondeos computarizados en tres dimensiones del pulmón también ayudan en el diagnóstico de enfermedades relacionadas al asbestos.

En 1989 la EPA prohibió todo nuevo uso del asbestos; los usos establecidos con anterioridad a esta fecha todavía se permiten. Igualmente, estableció reglamentos que requieren la inspección de escuelas para verificar si hay o no asbestos dañado, y para eliminar o reducir la exposición ya sea removiendo el asbestos o cubriéndolo. La EPA reglamenta la liberación de asbestos de fábricas y durante demolición o renovación de edificios para prevenir que el asbestos pase al ambiente.

La EPA ha propuesto una concentración límite de 7 millones de fibras por litro de agua potable para fibras largas (5 μm de longitud o más). La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido límites de 100,000 fibras con longitudes de 5 μm o más por metro cúbico de aire en el lugar trabajo durante jornadas de 8 horas diarias, 40 horas semanales.

10.4 Bibliografía

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. ATSDR. Toxfaqs. Atlanta, US, 2005.
- CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGIA HUMANA Y SALUD. ECO. Evaluación de riesgos para la Salud en la Población expuesta a metales en Bolivia. Ed. Díaz Barriga F. ECO/OPS. México, 1998.
- ELINDER, C.G., et Al. Biologic Monitoring of Metals. Doc. WHO/94.2, Geneva, 1994.
- GUERRERO, E. et Al. Mercurio: Un Contaminante Ambiental Ubicuo y Peligroso para la Salud Humana. I- Contaminación por Mercurio en la Bahía de Cartagena. Biomédica, 15, 144-154, 1995.
- HALEY, T., Asbetosis: a reassessment of the overall problem. Jounal of Pharmaceutical Sciencies. 64 : (9). 1975.
- INTERNATIONAL REGISTER OF POTENTIALLY TOXIC CHEMICALS. IRPTC. Data Profile on Lead., United Nations Environment Program, Geneve, 1990.
- PRIETO, A. et Al. Mercurio: Un Contaminante Ambiental Ubicuo y Peligroso para la Salud Humana. II. Contaminación por Mercurio en la Leche de Ganado vacuno ubicado en las riberas del Río Bogotá. Biomédica, 15, 144-154, 1995.

- VALLE, V. Contaminación de Aguas por Mercurio. Documentos del IV Congreso Colombiano y I Latinoamericano de Toxicología. Medellín, Junio de 1999.
- WOLD HEALTH ORGANITATION. WHO. Lead, Environmental Aspects. Environmental Health Criteria 85, Geneva, 1995.
- Inorganic Mercury. Environmental Health Criteria 118, Geneva, 1991.
- Metylmercury, Environmental Health Criteria 101. Geneva, 1990.
- Mercury, Environmental Aspects. Environmental Health Criteria 86, Geneva, 1989.
- Arsenic. Environmental Health Criteria 18, Geneva, 1981.
- Asbestos. Environmental Health Criteria 162, Geneva, 1992.
- Chrysotile asbestos, Environmental Health Criteria Series, núm. 203, Organization de la Salud. 1998.
- Órgano de Apelación de la OMC, marzo de 2001.
- Acuerdos OMC y la salud pública, estudio conjunto entre la OMS y la Secretaría de la OMC, 2002.
- National Toxicology Program. US Department of Health And Human Services. Report on carcinogens. (RoC): available in <http://ntp.niehs.nih.gov/index>.

- U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. TOXICOLOGICAL PROFILE FOR ASBESTOS September 2001 available in <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp61.html>
- Safety and Health Topics. Asbestos. OSHA available in <http://www.osha.gov/SLTC/asbestos/index.html>.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Asbestos and Vermiculite, available in <http://www.epa.gov/asbestos/>.
- El Asbesto en las escuelas. Agencia de Protección Ambiental EPA, Asociación Nacional de Padres y Maestros PTA y la Asociación Nacional para la Educación NEA, página en español. Programa de desamiantado y prevención en las escuelas elementales y secundarias. Disponible en diversos formatos e idiomas en la Web <http://www.epa.gov/asbestos/pubs/spanishabcs.html>.





CAPÍTULO **11**



*LOS PLAGUICIDAS,
SU IMPACTO EN LA
SALUD Y MEDIO
AMBIENTE*



¿Qué son los plaguicidas?

Los plaguicidas hacen parte integral de la agricultura moderna y de los programas de Salud Pública para la erradicación de vectores de enfermedades tales como la malaria, dengue, dengue hemorrágico, enfermedad de Chagas, fiebre amarilla, tifo, filariasis, leishmaniasis y otras.

En la actualidad el mundo se ha visto abocado a una superproducción de alimentos para abastecer miles de millones de habitantes del globo, por ello en Colombia como en el resto del mundo no se puede concebir en el momento una agricultura sin plaguicidas, ya que no podemos darnos el lujo de compartir nuestras cosechas con las plagas. Pero a pesar del crecimiento agrícola, la octava parte de la población mundial no alcanza un nivel alimentario mínimo.

El programa para el ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA) identifica a los plaguicidas como los mayores contaminantes químicos del planeta, seguido de los metales, solventes, plásticos y detergentes.

Las sustancias utilizadas como plaguicidas son en un 95% de origen sintético, El otro 5% son de origen biológico, como bacterias, virus, hongos y feromonas, tales como el bacilo turigiensis utilizado como insecticida y el hongo boveria bausiana de gran uso contra la broca del café.

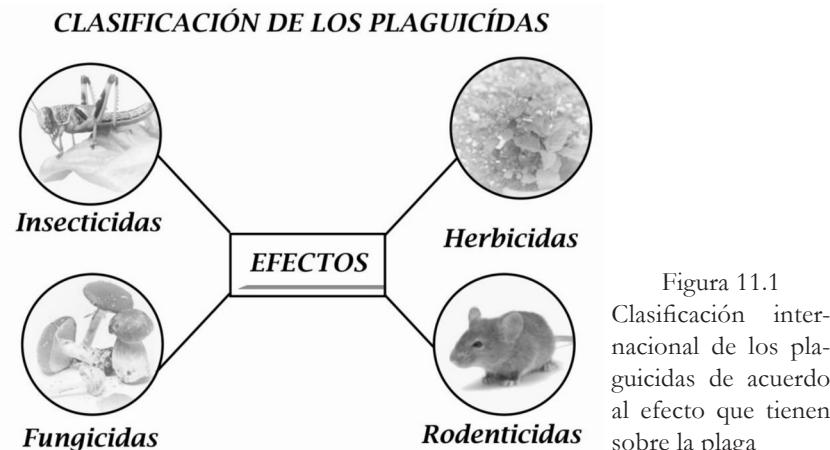
Las sustancias químicas utilizadas como plaguicidas tienen estructuras químicas diferentes y complejas, y por esto también propiedades distintas que van a incidir en la toxicidad de cada sustancia.

11.1 Diferentes formas de clasificación de los plaguicidas

Es importante conocer las tres formas de clasificar los plaguicidas. Estas son:

- Según el tipo de organismo que se desee controlar
- Según el grupo químico.
- Según la toxicidad aguda.
- Según el tipo de organismo a controlar

La clasificación internacional de los plaguicidas va de acuerdo al efecto que tengan sobre la plaga.



Insecticidas. Son los plaguicidas que controlan o matan artrópodos, en este grupo también figuran los acaricidas (que controlan arañas), molusquicidas (controlan caracoles), nematicidas (controlan gusanos), cucarachicidas y hormiguicidas.

Fungicidas. Controlan o destruyen hongos, responsables de la marchitez y podredumbre de cultivos, como la roya del café, la sigatoca negra del banano.

Herbicidas. Controlan o matan las malas hierbas de manera general o selectiva, en este grupo también lo integran los defoliantes y arboricidas.

Rodenticidas. Destruyen los roedores (ratas, ratones, conejos, murciélagos). Esta plaga es la responsable de la desaparición del 1% de los alimentos almacenados a nivel mundial, además son transmisores de graves enfermedades como la virosis hemorrágica, la leptospirosis, entre otras.

Tipo de Plaguicida	Organismo que interesa controlar
Insecticida: larvicida	Larvas de insectos
Formicida	Hormigas
Pulguicida	Pulgas
Piojicida	Piojos
Aficida	Pulgones
Acaricida: garrapaticida	Garrapatas
Nematicida	Nemátodos
Molusquicida	Moluscos
Rodenticida	Roedores
Avicida: columbicida	Aves (palomas)
Bacteriostático y Bactericida	Bacterias
Fungicida	Hongos
Herbicida	Plantas indeseadas

Tabla 11.1
Clasificación de los plaguicidas según el organismo a controlar

Tabla 11.2
Clasificación de los plaguicidas según el grupo químico

Bipiridilos
 Carbamatos
 Compuestos órgano-estánicos
 Compuestos organoclorados
 Compuestos organofosforados
 Compuestos organomercuriales
 Triazinas
 Derivados del ácido fenoxiacético
 Derivados del cloronitrofenol
 Piretroides y piretrinas
 Tiocarbamatos
 Derivados cumarínicos
 Otros

Clasificación según la toxicidad aguda

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha recomendado - sujeta a actualizaciones periódicas - una clasificación de plaguicidas según el grado de peligrosidad, entendiendo ésta como su capacidad de producir daño agudo a la salud cuando se dan una o múltiples exposiciones en un tiempo relativamente corto.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (E.E.U.U. EPA) utiliza la clasificación de los plaguicidas según la toxicidad aguda, teniendo en cuenta la DL50 para las vías oral, dérmica e inhalatoria y los efectos oculares y dérmicos. Ver tabla 11.3

Clase	LD ₅₀ para ratas			Efectos	
	Oral (mg/Kg)	Dérmica (mg/Kg)	Inhalación (mg/L)	Efectos oculares	Efectos dérmicos
I	50 o menos	200 o menos	0,2	Corrosivo; opacidad corneal no reversible dentro de 7 días	Corrosivo
II	50 – 500	200 – 2.000	0,2 - 2,0	Opacidad corneal reversible en 7 días. Irritación persistente durante 7 días	Irritación severa a las 72 horas
III	500 – 5.000	2000 – 20.000	2,0 - 20	Irritación reversible en 7 días. No opacidad corneal	Irritación moderada a las 72 horas
IV	5.000 y más	20.000 y más	20 y más	Sin irritación	Irritación leve a las 72 horas

Tabla 11.3 Clasificación de toxicidad aguda para los plaguicidas, y sus efectos oculares y Dérmicos EPA/E.E.U.U y British Crop Protection Council, 1994.

11.2 Usos diferentes de los plaguicidas

Hay varias razones para que los plaguicidas hayan logrado popularizar su consumo:

- Gran efectividad en el control y destrucción de plagas de origen vegetal y animal.
- Facilidad en la adquisición de las formulaciones y la gran variedad de métodos de aplicación y formas de utilización.

Los plaguicidas tienen diversos usos; en esta sección describiremos las características y particularidades de cada uno de ellos:

Uso en actividades agrícolas

Se estima que en la actualidad aproximadamente el 85% de los plaguicidas empleados en el mundo se dedica al sector agropecuario. El uso de estos agrotoxicos es imprescindible, ya que sin ellos hay disminución de las cosechas. Los países desarrollados tienen pérdidas de cosechas en cifras que van desde el 10% hasta el 30%, mientras que en los países en vías de desarrollo las pérdidas alcanzan cifras entre el 40% y el 75%.

Los siguientes datos revelan cómo se distribuye el uso de los plaguicidas en los diferentes cultivos en el ámbito mundial. Tabla 11.4

Actualmente, el uso principal de los plaguicidas en varios países está dirigido al cultivo de banano, café, caña de azúcar, hortalizas, plantas ornamentales y granos básicos.

Cultivo	Plaguicida
Algodón, arroz, frutas y hortalizas	Uso elevado de insecticidas
Cereales, soya y caña de azúcar	Demandan el 70% de los herbicidas
Árboles frutales, vid y hortalizas	Demandan el 50% de los fungicidas
Cereales de grano pequeño (trigo y cebada), maíz, arroz y algodón	El 50% de los productos fitosanitarios

Tabla 11.4 Uso de los plaguicidas en los diferentes cultivos a nivel mundial

Uso en actividades pecuarias

La existencia de numerosas especies de ecto y endoparásitos de gran impacto sanitario y económico, ha motivado el uso de plaguicidas en el campo pecuario como antiparasitarios internos y externos. Entre los antiparasitarios externos encontramos los garrapaticidas, antisárnicos y piojicidas; y entre los endoparasitarios, los antihelmínticos, que también actúan contra las moscas y otros artrópodos.

Uso en actividades de salud pública

Entre las enfermedades que representan un serio problema de salud pública en los países de América Latina y el Caribe merecen destacarse: la malaria, la enfermedad de Chagas y otras tripanosomiasis, el dengue, la oncocercosis, la filariasis, la esquistosomiasis, la leishmaniasis y la fiebre amarilla.

Estas enfermedades son transmitidas por vectores o por medio de huéspedes intermedios. Para controlarlas, la mayor parte de los programas sanitarios de lucha antivectorial, utilizan plaguicidas. Aproximadamente el 10% de los plaguicidas utilizados en el mundo se dedican a este fin. El control biológico que también puede usarse para vectores, ha tenido poco desarrollo en Latinoamérica.

Un estudio de la Organización Mundial de la Salud (OMS) mostró que la mayor demanda de plaguicidas para el control de vectores de enfermedades de importancia en salud pública en áreas urbanas, fue la de insecticidas en las formas de concentrado emulsionable o concentrados de volumen ultra bajo. En estas áreas los organoclorados han sido progresivamente reemplazados por piretrinas, piretróides y organofosforados (clorpirifos, diclorvos, fenitrotión, fentión, malatión y temefós).

Empleo en actividades domésticas, edificaciones, medios de transporte y servicios de uso público

En estas áreas, las plagas que provocan mayor preocupación son las cucarachas, las moscas y los mosquitos, ya que son transmisores de agentes patógenos para el hombre y otros vertebrados.

Por ejemplo, la mosca doméstica recoge y porta muchos agentes patógenos (virus, bacterias, protozoarios, huevos y quistes de helmintos), participando en la transmisión de enfermedades como la disentería, la diarrea, la tifoidea, las intoxicaciones alimentarias y la helmintiasis. Además ha sido señalada como transmisora de la poliomielitis y de algunas enfermedades cutáneas y oculares.

En los aviones, el transporte potencial de vectores que causan enfermedades a los seres humanos ha sido motivo de constante preocupación. Para las aeronaves, actualmente se recomienda el uso de permetrina, aplicada sin la tripulación, los pasajeros o los alimentos.

11.3 Uso de los plaguicidas en Colombia

En el área Suramericana, Colombia por ser un país agricultor, es el mayor consumidor de plaguicidas después

del Brasil, el 65% del total del consumo de los países del área andina los tiene Colombia, consumiendo alrededor de 40 mil toneladas por año de producto formulado a través de unas 1.200 formulaciones comerciales registradas en Minsalud y con permiso de uso del ICA.

Además la floricultura colombiana consume más de 20 mil Tn/año de producto formulado, debido a las grandes exportaciones de flores cortadas. Ocupamos el segundo lugar en la exportación de flores cortadas después de Holanda, generando gran cantidad de divisas, unos 140 mil empleos directos donde el 70% son mujeres y otros tantos empleos indirectos.

Como consecuencia del gran consumo de plaguicidas se genera graves problemas en la salud de la población ocupacionalmente expuesta debido a que estos insumos son aplicados en ambientes cerrados. Además de los problemas de salud ocupacionales tales como cefaleas, cortaduras, alergias debidas al polen, dolores lumbares por las posturas no ergonómicas, se presentan según estudios efectuados en el país efectos a largo plazo muy difíciles de definir por tratarse de población flotante.

Sin embargo dichos estudios reportan gran índice de abortos, nacimientos prematuros y malformaciones, este último efecto puede ser ocasionado por el fungicida captan prohibido ya en otros países por este efecto.

Las industrias de flores localizadas no solamente en la sabana de Santafé de Bogotá, sino en otros sitios del país producen contaminación visual, contaminación de cuerpos de agua y de suelos, aunque se dice que los cultivos de papa y hortalizas aledaños a los cultivos de flores producen mayor contaminación que éstos.

Como se generan gran cantidad de desechos y residuos peligrosos hay mal manejo de ellos. Por otra parte la excavación de pozos de agua por cada flora ocasionará un agotamiento de acuíferos, considerados como la última reserva de agua para nuestra supervivencia una vez sea agotada la de los ríos.

Producción y comercialización de los plaguicidas

En la actualidad existen en el mundo cerca de 1.500 ingredientes activos de plaguicidas y 60.000 preparados comerciales o formulaciones de los mismos.

En América Latina sobresalen Guatemala y Costa Rica en existencia de plantas formuladoras de plaguicidas en mayor o menor cantidad, e incluso en más de media docena de ellos se hace la síntesis del ingrediente activo.

En la actualidad, en Colombia hay varias empresas nacionales y extranjeras destinadas a la formulación y comercialización de los plaguicidas. Algunas de ellas no solamente formula y comercializan los plaguicidas, sino que los sintetizan, es el caso del fungicida más utilizado en el país como mancozeb (ditane) y los herbicidas propanil y diuron.

Ocupamos igualmente el segundo lugar en Latinoamérica en cuanto a flotas de fumigación aérea, eso sin contar las avionetas y pistas destinadas al control de cultivos ilícitos, donde el ambiente es el más afectado.

No existen estudios ambientales en el momento que evalúen el gran impacto de las aplicaciones masivas de herbicidas en los ecosistemas más afectados como son los suelos, biota y cuerpos de agua.

Cabe destacar igualmente, las decenas de empresas de fumigación industrial cuyos problemas radican especialmente en la salud de los fumigadores o en la contaminación de alimentos, por el uso de sustancias extremada y altamente tóxicas como los IOF, fosfamina, fosfuros metálicos y bromuro de metilo.

Un hecho de especial importancia en el campo agronómico y toxicológico, verificado por medio de diferentes estudios, ha sido comprobar que con frecuencia la concentración del ingrediente activo indicada en la etiqueta del producto formulado, no corresponde a la realidad presentándose situaciones tanto por exceso como por defecto.

Así mismo, se ha reportado la presencia de impurezas tóxicas que hacen que el producto final tenga una toxicidad diferente.

11.3 Población expuesta y grado de exposición

De acuerdo con investigaciones epidemiológicas efectuadas en el país, se calcula que un 36% de la población colombiana está en contacto directo con los plaguicidas, hablando de formuladores, pilotos fumigadores agrícolas e industriales, floricultores, mezcladores, transportadores, y expendedores. Además, toda la población de Colombia y del mundo lleva en su sangre y en el tejido adiposo el sello indeleble de los insecticidas organoclorados.

Estos insecticidas ya fueron prohibidos por el Ministerio de protección social desde el año 1.993, exceptuando el lindano usado como ectoparacitícid y el endosul-

fan para el control de la broca del café. Sin embargo, la contaminación anterior a la prohibición permanece durante todo el periodo de vida dada sus propiedades de bioacumulación, biomagnificación y persistencia.

Un hecho muy importante es establecer la población expuesta a estos agrotóxicos. Conociendo esta información, los planificadores en salud orientarán las acciones preventivas hacia aquellos grupos de más alto riesgo o donde el impacto en la reducción del daño sea mayor.

Las personas expuestas se han agrupado en dos niveles amplios:

- Los trabajadores expuestos según la ocupación que desempeñan.
- La población en general.

Trabajadores

Desde el punto de vista laboral, existe una gran complejidad en los patrones de uso de los plaguicidas, a la vez que una gran variedad de formas e intensidades de exposición; sin embargo, es la población económicamente activa del sector agrario la que tiene una mayor exposición dado que allí se utiliza un 85% de los plaguicidas.

En el ámbito ocupacional, los trabajadores tienen exposición a plaguicidas:

- En la fabricación y formulación de estos productos.
- En su transporte, almacenamiento y expendio.
- En el sector agrario, incluyendo el cultivo de plantas ornamentales
- En actividades pecuarias.

- En la industria forestal.
- En campañas de salud pública.
- En campañas de fumigación (viviendas, carreteras, vías férreas y bodegas aduanales).

Población general

El conocimiento e identificación de los grupos de población general en riesgo son importantes para el desarrollo de actividades preventivas; al definir cada grupo podrá usted determinar el tipo de medidas a recomendar y ejecutar, los grupos son los siguientes:

- Comunidades rurales que viven cerca de donde se hacen aplicaciones aéreas o terrestres.
- Familiares de trabajadores agrícolas, especialmente niños y mujeres embarazadas.
- Comunidades urbanas y rurales donde se hacen aplicaciones domésticas o campañas de salud pública.

Toda la población que está expuesta a los alimentos y aguas contaminadas por residuos de plaguicidas.

Existen indicadores aplicables a ambos grupos de población expuesta que ayudan a aproximarse al grado de exposición, estos indicadores son:

- La cantidad utilizada de plaguicida por habitante en cada país.
- La cantidad empleada por cada trabajador del sector agrario.
- Las proporciones de plaguicidas de alta toxicidad utilizadas en cada país o región.

Si se utilizan estos indicadores buscando la información en su país o región se podrá programar mejor las actividades de tratamiento, pero éstas son sólo una parte, siendo indudablemente necesarias aquellas relacionadas con la prevención y educación.

11.4 Efectos de los plaguicidas en la salud humana y el ambiente

La problemática de la contaminación humana y del ambiente es ocasionada por varias razones:

- La gran cantidad y variedad de sustancias que se aplican a los cultivos.
- Mal manejo que se hace de los plaguicidas durante la aplicación, transporte, almacenamiento y eliminación de sus residuos.

Según investigaciones hechas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), los cultivos y cosechas, casi en su totalidad tienen residuos de los diferentes plaguicidas, debido al uso masivo de éstos sobre los cultivos, aún con una buena práctica agrícola.

Los cultivos algodón, arroz, papa y sorgo consumen el 5% de los insecticidas que se comercializan en el país.

Los cultivos de arroz, banano, café y papa consumen el 80% de los fungicidas; Los pastos, el arroz y algodón el 69% de los herbicidas.

El arroz es el cultivo más fumigado ya que se le aplica en gran escala los 3 grupos de plaguicidas, a la papa se le aplica masivamente insecticidas y fungicidas, por ello, estos alimentos contienen residuos de los diferentes plaguicidas, dependiendo de las propiedades de bioacumulación y persistencia.

Los efectos de los plaguicidas a la salud humana y el ambiente, son ocasionados por el mal manejo durante la aplicación, transporte, almacenamiento y eliminación de los residuos de plaguicidas

11.5 Formas de aplicación de los plaguicidas

Aplicación aérea

La fumigación aérea es la que produce mayor contaminación del ambiente, ya que la deriva y arrastre de los productos por el viento van a contaminar a cuerpos de agua y suelos aledaños a los cultivos que se fumigan. Ver figura 11.2 Es importante aclarar que los plaguicidas de Categoría Toxicológica I y II no pueden aplicarse por vía aérea, porque matarían a todos los organismos terrestres y acuáticos expuestos. Igualmente la aplicación siempre debe realizarse en contra del viento para que la estela del producto quede atrás y no haya exposición del personal que va en la nave.

Muchas pistas de fumigación del país no cumplen con los requisitos de seguridad especialmente en cuanto a su ubicación, ya que se ha detectado la existencia de poblaciones aledañas a dichas pistas (hospitales, escuelas).



El MAVDT a través de su decreto 1753/93, ordena a la Corporaciones Autónomas Regionales otorgar en sus respectivas jurisdicciones licencia ambiental para la construcción de terminales aéreos de fumigación, es decir, que para la obtención de dicha licencia deberán presentar los estudios de impacto ambiental.

Aplicación terrestre

La aplicación terrestre genera igualmente, pero en menor grado contaminación del aire, agua y suelos. Quizá el mayor riesgo de contaminación sea para los aplicadores que no disponen de las medidas de seguridad y protección adecuadas. Ver figura 11.3



Figura 11.3 - Fumigación Terrestre

Transporte y almacenamiento

Graves accidentes se han sucedido en el país por el transporte de alimentos con plaguicidas por lo cual somos ejemplo a nivel del mundo por las intoxicaciones masivas con plaguicidas. Lo mismo podemos decir del almacenamiento en nuestras bodegas de puertos, donde junto a estos químicos se almacenan alimentos sin ningún control por parte de las entidades portuarias. Todas las empresas que transporten y almacenen plaguicidas necesitan licencia ambiental para su funcionamiento de acuerdo al decreto 1743/93 de MAVDT.

Eliminación de desechos y residuos de plaguicidas

Los desechos de los plaguicidas son considerados a nivel mundial como peligrosos para la salud humana y ambiente. En el país no existen estudios de impacto ambiental producido por estos residuos.

Actualmente solo dos empresas multinacionales tienen hornos especiales para incineración de estos residuos, es decir unos hornos que tengan una temperatura de 800 °C que asegure la destrucción de los más estables, y además, deben tener recirculación interna de gases para no contaminar el ambiente.

En cuanto a los envases y empaques, el Ministerio del Medio Ambiente para solucionar en algo este problema contempla que dichos implementos deben devolverse a las respectivas empresas comercializadores para su reuso.

Otro problema ambiental es el material vegetal que queda de la cosecha, especialmente en la industria de flores, que son utilizados para alimento del ganado. Investigaciones recientes efectuadas por el Instituto Nacional de Salud en carne y leche de este ganado contenían varios plaguicidas, con gran riesgo para la salud humana, especialmente de la población más vulnerable como es la infantil.

En las bananeras del país el mayor problema radica en sus residuos, que en su mayor parte son plásticos impregnados de clorpirifos, ya que los racimos verdes se cubren con una bolsa plástica.

Igualmente las empresas que transporten y almacenen residuos peligrosos necesitan licencia ambiental para su funcionamiento, que le otorgaran las Corporaciones Autónomas Regionales de acuerdo Decreto 1753/93. Deberán

presentar estudios de impacto ambiental, como medidas de emergencia y contingencia. Lo mismo sucede para la construcción y operación de sistemas de tratamiento y disposición final de basuras y residuos de plaguicidas.

Efectos benéficos y adversos de los plaguicidas

Cuando se habla de los plaguicidas siempre se debe tener en cuenta el riesgo/beneficio que su uso implica. Es por ello que los plaguicidas presentan efectos benéficos y adversos. Ver figura 11.4

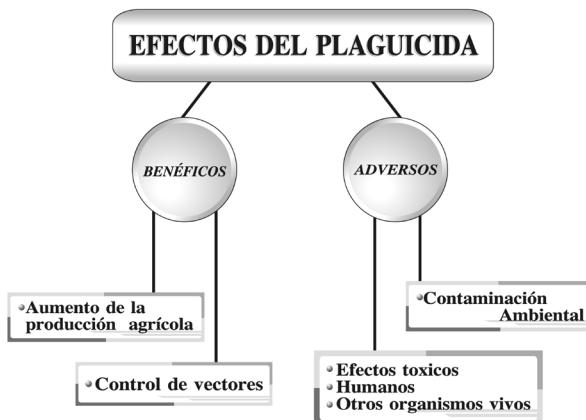


Figura 11.4. Efectos benéficos y adversos de los plaguicidas

Efectos benéficos.

Entre los efectos benéficos tenemos el aumento en más de un 50% de la producción agrícola, así por ejemplo, hay cultivos que si no se les aplica los plaguicidas ordenadamente, son totalmente consumidos por las plagas.; en estos países tropicales se controla una plaga para luego aparecer otra, es el caso de la papa o del cafeto.

Control de vectores productores de enfermedades. Se han podido controlar más de 30 vectores, pero la lu-

cha antivectorial no ha terminado, ya que siguen apareciendo nuevas enfermedades transmitidas por ácaros, insectos, microorganismos (bacterias, virus y hongos) y roedores.

11.5.1 Efectos adversos de los plaguicidas

Los efectos nocivos de los plaguicidas incluyen:

- Contaminación ambiental
- Efectos tóxicos agudos, crónicos y a largo plazo en humanos.

Contaminación ambiental

El uso de los plaguicidas produce gran impacto ambiental. Entendemos por impacto ambiental al conjunto de fenómenos naturales o antropogénicos capaces de ocasionar modificaciones sobre el ambiente o sus componentes bióticos. En el caso de los plaguicidas, en general, estos efectos son negativos y percibidos en la calidad de los componentes ambientales y sobre la salud y el bienestar de las poblaciones.

Entre las propiedades de los plaguicidas que hacen se les considere contaminantes ambientales están la toxicidad, la estabilidad y la persistencia. Estas propiedades son las que facilitan la contaminación de agua, suelo y aire, unidas a otros factores como los propiciados por el hombre en su afán de dominio de la naturaleza e industrialización.

Pero el problema no solo reside en el deterioro de los ecosistemas, sino la presencia de residuos de plaguicidas en la cadena alimentaria, ya sea terrestre o acuática. La contaminación ambiental y humana por los plaguicidas se produce en su mayor parte en la aplicación de

estas sustancias. Así por ejemplo, la aplicación aérea y terrestre de plaguicidas van a generar contaminación del aire, agua y suelos llamados medios de dispersión, para luego a través de estos medios ir a contaminar a los organismos receptores ya sean acuáticos o terrestres. Los residuos de plaguicidas presentes en el aire y agua pueden ir directamente a contaminar al hombre o llegar a él a través de los alimentos vegetales, o de origen animal tales como leche, carne y pescado.

Contaminación del aire

Los plaguicidas que tienen alta tensión de vapor, se volatilizan con facilidad durante la operación o inmediatamente después de ella. La aplicación aérea no controlada puede ocasionar la contaminación del aire de poblados próximos a zonas agrícolas y causar intoxicaciones en las poblaciones expuestas.

Según investigaciones hechas por organismos internacionales, de la aplicación aérea de plaguicidas sólo el 53% de la formulación va al cultivo, el 47% se deposita en cuerpos de agua y suelos, además dependiendo de las condiciones meteorológicas irán a contaminar a otros ecosistemas distantes.

Se ha comprobado que en lugares aledaños a los sitios fumigados hay extinción de la fauna terrestre, especialmente de aves por ser de gran sensibilidad a estas sustancias, de insectos benéficos como los polinizadores y mamíferos silvestres.

En el centro y sur del Tolima, han desaparecido conejos, armadillos, borugos y venados, igualmente se han extinguido los gatos aumentando la plaga de roedores. Según estudios existentes, el herbicida 2,4D de media persistencia y de gran consumo en el país afecta la

reproducción de aves y mamíferos silvestres y además produce defoliación de los bosques.

Contaminación del agua

La contaminación de cursos y masas de agua por plaguicidas ocurre gracias a factores tales como la descarga de residuos industriales y sobrantes de agua del lavado de equipos, su aplicación directa al agua, el desplazamiento de plaguicidas arrastrados por las lluvias hacia los cauces, las aplicaciones aéreas cercanas a los ríos y lagos, y el uso indebido de estos productos como instrumentos de pesca, para mencionar sólo las formas más comunes de contaminar las aguas.

La presencia de residuos de plaguicidas en el agua, aún a muy bajas concentraciones, producen daños serios al fitoplancton primer eslabón de la cadena trófica acuática, igualmente, son afectadas las algas, invertebrados acuáticos (bentos), microorganismos, huevos y larvas de peces. Al ser rota la cadena trófica acuática habrá disminución del oxígeno disuelto y por ello se verá afectada la pesca.

Contaminación de suelos

La evaluación del grado de contaminación del suelo por plaguicidas es de particular importancia debido a la transferencia de estos contaminantes a los alimentos. En el caso de la ganadería, los residuos de plaguicidas organoclorados pasan del suelo al forraje y finalmente son absorbidos por los animales, depositándose en su grasa, aumentando así las concentraciones de residuos en la carne y la leche.

Además de lo anterior el suelo, se contamina debido a las deposiciones de los plaguicidas existentes en el

aire después de las fumigaciones aéreas y terrestres por aplicación directa. Existen formulaciones de plaguicidas para la desinfectación de suelos, como insecticidas y herbicidas. Por otro lado la contaminación puede ser también a través de agua de riego contaminada.

La fertilidad del suelo depende de la fauna y flora presente en este. Así tenemos bacterias fijadoras de nitrógeno, otras necesarias para la respiración de los suelos y para la degradación de la materia orgánica. En los suelos hay billones de hongos como las micorrizas útiles en el crecimiento de las plantas, lombrices para la humidificación de suelos. Todos estos macro y micro organismos pueden ser destruidos por insecticidas o herbicidas que llegan a los suelos de forma directa o indirecta, o que persisten por largo tiempo en ellos.

Plaguicidas con una vida media mayor a 6 meses deben prohibirse. Igualmente todos los organismos del suelo serán destruidos por los plaguicidas categorías I y II, como IOF, Carbamatos, Paraquat, etc.

11.6 Toxicidad para los humanos y otros organismos vivos

Los efectos de los plaguicidas en la salud, se enfocan desde tres puntos de vista:

- Los efectos agudos y subregistro de casos de intoxicaciones
- Efectos a largo plazo
- Hallazgos en los sistemas de vigilancia epidemiológica.

Los efectos agudos y subregistro

Según estimaciones hechas por organismos internacionales, el número de intoxicaciones ocupacionales por plaguicidas en países en vías de desarrollo asciende a 25 millones de casos cada año, a pesar de que estos países sólo utilizan la quinta parte del consumo mundial de plaguicidas. Esta cifra fue estimada teniendo en cuenta que 3% de los trabajadores agrícolas padecen un episodio de intoxicación cada año y que la población de agricultores asciende a 830 millones.

Las estadísticas de varios hospitales del país muestran a los plaguicidas entre las primeras cinco causas de intoxicaciones agudas. La OMS reporta unos 80.000 intoxicados al año, con una tasa de mortalidad en los países en desarrollo del 0,5% y en los desarrollados del 0,25%. El 75% del total de intoxicaciones por plaguicidas son ocasionados por los inhibidores de la colinesterasa, como son los organofosforados (IOF) y carbamatos. El 20% de los ingredientes activos utilizados en la formulación de plaguicidas son extremada y altamente tóxicos.

El uso de los plaguicidas de acuerdo a su categoría toxicológica en Colombia puede verse en la Figura 11.5

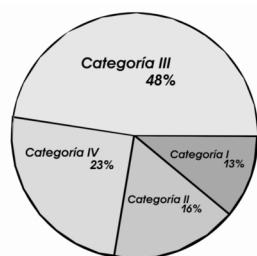
Subregistro

El problema de las intoxicaciones agudas en nuestros países es mucho más grave de lo que reflejan generalmente las estadísticas que se presentan, en las que es evidente el subregistro.

Algunos de los factores que contribuyen a esta situación son:

Bajo o inadecuado registro de intoxicaciones sucedidas en las zonas rurales por el difícil acceso de los campesinos a los servicios de salud en la mayoría de los países.

Dificultad en el diagnóstico correcto de intoxicaciones, por carecer el personal de salud, de la capacitación y recursos necesarios para tal fin.



El ministerio de Salud clasifica los plaguicidas en cuatro (4) categorías toxicológicas así:

- CATEGORÍA I **EXTREMADAMENTE TÓXICA**
- CATEGORÍA II **ALTAEMENTE TÓXICA**
- CATEGORÍA III..... **MEDIANAMENTE TÓXICA**
- CATEGORÍA IV **LIGERAMENTE TÓXICA**

Figura 11.5. Uso de los plaguicidas de acuerdo a su categoría toxicológica (%)

Aunque en los países se ha establecido y se viene cumpliendo la notificación obligatoria de este tipo de intoxicaciones, el cumplimiento no es el deseado.

Baja cobertura e inoperancia de los sistemas de información como tales.

Inadecuado reporte de la notificación y/o fallas en el ingreso de la información.

Efectos a largo plazo

Es importante anotar, que se ha dado gran importancia a los efectos agudos, pero los efectos crónicos son igualmente importantes, pues muchos de estos compuestos han demostrado ser genotóxicos (cáncer, mutaciones, malformaciones), neurotóxicos, con efectos renales, hepáticos y pulmonares.

La EPA reporta 53 ingredientes activos con riesgo de genotoxicidad en estudios en animales.

De los 354 IA utilizados en el país, 21 de ellos presentan serias evidencias de genotoxicidad en 2 especies de animales, lo que significa de gran riesgo para el humano.

Estos productos son:

Ácido alfa naftalenacetico, acifluoren sodico, alacloro, asulam, bentazon, captan, clorotalonil, dicofol, diclorvos, dicrotofos, diuron, fenitrotin, folpet, fosfamidon, malation, mancozeb, MCPA, molinate, oxadiazon, tridimenol, trifluoralina.

De acuerdo con las últimas investigaciones, la ocurrencia de efectos agudos y a largo plazo no solamente es atribuible a los ingredientes activos, sino a impurezas producidas durante la síntesis, a metabolitos e isómeros formados inclusive durante la formulación y almacenamiento de estos productos en condiciones inapropiadas.

Entre los principales efectos a largo plazo por el empleo de plaguicidas sintéticos que han sido demostrados hasta la fecha se encuentran los descritos en la tabla 10.6 Los plaguicidas responsables de los trastornos del sistema inmunológico alteran su estructura normal, perturban sus respuestas (alterando recuentos y funciones de los linfocitos T y neutrófilos) y reducen la resistencia a los antígenos y agentes infecciosos de las personas expuestas.

De otra parte se ha demostrado que el paraquat bloquea la actividad de los macrófagos aumentando la secreción de los radicales libres de oxígeno. Entre los principales efectos a largo plazo por el empleo de plaguicidas sintéticos que han sido demostrados hasta la fecha.(ver Anexo 4).

Hallazgos en los sistemas de vigilancia epidemiológica

El uso indiscriminado de los plaguicidas, tal como lo venimos analizando, genera problemas en diversas áreas del quehacer humano y repercute en forma

adversa principalmente en los ecosistemas y en la salud de las personas.

La vigilancia epidemiológica, una de las aplicaciones más interesantes del método epidemiológico, es un instrumento que contribuye a atenuar, minimizar o controlar efectivamente, y con bases objetivas y científicas, un problema determinado de salud pública.

Podemos entender como vigilancia epidemiológica al conjunto de actividades que permiten reunir la información indispensable para conocer las tendencias de la conducta y características de la enfermedad, detectar o prever cualquier cambio que pueda ocurrir por alteraciones en los factores condicionantes con el fin de recomendar oportunamente sobre bases firmes las medidas que conduzcan a la prevención y control de la enfermedad.

Varios países de Latinoamérica han establecido, de acuerdo con los recursos disponibles, sistemas de vigilancia que les permitan no sólo detectar precozmente alteraciones en la salud de las personas expuestas a plaguicidas sino, tratar de controlar los factores de riesgo existentes mediante la aplicación de las medidas correctivas necesarias. Dentro de ellos sobresalen los sistemas dirigidos a poblaciones expuestas de manera directa o indirecta a plaguicidas inhibidores de las colinesterasas.

Otros factores involucrados en la toxicidad de los plaguicidas

Las tasas de morbilidad y mortalidad que se presentan en la población trabajadora y la comunidad en general debido al uso de plaguicidas reflejan la relación entre el agente y la persona expuesta, pero además existe una

interacción de otros factores que influyen en los niveles con que se da la patología.

Tales factores son:

- Variables demográficas
- Aspectos educativos
- Tiempo de exposición
- Cultura y comportamiento
- Susceptibilidad de la persona
- Factores sociales
- Estado nutricional
- Factores económicos

Debe tenerse en cuenta que si se desea profundizar en este tema, se encontrará que los datos disponibles son limitados para la gran mayoría de los plaguicidas existentes, o bien, que los datos que hay no son plenamente confiables. Esta situación se complica por el hecho de que los datos han sido obtenidos mediante métodos diferentes, lo que dificulta su comparación y no permite evaluar correctamente el impacto perjudicante de los plaguicidas sobre la salud.

Considerando la toxicidad aguda y crónica reconocida ya en los plaguicidas, las cantidades crecientes que se utilizan, su amplia disponibilidad, y las condiciones precarias de su uso, sorprende la baja prioridad que los gobiernos han asignado a los estudios sobre los problemas que genera el uso de los plaguicidas y, a la vez, llama la atención la escasez de investigaciones que permitan analizar la situación por países o regiones.

Frente a estos planteamientos y necesidades, todas las instituciones y sectores comprometidos en resolver el problema deben aumentar sus esfuerzos para intervenir los factores de riesgo. Es importante

destacar que los países centroamericanos han hecho grandes esfuerzos para recopilar datos que permitan a sus gobiernos tomar decisiones y elaborar estrategias basadas en casos concretos sobre el efecto de los plaguicidas en la salud.

Lamentablemente debemos reconocer que la escasez de datos epidemiológicos confiables se ha usado a menudo en los países de la Región para justificar la falta de acciones concretas y eficaces para prevenir las intoxicaciones. Sin embargo, pese a ello, no es razonable retardar más las decisiones sino que éstas deben tomarse con base en los conocimientos de que se disponga, sabiendo que, en todo caso, el problema será con seguridad mucho mayor de lo que dicen los datos o lo que es posible prever.

11.7 Grupos de plaguicidas de mayor riesgo para la salud humana y el ambiente

Las Naciones Unidas a través de su programa para el ambiente, ha seleccionado los plaguicidas de problemática mundial, por presentar en estudios en animales o datos epidemiológicos:

- Toxicidad aguda, crónica y sus efectos a largo plazo (carcinogenicidad teratogenicidad).
- Persistencia en los componentes ambientales (aire, agua, suelos y sedimentos).
- Bioacumulación en cualquier organismo o en la cadena alimentaria.

En la tabla 11.5 vemos los plaguicidas de importancia toxicológica y su utilización a nivel mundial.

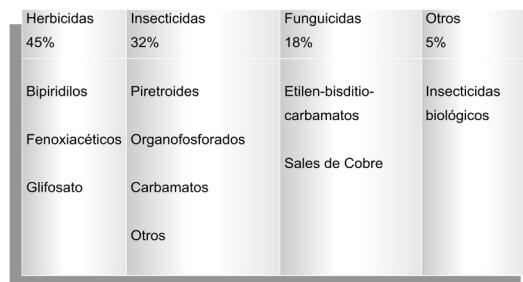


Figura 11.5. Uso de los plaguicidas de acuerdo a su categoría toxicológica (%)

En Colombia su uso cambia, en primer lugar, se utilizan los funguicidas, seguido por los herbicidas e insecticidas.

11.7.1 Grupo de herbicidas de mayor riesgo

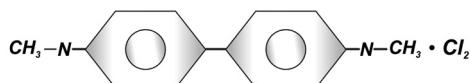
Los herbicidas son sustancias utilizadas para el control de malezas. Pueden actuar por contacto o en forma sistémica, en forma selectiva o no selectiva. Teniendo en cuenta su toxicidad a corto y largo plazo, como su gran uso, describiremos los siguientes:

- Bipiridilos. Paraquat y Diquat
- Fenoxiacéticos. 2,4 D
- Glifosato

Bipiridilos

Son compuestos nitrogenados cuaternarios.
El paraquat tiene la siguiente estructura química, (Ver figura 11.7).

ESTRUCTURA QUÍMICA DEL PARAQUAT



1,1 - Dimetil 4,4 Bipiridilo

Propiedades físico- químicas, ambientales y toxicológicas

- Son herbicidas de contacto no selectivos, de gran uso en el país, actúan también como defoliantes para ayudar a la recolección de cosechas, despejar parques, oleoductos, control de narcocultivos, etc.
- Son sales de amonio cuaternario y por ello corrosivos de piel y mucosas.
- No volátiles, solubles en agua, disociándose en ella completamente, siendo el efecto tóxico para organismos acuáticos resultante de la acción de los iones.
- Son inactivados por la luz solar y microorganismos de los suelos. Por estas propiedades son considerados como herbicidas no persistentes ni residuales.
- Son fuertemente adsorbidos por suelos arcillosos y en menor proporción por los arenosos o con alto contenido de humus. Esta cualidad es aprovechada para impedir su absorción en el organismo humano.
- Extremadamente tóxico .Categoría toxicológica I
- Su proceso tóxico es irreversible (Fibrosis pulmonar)
- Carece de antídoto eficaz

Efectos tóxicos

Por su extremada toxicidad al ingresar a los componentes ambientales, tendrán un efecto letal sobre la microfauna y microflora, produciéndose un desequilibrio ecológico severo.

En los seres humanos se acumulan particularmente en el pulmón. El Paraquat al sufrir procesos de óxido-reducción actuando como catalizador el oxígeno pulmonar. Producen radicales superóxidos que rompen

los enlaces no saturados de los lípidos de los epitelios de los alvéolos pulmonares, convirtiendo las células epiteliales normales en fibroblastos, es decir, tejido fibrotico donde no habrá transferencia del oxígeno. Esta fibrosis pulmonar es de naturaleza irreversible.

Igualmente al no metabolizarse, pasa el catión dañando hígado y riñones por su naturaleza corrosiva.

Herbicidas fenoxiacéticos

Estos herbicidas junto con el paraquat son los de mayor uso en el país. El más utilizado es el 2,4 diclorofenoxiacético en forma de aminas y esteres. A nivel mundial se conoce simplemente como 2,4 D. La formulación comercial más utilizada es la llamada “esteron 47” (butil-ester).

El 2, 4, 5 triclorofenoxiacético o 2, 4, 5 T fue usado y mezclado con el 2,4D como defoliante, en la guerra de Vietnam por EE.UU. La mezcla fue llamada agente naranja, porque venía en unas canecas de ese color, por su alto contenido de dioxinas. Se comprobó en el país donde se uso la presencia de graves problemas teratogénicos, como muertes prenatales, o fetos con fisura palatina. El uso del 2,4,5 T fue prohibido en el país hace muchos años.

Propiedades físico-químicas, ambientales y toxicológicas

- Son herbicidas sistémicos llamados también hormonales, porque su acción es semejante a las auxinas u hormonas de crecimiento de los vegetales.
- Son de mediana persistencia en suelos y aguas y por ellos tienen efectos letales en organismos acuáticos y las micorrizas son drásticamente afectadas.

- Son de mediana a alta toxicidad dependiendo de la forma química como se utilice. La IARC los clasifica en la categoría de carcinogenecidad 2B, es decir, posible carcinógeno humano, pues los resultados epidemiológicos y los resultantes de la experimentación animal no son concluyentes. Por ese mismo motivo la EPA lo tiene con registro provisional hasta la presentación de los resultados sobre mutaciones y cáncer de que se le acusa.
- Son productores de neuropatías periféricas, por la producción de cambios fisicoquímicos en el axón.

Glifosato

El glifosato es un herbicida sistémico utilizado en la erradicación de cultivos ilícitos y como agente madurante en la caña de azúcar. Químicamente es la fosfonometilglicina, su efecto herbicida es el bloqueo o inhibición de la síntesis de aminoácidos. Ver figura 11.8.

ESTRUCTURA QUÍMICA DE GLIFOSATO

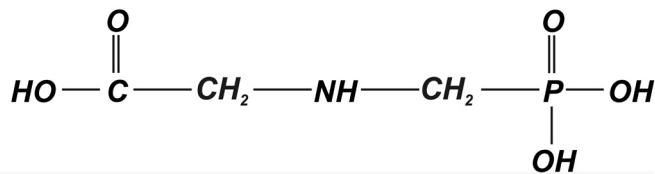


Figura 11.8

Forma de aplicación del producto e identificación y evaluación de impactos ambientales negativos

La forma de aplicación para la erradicación de cultivos de coca y amapola es por vía aérea, los compartimientos ambientales expuestos son: aire, suelo, aguas superficiales y otros cultivos.

En Las regiones que actualmente se aplica son de gran biodiversidad, como la región andina, Catatumbo, amazonía y Orinoquía.

El glifosato no es plaguicida de acción residual. El proceso de degradación del herbicida en suelos, puede variar entre 30 y 141 días. La vida media, o el tiempo requerido para que la mitad de la cantidad de producto aplicado se metabolice o desaparezca es de 60 días, no es persistente. La solubilidad en agua es de 1.200 mg/L y su Kow es menor a 3, lo que indica que no es acumulable en el organismo humano, organismos acuáticos y suelos. En los suelos es degradado por microorganismos.

Cuando el glifosato entra en contacto con el agua se solubiliza y se adsorbe a los sedimentos donde se biodegrada.

Toxicidad

De baja toxicidad aguda, D_{l50} oral en ratas, 4.900 a 5000 mgs/Kg, por ello poca efectividad, se reporta que se necesitan tres aplicaciones por lo menos para destruir los cultivos ilícitos o aumentar tres veces la concentración del glifosato con gran problema ambiental.

Aunque no hay en el momento estudios de impacto ambiental se ha observado que afecta los microorganismos de suelos y aguas.

Desde el punto de vista humano, el glifosato es irritante de piel y ojos, si la exposición es prolongada puede presentarse ulceraciones de piel.

La toxicidad del glifosato aumenta con el agregado de sustancias surfactantes para mejorar su acción

herbicida, como el POEA (polioxietanolamina) o el cosmoflux.

11.7.2 Grupo de insecticidas de mayor riesgo

Insecticidas organoclorados

Estos insecticidas fueron prohibidos por Minsalud en 1993, por los graves riesgos que su uso implica para la salud humana y ambiente, en función de:

- Su prolongada acción residual en aguas, suelos y alimentos debido a su elevada persistencia.
- Elevado potencial de acumulación en la grasa del hombre de los animales.
- Son disruptores endocrinos y tienen neurotoxicidad retardada.
- Por su presencia en leche humana y bovina en cantidades superiores a las permisibles y su presencia en todos los alimentos ricos en grasas.
- Por ser posibles carcinógenos según la IARC (Cat.2B).

Insecticidas organofosforados

Los insecticidas organofosforados son ésteres del ácido fosfórico, de gran importancia en el uso agrícola, destruyen artrópodos de forma muy efectiva, permitiendo predecir que su permanencia en el mercado mundial durará por tiempo indefinido, hasta lograr que otras sustancias químicas garanticen el exterminio de determinadas plagas.

Propiedades físico-químicas y toxicológicas

Son volátiles, desde el punto de vista ambiental porque tienen gran movilidad, (gran poder de dispersión)

. Desde el perspectiva humano de gran riesgo, porque pueden ingresar al organismo por la vía inhalatoria.

Son biodegradables, no son residuales en los componentes ambientales

- No acumulables en el organismo humano, ni animal. Log Kow < 3
- Son poco solubles en agua
- Poseen un olor aliáceo, comparable con el olor de la cebolla o el ajo.
- Extremada y alta toxicidad aguda. La mayoría de los insecticidas organofosforados pertenecen a la categoría toxicológica I y II. Por esta toxicidad cuando caen a las aguas y suelos hay extinción de la fauna y flora acuática y terrestre.
- Inhibidores permanentes de la enzima colinesterasa. La mayoría de síntomas son debidos al bloqueo de la enzima.
- Son neurotóxicos
- No carcinógenos humanos. Categoría IARC III
- Al destruir el control natural, se presenta resurrección de plagas en el área agrícola.

Vías de ingreso

Los insecticidas organofosforados pueden ingresar al organismo por todas las vías: oral, dérmica, inhalatoria, conjuntival, parenteral y rectal. Se ha calculado que la absorción de 0.1 a 0.3 mg/Kg de un organofosforado categoría I, es capaz de producir la muerte.

Efectos tóxicos

La intoxicación se produce al inhibir la enzima colinesterasa de forma irreversible.

Dicha enzima al fosforilarse en su polo esterásico, impide la hidrólisis de la acetilcolina (neurotransmisor nervioso), presentándose acumulación de esta sustancia y como consecuencia el cuadro de síntomas propios de la intoxicación

Los insecticidas organofosforados interfieren con el funcionamiento normal de los nervios y del cerebro. La exposición a niveles muy altos, que pueden estar en el aire, el agua o los alimentos por un período breve, puede causar dificultad para respirar, opresión del pecho, vómitos, calambres, diarrea, visión borrosa, salivación, sudor excesivo, mareo, pérdida del conocimiento y la muerte. Si las personas que están expuestas a grandes cantidades y reciben tratamiento apropiado de inmediato, no dejarán secuelas. El antídoto es la atropina, que neutraliza los efectos de los insecticidas.

Los insecticidas organofosforados pueden ser detectados en su sangre y sus productos de degradación pueden detectarse en la orina, aunque solamente por unos pocos días luego de su última exposición. Si se sabe o se sospecha que estuvo expuesto, se puede llevar a cabo un examen que mide los niveles de la colinesterasa en su sangre. Niveles bajos de colinesterasa pueden deberse a exposición a los insecticidas organofosforados.

Carbamatos

Dentro de los plaguicidas inhibidores de la colinesterasa y con sintomatología igual que los insecticidas organofosforados, encontramos los carbamatos.

Los carbamatos son derivados del ácido carbámico. Son inhibidores de la colinesterasa de forma reversible, por eso muchas veces se los considera de menor toxicidad.

A excepción del aldicarb y el carbofuran que son extremadamente tóxicos, los demás son de mediana a baja toxicidad.

Algunos son volátiles, no bioacumulables, en las aguas se hidrolizan fácilmente, pero es la fotodegradación la encargada de hacerlos desaparecer de los ecosistemas. Algunos son de mediana persistencia como el carbofuran muy usado en la papa, los cuales en los suelos de 2 semanas a 4 meses. Varios estudios realizados en el país reportan la presencia de metabolitos de carbofuran en la papa.

El Aldicarb se aplica directamente a los suelos, de allí puede percolarse a las aguas subterráneas mediante las aguas lluvias o de riego. En USA, cinco estados reportan gran contaminación de sus acuíferos con este insecticida. Además junto con el carbofuran afectan los suelos por destrucción de microorganismos y lombrices.

Estudios efectuados en Boyacá en 1986 en suelos dedicados a la producción de papa reportan efectos letales de todas las poblaciones de microartropodos.

Igualmente un carbamato como el propoxur o Baygon junto con el Neguvon que es un IOF son los responsables de gran parte de los suicidios del país.

Piretrinas y Piretroides

Las piretrinas son compuestos naturales que tienen propiedades de insecticidas y que se encuentran en el extracto de piretro de ciertas flores de crisantemos. Las piretrinas se usan a menudo en insecticidas para uso doméstico y en productos para controlar insectos en animales domésticos o en el ganado.

Los piretroides son sustancias químicas manufacturadas de estructura muy parecida a las piretrinas, aunque son generalmente más tóxicos para los insectos y también para los mamíferos, y permanecen por más tiempo en el ambiente que las piretrinas. Se han desarrollado más de 1,000 piretroides sintéticos.

Exposición a las piretrinas y a los piretroides

Las piretrinas y los piretroides generalmente entran al cuerpo cuando la gente come alimentos contaminados con estas sustancias químicas. También pueden entrar a su cuerpo cuando usted respira aire que contiene estos compuestos o cuando entran en contacto con su piel.

La exposición a estas sustancias puede ocurrir por el uso de productos que contienen piretrinas y piretroides, por ejemplo insecticidas para uso doméstico, aerosoles y champús para animales domésticos, tratamientos para piojos que se aplican directamente en la cabeza, y repelentes para mosquitos que pueden aplicarse sobre la ropa.

Son en el momento los insecticidas de mayor uso en el país por aplicación aérea y terrestre.

Son volátiles, además son degradados por medio de los rayos solares perdiendo su actividad insecticida, por ello no son persistentes ni bioacumulables.

Son de moderada a baja toxicidad de allí su uso como plaguicidas domésticos.

Efectos tóxicos

Las piretrinas y los piretroides interfieren con el funcionamiento normal de los nervios y el cerebro.

La exposición breve a niveles muy altos de estos compuestos en el aire, los alimentos o el agua puede causar mareo, dolor de cabeza, náusea, espasmosmusculares, falta de energía, alteraciones de la conciencia, convulsiones y pérdida del conocimiento.

Los cambios de estado mental pueden durar varios días luego de que la exposición a altos niveles ha terminado. No hay ninguna evidencia de que las piretrinas o los piretroides afectan la capacidad de reproducción en seres humanos, pero algunos estudios en animales han demostrado una reducción de la fertilidad en machos y hembras. Son los sensibilizantes como conjuntivitis, asma y rinitis, es decir afectación del árbol respiratorio. Son de rápido metabolismo, desapareciendo rápidamente del organismo. A dosis grandes producen convulsiones. Producen neuropatías periféricas por bloqueo de los canales de sodio y potasio.

En un principio se pensó que esta parálisis motora se producía solamente por grandes dosis, pero se ha observado que un fumigador expuesto, a los 30 minutos experimenta adormecimiento de la cara, labios y párpados.

Provocan como los insecticidas organofosforados resurgencia de plagas por destrucción del control natural. Algunos de ellos como la cipermetrina, deltametrina y permetrina son probables carcinógenos (IARC-2A), es decir que hay suficiente evidencia de producir tumores malignos en varias especies de animales de experimentación.

11.7.3. Grupo de fungicidas de mayor riesgo

En el momento se habla de que el 90% de los utilizados tienen algún riesgo de producir cáncer.

Sales de cobre: oxicloruro y sulfato

Estas sales son corrosivas y además tienen efectos eméticos. La aplicación por bombas de espalda no tiene problema, ya que producen partículas mayores a 10 micras, pero otro tipo de aplicación como carroatánque puede producir partículas respirables, lesionar los pulmones para luego producir cáncer (síndrome del pulmón azul). En suelos, las sales de cobre tienen gran toxicidad para organismos terrestres.

Etilenbisditiocarbamatos. EBDC

Son los fungicidas empleados en plantas ornamentales, frutales, hortalizas y otros cultivos. Su molécula lleva un metal que puede ser Mn o Zn.

El Mancozeb con el nombre comercial Ditane ocupa el primer lugar de consumo dentro de los fungicidas.

El riesgo mayor en el uso del mancozeb es por su contenido de Etilentiourea (ETU), que se puede formar durante la síntesis del producto, por metabolismo o descomposición del fungicida ya que esta sustancia es carcinógena, mutágena y teratógena en humanos y animales. Ver figura 11.9

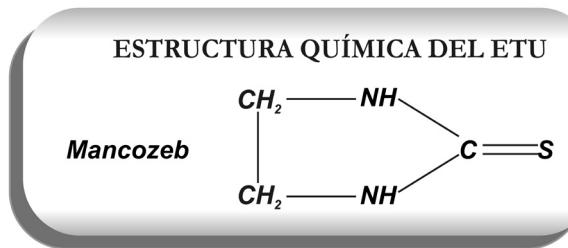


Figura 11.9

Este fungicida no es volátil, es soluble en agua y por ello biodegradable y no bioacumulable. Cuando cae a

las aguas puede dejar residuos de ETU de gran toxicidad para los organismos acuáticos. Por lo tanto el ingrediente activo de Mancozeb debe contener niveles permisibles de ETU, para que se pueda usar en las formulaciones.

11.8 Contaminación de alimentos por residuos tóxicos de los plaguicidas

La comunidad en general se expone continuamente a los plaguicidas debido a la contaminación de los alimentos con estos productos.

Verá que además de la bioacumulación que causan algunos plaguicidas en la cadena alimentaria, existen otras formas de contaminación de los alimentos como las siguientes:

El uso excesivo de plaguicidas en el sector agropecuario.

- La recolección de los productos agrícolas sin esperar el intervalo de seguridad (período de carencia).
- La contaminación durante el almacenamiento, transporte, expendio o la preparación de los alimentos.

El tipo de plaguicida, la frecuencia en la aplicación a los cultivos y la cantidad utilizada, son factores que determinan el grado de contaminación de los productos cosechados. La frecuencia ha variado desde dos aplicaciones para el control de plagas en climas templados hasta cerca de cincuenta aplicaciones en regiones calurosas y húmedas.

Así mismo se ha observado que bajo condiciones climáticas de sequedad y calor se pueden encontrar altos niveles de residuos de productos de transformación de ciertos plaguicidas no persistentes, como por ejemplo el paraoxón que se encontró en plantaciones donde se había aplicado paratión 28 días antes.

Se puede afirmar que en la actualidad es frecuente identificar residuos de plaguicidas en los alimentos y en muchos casos se detectan concentraciones de éstos por encima de los límites de tolerancia recomendados por la FAO/OMS.

Por tal razón, usted y el personal de su servicio de salud necesitan reconocer que ésta es una realidad que podría estar afectando a la población que atienden y que por lo tanto hay que mantenerla presente para fines de diagnóstico de casos.

11.9 Plaguicidas y nutrición

Es importante recordar que una dieta equilibrada contribuye a proteger en una u otra forma al organismo contra los efectos de los productos químicos. La malnutrición puede aumentar la vulnerabilidad de nuestro organismo a diversos contaminantes ambientales. Ciertas carencias dietéticas en aminoácidos, vitaminas y minerales, pueden influir sobre el efecto tóxico de un agente químico. Estas deficiencias pueden alterar el proceso de biotransformación de las sustancias tóxicas mediante la inhibición de las enzimas microsómicas. Las deficiencias cualitativas y cuantitativas de proteínas en la dieta producen una disminución de estas enzimas; lo cual puede tener un efecto adverso en la biotransformación de los xenobióticos, al producirse sustancias más tóxicas que las originales.

Se ha demostrado que la toxicidad de varios plaguicidas suministrados por vía oral es mayor en animales mantenidos con dietas deficientes en proteínas. El paratión, por ejemplo, resulta ocho veces más tóxico en ratas bajo dieta de 3,5% de caseína que bajo la normal de 26%. Igualmente se ha observado que dietas ricas en proteínas y grasas protegen contra la acción de este plaguicida y que la actividad colinesterásica es mayor en hígado y suero de ratas alimentadas con dietas que contenían mayor cantidad de caseína.

11.10 Resumen de los problemas humanos y ambientales que producen los plaguicidas.

- Toxicidad al hombre y animales (silvestres y domésticos), ya sea manifiesta u oculta (toxicidad aguda, subaguda o crónica).
- Desequilibrio ecológico al matar organismos acuáticos y terrestres.
- Generación de resistencia en plagas y resurgencia de nuevas por destrucción del control natural.
- Daños al suelo e influencia de éstos en la erosión cada vez más alarmante.
- Contaminación de aguas con el consiguiente efecto sobre la fauna ictiológica y el agua de consumo humano y de la última reserva de agua del planeta como son las aguas subterráneas.
- Presencia creciente de residuos de plaguicidas en la cadena alimentaria.

11.11 Alternativas

Cuando hacemos un análisis de la problemática ambiental que se desprende del uso indiscriminado de plaguicidas queda demostrado de modo irrefutable la afirmación: “La abrumadora tragedia del planeta tierra es el desprecio del hombre por la naturaleza”, tomado del libro La conspiración de los plaguicidas del escritor R. Van Den Bosch.

Los serios problemas de contaminación humana y del ambiente asociados con los agroquímicos, ya sean plaguicidas o fertilizantes, hacen que se busquen otras alternativas como:

- El empleo de métodos de producción alternativos menos contaminantes y peligrosos, como son el Manejo Integrado de Plagas (MIP) y la Agricultura Orgánica.
- El establecimiento de controles a los plaguicidas de mayor riesgo a través de la prohibición o restricción de los no permitidos/restringidos en su país de origen.
- El mejoramiento de la fiscalización sobre el cumplimiento de la legislación existente.
- El mejoramiento de las condiciones de higiene y seguridad para las personas expuestas.
- El fomento y la consolidación de la participación ciudadana de manera especial los trabajadores y la comunidad más expuestas.

- Introducción de variedades de cultivos resistentes a las plagas. En este campo están centradas las investigaciones en los países desarrollados utilizando la ingeniería genética.
- En nuestro medio, pasarán muchos años para utilizar estas alternativas. La sustitución de plaguicidas a corto plazo es imposible, ya que se presentaría gran carencia de los alimentos.

11.12 Bibliografía

- CORDOBA P, D. Toxicología. 4a. Edición, Ed. El Manual Moderno. Bogotá, 2000.
- HAYES, W. Toxicology of Pesticides. Baltimore Williams and Wilkins, 1985.
- _____ Pesticides Studied in Man, Williams & Wilkins. 1982.
- HENAO, S. et Al. Plaguicidas y Salud en las Américas. Serie Ambiental No. 12. OPS/OMS, Washington, 1993.
- HERRERA, a. et Al. Genotoxicidad / Carcinogenicidad de los Plaguicidas. Revista Toxicología 6 (3), 353-367, Madrid, España, 1999.

- INTERNATIONAL PROGRAMME OF CHEMICAL SAFETY AND WORLD HEALTH ORGANIZATION. IPCS/WHO. Clasification of Pesticides by Hazard. Geneve 1996.
- MORALES, C. Comercialización y Consumo de Plaguicidas Agrícolas. ICA 1992.
- MORGAN, P. Recognition and Management of Pesticides Poisoning. Fourt Ed. EPA, Washington, 1989.
- WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Herbicide Handbook. 7th Edition, 1994.
- WHO/UNEP. Public Health Impacto of Pesticidas used in Agricultura. Geneva, 1990.
- WHO. Safe use of Pesticides. Technical Reports Series. Geneva, 1991.
- WHO/IPCS. Glyphosate. Environmental Health Criteria 159. Geneva, 1999.





CAPÍTULO **12**



*CONTAMINACIÓN
DEL AGUA*



Generalidades

El 70% de la superficie de la tierra es agua y el 70% del cuerpo humano es agua. Por lo tanto, el agua no sólo es importante para el sostenimiento de la vida, sino que también lo es para el desarrollo social y económico de los pueblos.

Si el agua es esencial para la vida de todos los seres humanos, los gobiernos de los diferentes países deben asegurar un abastecimiento seguro y accesible. El acceso mejorado del agua de bebida segura suele producir beneficios tangibles a la salud, por lo que los abastecedores deben hacer el esfuerzo de obtener una calidad de agua inocua a la salud de los consumidores.

El agua de bebida segura, no representa ningún riesgo significativo a la salud durante la expectativa de vida del ser humano, sin embargo, los recién nacidos, niños, personas debilitadas o aquellas que viven bajo condiciones antihigiénicas y ancianos, son los más susceptibles de ser afectadas por la calidad del agua.

La gestión preventiva para asegurar la calidad del agua de bebida debe tomar en cuenta las características del suministro de agua desde la cuenca hasta el consumidor. A menudo, muchos aspectos de la gestión de la calidad del agua de bebida, están fuera de la responsabilidad directa del proveedor y por ello es necesario tener un enfoque multi-institucional para asegurar que las agencias vinculados directa e indirectamente con el abastecimiento de agua participen en la gestión de su calidad, aunque éstas desempeñen diferentes funciones.

La gran mayoría de los problemas de salud relacionados con el agua, es resultado de la contaminación microbiana por bacterias, virus, protozoarios u otros agentes

biológicos. No obstante, un número apreciable de consecuencias puede ocurrir como resultado de la contaminación química del agua de bebida. En la última década el nivel de contaminación de las aguas, como consecuencia del vertido de residuos urbanos e industriales, ha sobrepasado los límites que permiten la purificación a través del ciclo natural.

El agua tiene dos grandes grupos de contaminantes: los biológicos, los microbiológicos y los químicos.

12.1 Contaminantes biológicos y microbiológicos

Los contaminantes biológicos son en esencia microorganismos patógenos como bacterias, virus y hongos, transmitiendo enfermedades como el cólera e infecciones gastrointestinales.

La calidad microbiológica de las aguas naturales y tratadas es variable. Idealmente el agua de consumo no debe contener ningún tipo de microorganismos patógenos, ni bacterias indicadoras de la contaminación fecal. Igualmente debe estar exenta de virus infecciosos y de protozoarios tales como la entamoeba histolytica (origen de la amebiasis), especies de Giardias y de *Balantidium Coli*.

El riesgo para la salud ocasionado por el consumo de agua potable que supera los límites permisibles de bacterias es la enfermedad gastrointestinal aguda caracterizada por náuseas, cefaleas, vómitos y diarreas que llevan al paciente a un estado de deshidratación muy grave.

En la tabla 12.1 observamos los efectos en la salud humana por algunos

ENFERMEDAD	ORGANISMO PATOGENO
Cólera	Vibrio Cholerae
Disentería Bacilar	Shigella spp
Fiebre Tifoidea	Salmonella Typhi
Diarrea infantil	Tipos enteropatógenos de E. Coli
Fiebre paratifoidea	Salmonela Paratyphi A,B y C
Gastroenteritis	Otros Tipos de Salmonella, Shigella, Staphilococcus
Leptospirosis	Leptospira spp

Tabla 12.1
Organismos patógenos presentes en el agua contaminada y las enfermedades que originan

12.2 Contaminantes químicos

Es poco probable que cualquier sustancia química presente en el agua de consumo cause un problema agudo de salud, salvo en circunstancias excepcionales, como una contaminación en gran escala del sistema.

Los problemas con las sustancias químicas surgen fundamentalmente por la posibilidad de que esas sustancias originen efectos adversos después de períodos prolongados de exposición, siendo de particular importancia los tóxicos que son acumulativos y los carcinógenos.

Las sustancias químicas que pueden contaminar el agua y afectar la salud humana y el ambiente pueden ser de naturaleza orgánica e inorgánica. Ver Tabla 12.2

A. QUÍMICOS INORGANICOS: Metales y Metaloides
B. QUÍMICOS ORGANICOS:
-Plaguicidas
-Hidrocarburos aromáticos polinucleares(HAPs)
-Nitratos, nitritos, nitrosaminas
-Fosfatos
-Detergentes sintéticos
-Trihalometanos(THM)
-Hidrocarburos
-Monomeros y polímeros de plásticos(cloruro de vinilo)
- Bifenilos Policlorados.
-Otros
C. ELEMENTOS RADIACTIVOS
D. CARCINÓGENOS

Tabla 12.2
Contaminantes químicos
del agua

12.2.1 Contaminantes químicos inorgánicos: metales y asbestos

Por su persistencia permanecen largo tiempo en el agua y sedimentos. Por su afinidad por grupos biológicos endógenos (-SH) se acumulan en todos los organismos acuáticos.

Los efectos en la salud humana pueden verse en el Capítulo 10, y los niveles permisibles de acuerdo con la USEPA pueden verse en el Anexo 5.

12.2.2 Contaminantes químicos orgánicos presentes en el agua

Varias investigaciones realizadas por organismos internacionales han detectado unos 750 contaminantes del agua, 600 de los cuales son de naturaleza orgánica. Entre ellos figuran varias sustancias reconocidas como carcinógenas, mutagénicas y otros efectos a largo plazo. La mayoría de estas sustancias llegan al recurso durante los procesos de tratamiento, o en el sistema de distri-

bución. Los efectos en la salud humana y los niveles permisibles pueden encontrarse en el Anexo 5.

Entre los principales contaminantes orgánicos tenemos los siguientes:

Plaguicidas

La contaminación de las aguas por plaguicidas se da por diferentes vías, entre ellas están: por aplicación directa, arrastre del plaguicida de terrenos fumigados con ellos, por acción de las aguas lluvias, por la fumigación aérea cerca de los cursos de agua, por la precipitación de lluvias que llevan partículas suspendidas y por los vertimientos industriales.

Para valorar el efecto tóxico ambiental de los plaguicidas se debe tener en cuenta la susceptibilidad y la vulnerabilidad de los elementos de un ecosistema.

Así, por ejemplo, los lagos, las lagunas y los estuarios son sistemas complejos pero de gran susceptibilidad.

Todos los plaguicidas solubles en agua como también los insolubles interaccionan con la biota acuática.

Las concentraciones letales para diferentes formas de vida acuática son relativamente bajas, pero provocan daños sobre el fitoplancton, y por consiguiente disminuyen su capacidad para la liberación de oxígeno.

Muchos países han informado de los efectos indeseables o perjudiciales sobre los organismos que no eran el objeto de control como resultado de la aplicación de plaguicidas.

Por otra parte, de los plaguicidas aplicados por aspersión aérea de acuerdo a estudios realizados por la

OMS/95, solo un 53% del total se deposita en el área agrícola blanca, el 47% restante se deposita en los suelos y aguas colindantes, o bien, se dispersa en la atmósfera para transportarse hacia otros sistemas distantes.

Durante los últimos 10 años, varios estudios epidemiológicos describen asociaciones de exposición ocupacional a plaguicidas con una variedad de enfermedades crónicas, que pueden aparecer en un período largo de tiempo (meses, años) en una variedad de órganos. Estos estudios de interés universal han llevado a la prohibición o restricción de muchos plaguicidas.

Trihalometanos (THM)

La presencia de compuestos halogenados especialmente cloroformo y otros trihalometanos en el agua de consumo público, suscita un interés creciente desde la perspectiva de salud pública. La desinfección del agua mediante cloración es una práctica habitual.

Ahora bien, en presencia de materia orgánica se producen trihalometanos clorados, y en los últimos años se ha producido una acumulación de datos que evidencian que la exposición a trihalometanos se asocia con un mayor riesgo de cáncer, sobre todo de vejiga y a trastornos de la reproducción.

La formación de THM depende en gran parte de la interacción entre el cloro y ciertas sustancias precursoras existentes en el agua (ácidos húmicos y fulvicos contenidos en el humus).

No puede presentarse una concentración elevada de THM cuando el agua contiene pequeña cantidad de precursores.

- Cloroformo
- Bromodíclorometano
- Dibromoclorometano
- Tribromometano (bromoformo)

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, ha clasificado a los dos primeros como cancerígenos potenciales, considerando la información sobre el bromoformo y el dibromoclorometano insuficiente para evaluar su carcinogenicidad.

12.3 Contaminación Marina

Es uno de los más graves problemas que aquejan el océano y el planeta en general, el 75% de los contaminantes proviene de fuentes o actividades terrestres. Se calcula que más de la mitad de la población mundial vive a menos de 60 kilómetros de la costa; así mismo hoy se estima que trescientos mil millones de metros cúbicos de aguas negras penetran anualmente al océano, el 70% de este volumen sin tratamiento alguno.

12.3.1 Fuentes de contaminación

La contaminación marina generalmente es derivada de las aguas residuales (domésticas e industriales) producidas por las ciudades y áreas urbanas que se encuentran en zonas cercanas al mar, estos residuos líquidos son vertidas con deficientes niveles de tratamientos o en el peor de los casos directamente sin tratamiento alguno. Pero no sólo las actividades próximas a las zonas costeras son responsables de la contaminación marina, también lo son aquellas que vierten sus desperdicios a las cuencas hidrográficas y que mediante el transporte de los ríos, finalmente desembocan en el océano.

Las sustancias químicas empleadas en actividades agroindustriales, igualmente son fuente importante de contaminación; ello favorecido por las aguas de escorrentía que “lavan el suelo”, llegan a los ríos y luego al océano, arrastrando organoclorados y organofosforados provenientes del uso de fungicidas, herbicidas y demás sustancias para la industria agrícola; alterando la calidad de las aguas, animales y plantas marinas.

Cuando se presentan accidentes en los grandes barcos que transportan petróleo y sustancias químicas e incluso radioactivas, como el ocurrido en 1989 por el súper petrolero Exxon Valdés, en Alaska, se afectan inmensas extensiones del océano y las costas, matando a los animales y plantas que allí viven. Estos derrames alteran gravemente la calidad del agua y de la fauna y flora, afectando las actividades que las personas realizan allí, impidiendo a los pescadores realizar su labor, o a los turistas disfrutar la playa. La recuperación de los ecosistemas por estos accidentes es muy lenta y costosa, además de los efectos irreversibles.

También los barcos durante sus actividades en alta mar arrojan las aguas residuales generadas (aguas de sentina); estos vertidos pueden ser aguas sucias con combustible, aguas residuales de actividades domésticas de la embarcación, basuras y desperdicios.

La minería es otra actividad que genera gran impacto por la utilización de metales pesados como mercurio o cadmio para el proceso de extracción y aprovechamiento del oro.

En síntesis estas son las fuentes de contaminación más significativas: Actividades del hombre (Antropogénicas) que contaminan el mar.

Entre las actividades realizadas por el hombre que más contaminan y los tipos de contaminantes respectivos, podemos destacar:

- Actividades domésticas: materiales orgánicos, basuras, aguas residuales con presencia de detergentes, aceites usados, que son lanzados directamente al océano en zonas rurales costeras o urbanas sin servicio de alcantarillado.
- Actividades industriales: materiales orgánicos, residuos químicos, metales pesados, aguas de refrigeración de la maquinaria, residuos de hidrocarburos, productos radioactivos, algunos con temperaturas diferentes a las del medio marino, ocasionando contaminación térmica.
- Actividades Forestales: sedimentos y material en suspensión
- Actividades agroindustriales: plaguicidas y fertilizantes.
- Actividades de navegación y portuarias: residuos de petróleo, aguas sanitarias, aguas aceitosas de las máquinas, residuos orgánicos, basuras, etc.
- Actividades mineras: Residuos de metales pesados.
- Accidentes por actividades antropogénicas.
- Derrames de origen industrial de productos químicos, plaguicidas, derivados del petróleo, etc.
- Derrames derivados de actividades marinas, producidos por buques, plataformas marinas, etc, depositando en el medio marino residuos de petróleo, productos químicos y orgánicos.

- Acciones Naturales que contaminan el mar.
- La erosión; el desequilibrio ecológico; la descomposición de material vegetal y animal, que ocasionan sedimentos y material en suspensión.
- Las filtraciones submarinas como en el caso de los hidrocarburos.

Efectos de los contaminantes hídricos

Cuando los contaminantes contienen sustancias tóxicas, ocasionan efectos inmediatos y a largo plazo. Los primeros causan la muerte masiva de peces y otros organismos que los consumen.

Los segundos a través de la cadena trófica ocasionan en algunas especies de moluscos, peces, aves y animales domésticos bioacumulación de contaminantes, como plaguicidas y metales pesados.

También afectan la salud del hombre cuando consume alimentos contaminados.

Según el tipo de contaminación se pueden generar los siguientes efectos:

Contaminación física

El incremento de la turbidez del agua por residuos y sedimentos impide la penetración de la luz solar perturbando el proceso de fotosíntesis, por consiguiente, se disminuye la productividad primaria, es decir, se reduce la producción de fitoplancton, primer eslabón de la cadena trófica básica y generando que algunos peces y demás organismos vivos sufren asfixia.

De la misma manera afectan la calidad y estética del agua, haciéndola poco apropiada para actividades turísticas y recreacionales.

El aumento de temperatura de las aguas marinas genera migración de especies y muerte de la flora y organismo vivos como los corales.

Contaminación química

Metales pesados. Afectan el sistema nervioso central de los animales, la penetración es generalmente por las branquias o por el epitelio intestinal. Teniendo en cuenta el proceso de la cadena trófica, los efectos llegan hasta el hombre.

Hidrocarburos. El petróleo cubre la piel de los organismos asfixiándolas o impidiéndoles alimentarse. Los ecosistemas afectados tienen recuperación lenta.



Figura 12.7 Fauna afectada por derrame de fuel iol en las Costas españolas. Paul Hanna, el Diario La Voz de Galicia.

Sustancias tensioactivas. Utilizadas en la preparación de detergentes y dispersantes de hidrocarburos y que son poco o nada biodegradables, producen consecuencias nefastas en los organismos, incluso en pocas concentraciones.

Compuestos órgano-halogenados. Los insecticidas organoclorados como el DDT y los PCB afectan a la mayor parte de los seres vivos del medio oceánico. El zooplancton absorbe fácilmente estos compuestos, por consiguiente hay transferencia en la cadena trófica. El desarrollo de huevos y larvas disminuye y las aves presentan desórdenes fisiológicos.

Contaminación Radioactiva

Se destacan el plutonio, americio y curio entre otros. Son elementos altamente tóxicos que afectan tanto a los organismos vivos como a los humanos, causando desde malformaciones físicas congénitas, cáncer y hasta la misma muerte por intoxicación.

12.4 Acciones e instrumentos de manejo y protección para prevenir la contaminación

A nivel internacional

El Derecho Internacional establece los derechos en que se fundan la protección y el desarrollo sostenible del medio marino y costero y sus recursos. Ello exige nuevos enfoques para su ordenamiento y desarrollo, en el escenario nacional e internacional, que deben estar orientados hacia la prevención. De acuerdo con lo anterior, los Estados están comprometidos en buscar la manera más adecuada para atender los principales problemas que afectan el océano y poner en ejecución acciones de manejo y protección.

En 1995, la comunidad internacional reconociendo que los impactos en el medio marino de las actividades

realizadas en tierra constitúan un problema local, nacional y regional con ramificaciones mundiales estableció el Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades Realizadas en Tierra-PAM en el marco del Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas-PNUMA.

En este programa los gobiernos manifestaron su compromiso para la prevención de la degradación de los entornos costeros y marinos frente a las actividades realizadas en tierra mediante el inicio de acciones en el ámbito nacional y la cooperación en el ámbito regional.

El objetivo principal del PAM es facilitar “la realización de los deberes de los estados de conservar y proteger el medio marino”.

El PAM está diseñado para ayudar a los estados a tomar acciones y orientarlos para la elaboración de estrategias y mecanismos en los diferentes niveles nacionales con miras al cumplimiento de los objetivos planteados.

Una herramienta de trabajo del PAM ha sido la elaboración del Manual sobre Desarrollo e Implementación de un programa de Acción Nacional para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades Realizadas en Tierras, el cual es una guía para los administradores medioambientales y los responsables de elaborar políticas nacionales para la aplicación del PAM en el contexto nacional, teniendo en cuenta el ámbito nacional, proporcionando un marco amplio pero flexible y basado en las prioridades, las políticas y los planes de desarrollo nacionales existentes.

La primera reunión intergubernamental de revisión de aplicación del PAM, se celebró en Montreal-Canadá en Noviembre de 2001 y en ella se reiteró las preocupacio-

nes de los gobiernos nacionales acerca del estado de los entornos marinos y costeros, acordando compromisos para seguir avanzando en la implementación.

A nivel regional

Para el Caribe está el Plan de Acción para el Programa Ambiental del Caribe firmado por 22 estados de la región en 1981 en Montego Bay-Jamaica. Para la región del Pacífico a través de la Comisión Permanente del Pacífico Sur-CPPS los países de Panamá, Colombia, Ecuador, Perú y Chile han juntado esfuerzos y diversas iniciativas por un mismo fin en lo que contaminación marina se refiere.

En 1981 firmaron el Convenio para la Protección del Medio Marino y Zonas Costeras del Pacífico Sudeste y el Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y las Áreas Costeras del Pacífico Sudeste y en 1983 se firmó el Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Proveniente de Fuentes Terrestres; estas iniciativas fueron ratificadas en el país mediante la Ley 45 de 1985.

A nivel nacional

En nuestro país a partir de la creación del Sistema Nacional Ambiental-SINA mediante la Ley 99 de 1993, ha habido un mayor impulso en elaborar algunas iniciativas sobre el tema de contaminación sobre las áreas de zonas costeras y marinas. De éstas es de resaltar la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Marinos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia–PNAOCI, formulada por el Ministerio de Medio Ambiente en 2002, la cual tiene como una de sus estrategias hacer frente al problema de la contaminación del medio marino en Colombia.

En mayo de 2003 se conformó el Comité Técnico Nacional para la Prevención de la Contaminación Marina, coordinado por el INVEMAR e integrado por 14 entidades del orden nacional y regional encargadas de la investigación manejo y control en zonas marinas, con apoyo de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano, quien ejerce la Secretaría Técnica Permanente y, finalmente, en 2004 se finalizó la formulación del Programa Nacional de Investigación, Evaluación, Prevención, Reducción y Control de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación al Mar-PNICM con su respectivo Plan de Acción 2004-2014, que contó con la participación de numerosas entidades y del Comité Técnico Nacional para la Prevención de la Contaminación Marina.

El PNICM es mandato de la PNAOCI y de los Lineamientos de la Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros, a su vez es la recomendación del Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades Realizadas en Tierra-PAM del PNUMA-Naciones Unidas para que cada país formule sus respectivas estrategias para disminuir la contaminación marina.

Otra herramienta para que cualquier actividad que se realice en zonas costeras y que atente o utilice los recursos naturales, son los Estudios de Impacto Ambiental-EIA. La normatividad nacional lo exige mediante la figura de la licencia ambiental sólo para proyectos que impliquen grandes impactos ambientales (minería, energéticos, puertos, vías de transporte, aeropuertos, saneamiento básico, etc.). Son el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y las Corporaciones Autónomas Regionales según corresponda, los encargados de hacer cumplir las disposiciones existentes en este sentido.

Los EIA buscan valorar los efectos que se puedan oca-
sionar al medio ambiente, establecer las medidas de mi-
tigación que se requieran para atenuar los efectos que
se produzcan y, además, están dirigidos a prever y for-
mular medidas o planes de contingencia para recuperar
o restaurar ecosistemas que se vean afectados con una
decisión que requiera un proceso de planificación.

Pero todo es inocuo si los gobiernos municipales y dis-
tritales continúan permitiendo la contaminación hídrica
al no implementar sistemas de tratamientos de aguas
residuales y controles a la urbanización de las cuencas y
microcuencas, que fomentan la deforestación y la elimi-
nación de residuos sólidos a las fuentes de agua potable
que luego van al mar.

12.5 Bibliografía

- INTERNATIONAL AGENCY OF RESEARCH ON CANCER. IARC. Re-evaluation of some inorganic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. Lyon:, 1999.
- JUNKIN, F. Agua y Salud. Ed. Limusa, México, 1996.
- KOIVUSALO M, VARTIAINEN T. Drinking water chlorination by-products and cancer. Rev. Environ. Health. 12, 81-901, 1997.

- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guías para la Calidad del Agua Potable. Vol.1, Publicación científica No. 481. Washington, 1995.
- _____ Vol. 3. Publicación científica No. 508, Washington, 1998.
- MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Programa de Calidad del Agua. Dirección de Saneamiento Ambiental, 1997.
- PROGRAMA DE ACCIÓN MUNDIAL PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO FRENTE A LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN TIERRA “Manual del PNUMA sobre el Desarrollo e Implementación de un Programa de Acción Nacional para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades Realizadas en Tierra”.2005.
- Programa Nacional de Investigación, Evaluación, Prevención, Reducción y Control de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación al Mar –PNI-CM.2005.
- VILLANUEVA CM, KOGEVINAS M, GRIMALT JO. Cloración del agua potable en España y Cáncer de vejiga. Gac. Sanit 2001;15:48-53.
- WORLD HEALT ORGANITATION/UNITED NATIONS ENVIRONMET PROGRAMME. WHO/UNEP. Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture, Geneva, Switzerland, 1990.





CAPÍTULO 13



*CONTAMINACIÓN
DE SUELOS*



13.1 Composición y propiedades de los suelos

Los suelos no son solamente tierra, arena o arcilla, son ecosistemas extraordinariamente complejos. Su fauna es extremadamente numerosa y diversa, pero quizá más abundante es su microflora.

En un gramo de suelo forestal pueden encontrarse más de un millón de bacterias de un sólo tipo, así como casi cien mil células de levaduras y casi 50 mil fragmentos de micelios de hongos.

Un gramo de suelo fértil contiene alrededor de 2.500 millones de bacterias, 400 mil hongos, 50 mil algas y 30 mil protozoos.

Los hongos y las bacterias son los directamente responsables de la mayor parte de la degradación de la materia orgánica, pero una diversa actividad colectiva de protozoarios, nemátodos, anélidos y artrópodos influyen de manera determinante en el funcionamiento de la descomposición de la flora como resultado directo o indirecto de sus actividades alimenticias.

Otros procesos muy relacionados a la fertilidad del suelo, como la nitrificación, desnitrificación, fijación de nitrógeno, oxidación de azufre, etc., están basados en la acción de bacterias, actinomiceto y algas.

Entre estos componentes están las micorrizas que son hongos considerados necesarios para la mayoría de las plantas; en particular, la endomicorriza juega un papel preponderante en la productividad y el crecimiento de la planta. Como es de esperar los fungicidas, en particular el grupo de los benzomidazoles, afectan estos organismos.

Vulnerabilidad

Representa el grado de sensibilidad (o debilidad) del suelo frente a la agresión de los agentes contaminantes. Este concepto está relacionado con la capacidad de amortiguación. A mayor capacidad de amortiguación, menor vulnerabilidad. El grado de vulnerabilidad de un suelo frente a la contaminación depende de la intensidad de afectación, del tiempo que debe transcurrir para que los efectos indeseables se manifiesten en las propiedades físicas y químicas de un suelo y de la velocidad con que se producen los cambios secuenciales en las propiedades de los suelos en respuesta al impacto de los contaminantes. Permite diferenciar los riesgos potenciales de diferentes actividades o predecir las consecuencias de la continuación en las condiciones actuales.

En muchas ocasiones, resulta difícil obtener los grados de sensibilidad de los suelos frente a un determinado tipo de impacto, debido a la fuerte heterogeneidad de los suelos, incluso para suelos muy próximos.

Poder de amortiguación

El conjunto de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo lo hacen un sistema clave, especialmente importante en los ciclos biogeoquímicos superficiales, en los que actúa como un reactor complejo, capaz de realizar funciones de filtración, descomposición, neutralización, inactivación, almacenamiento, etc. Por todo ello el suelo actúa como barrera protectora de otros medios más sensibles, como los hidrológicos y los biológicos. La mayoría de los suelos presentan una elevada capacidad de depuración.

Esta capacidad de depuración tiene un límite diferente para cada situación y para cada suelo. Cuando se

alcanza ese límite el suelo deja de ser eficaz e incluso puede funcionar como una “fuente” de sustancias peligrosas para los organismos que viven en él o de otros medios relacionados.

Un suelo contaminado es aquel que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias, y como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera, y los organismos. Al mismo tiempo se modifican sus equilibrios biogeoquímicos y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que originan modificaciones importantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

El grado de contaminación de un suelo no puede ser estimado exclusivamente a partir de los valores totales de los contaminantes frente a determinados valores guía, sino que se hace necesario considerar la biodisponibilidad, movilidad y persistencia.

La biodisponibilidad es la asimilación del contaminante por los organismos, y en consecuencia la posibilidad de causar algún efecto, negativo o positivo.

La movilidad, regula la distribución del contaminante y por tanto su posible transporte a otros sistemas.

La persistencia, regula el periodo de actividad de la sustancia y por tanto es otra medida de su peligrosidad.

La carga crítica, representa la cantidad máxima de un determinado componente que puede ser aportado a un suelo sin que se produzcan efectos nocivos.

Procesos responsables de la redistribución y acumulación.

Un riesgo importante en la acumulación de contaminantes en el suelo se produce en aquellas situaciones en las que el contaminante no pierde su capacidad tóxica, sino que únicamente se encuentra almacenado en forma inactiva en el suelo mientras éste mantenga unas determinadas condiciones, pero si éstas desaparecen regresa a su condición negativa. Este hecho es frecuente en moléculas orgánicas de alta persistencia pero es especialmente importante en metales pesados.

Todos los metales pueden aparecer en el suelo en formas de muy baja asimilabilidad, actividad y movilidad geoquímica que, generalmente, se relaciona con el predominio de compuestos escasamente solubles (sulfuros, hidróxidos, fosfatos...) o pueden aparecer en especies más solubles. En algunos casos hay diferencias importantes entre la toxicidad de las distintas formas de oxidación de un mismo elemento (influencia del potencial redox), como es el caso de los compuestos de Cr(III) y Cr(VI). Así el Cr(VI) es muy móvil y tóxico como anión, mientras que el Cr(III) es relativamente insoluble y se adsorbe fuertemente sobre las superficies, además es menos tóxico.

La importancia de las condiciones físicoquímicas y bióticas del medio y las repercusiones de su modificación son particularmente interesantes en el análisis de diferentes situaciones de impacto. Un ejemplo es la contaminación de suelos arroceros en el Japón con Cadmio. Las técnicas tradicionales de cultivos no producían daños, al mantenerse el suelo en condiciones reductoras todo el año.

Ahora bien, el drenaje temporal realizado para facilitar el laboreo causó la oxidación del azufre a sus óxidos, descendiendo el pH de los suelos y como consecuencia aumentó la concentración de Cd en disolución y por-

lo tanto en el arroz, provocando graves efectos en la salud.(Ver Capítulo IX).

13.2 Contaminación de los suelos

Los fungicidas afectan a los hongos y otros microcomponentes del suelo, vemos que pueden afectarse los complejos procesos físicos y químicos responsables de la fertilidad de los suelos dependen de los organismos del suelo. Estos procesos pueden bloquearse por el continuo tratamiento de ellos con fuertes dosis de tóxicos mortíferos y persistentes.

Existen pruebas considerables de que el uso de plaguicidas y nutrientes agregados en exceso pueden reducir su fertilidad, o producir graves problemas de contaminación.

El suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las sustancias químicas con altos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata pues de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo.

Un ejemplo de contaminación natural es el proceso de concentración y toxicidad que muestran determinados elementos metálicos, presentes en los minerales originales de algunas rocas a medida que el suelo evoluciona.

Un caso significativo se produce sobre rocas serpentinizadas con altos contenidos de elementos como Cr, Ni, Cu, Mn, cuya edafogénesis en suelos con fuertes lavados origina la pérdida de los elementos más móviles, prácticamente todo el Mg, Ca y, en ocasiones has-

ta gran parte del Si, con lo que los suelos residuales fuertemente evolucionados presentan elevadísimas concentraciones de aquellos elementos metálicos.

Obviamente que a medida que avanza el proceso de concentración residual de los metales pesados, se produce el paso de estos elementos desde los minerales primarios, es decir desde formas no asimilables a especies de mayor actividad e influencia sobre los vegetales y el entorno. De esta forma, la presencia de una fuerte toxicidad para muchas plantas sólo se manifiesta a partir de un cierto grado de evolución edáfica, y por tanto es máxima en condiciones tropicales húmedas.

Otra forma de contaminación es la acidificación de los suelos por la lluvia ácida y por la acción conjunta de la hidrólisis, lavado de cationes, presión de CO₂, entre otros, conducen a una mayor concentración de Aluminio. (Ver capítulo 4).

Los fenómenos naturales pueden ser causas de importantes contaminaciones en el suelo. Así es bien conocido el hecho de que un solo volcán activo, puede aportar contaminantes como cenizas, metales pesados y sulfatos, que varias centrales térmicas de carbón.

Pero las causas más frecuentes de contaminación son debidas a la actuación antrópica, que al desarrollarse sin la necesaria planificación producen un cambio negativo de las propiedades del suelo.

En los estudios de contaminación, no basta con detectar la presencia de contaminantes sino que se han de definir los máximos niveles permisibles y además, se han de analizar posibles factores que puedan influir en la respuesta del suelo a los agentes contaminantes, como son: vulnerabilidad, poder de amortiguación, mo-

vilidad, biodisponibilidad, persistencia y carga crítica, que pueden modificar los denominados “umbrales generales de la toxicidad” para la estimación de los impactos potenciales y la planificación de las actividades permitidas y prohibidas en cada tipo de medio.

13.2.1 Agentes contaminantes del suelo y su procedencia

Los contaminantes de los suelos son muy diversos.

Entre ellos tenemos:

- Los metales pesados,
- Las emisiones ácidas atmosféricas,
- La utilización de agua de riego salina,
- Los plaguicidas
- Fertilizantes (nutrientes)

Los metales

Estos agentes contaminantes proceden generalmente de la actuación antropogénica del hombre, así los metales pesados proceden directamente de las minas, fundición y refinación de metales, de la industria metalúrgica y metalmecánica.

Los metales pesados en pequeñas dosis pueden ser beneficiosos para los organismos vivos y de hecho son utilizados como micronutrientes, pero pasado un umbral se convierten en elementos nocivos para la salud.

Los metales se encuentran en forma aislada como tales o combinados formando minerales. Los minerales constituyen parte de la corteza terrestre, forman depósitos superficiales o profundos en donde se encuentran concentrados.

La contaminación natural por metales se produce a partir de las actividades volcánicas, los procesos de erosión, los escapes de depósitos profundos y superficiales, etc. En los suelos la concentración de metales varía de región a región. Por otro lado, no se conoce cuál es la contribución a esta concentración por parte de los metales presentes en la atmósfera. Sólo se conoce el hecho de que al acidificarse los suelos, aumenta la movilización de algunos metales y consecuentemente aumenta su absorción por las plantas.

Los metales que tienen gran movilidad (dispersión) en los suelos son el aluminio, el cadmio, el manganeso y el hierro.

El cobre y el níquel tienen una movilidad media, en tanto que el cobalto y plomo tienen una movilidad baja.

Entre los metales pesados que más contaminan a los suelos están el plomo, el cadmio y el arsénico.

Una vez que el plomo ha llegado al suelo permanece ahí indefinidamente y sólo una pequeña parte es transportada por la lluvia. Por ello, se debe considerar al suelo como uno de los principales depósitos de este contaminante.

En suelos rurales, las concentraciones de este elemento varían de 2 a 200 mg/g, mientras que en suelos de sitios urbanos, la concentración de plomo llega a ser extremadamente elevada.

En algunas ocasiones, por ejemplo, el contenido medio de plomo en la calles de algunas zonas residenciales y comerciales llega a ser de 1.600 a 2.400 mg/g. Esto representa un serio problema para la salud, en especial para los niños.

Estas concentraciones también suelen ser elevadas en suelos cercanos a carreteras, industrias y fundidoras. Esto depende de la cantidad de plomo emitido, el tipo de vegetación, las condiciones atmosféricas, el viento, la lluvia, así como de otros factores como la distancia a la fuente de contaminación, la profundidad del suelo, etc.

La concentración anual de plomo proveniente de la atmósfera que se deposita en el suelo, es de 0.8 mg/m^2 para el hemisferio norte y de 0.4 mg/m^2 para el hemisferio sur. En este caso, la principal causa de la contaminación del suelo por plomo de origen atmosférico son los automóviles.

La mayor parte del cadmio que se emite a la atmósfera se deposita en la tierra y en las aguas de la región cercana a la fuente de emisión. A partir de ésta, el cadmio es ingerido por los organismos y transportado a todos los eslabones de las cadenas alimentarias. Esta vía de asimilación es la principal ruta del cadmio para los animales y el hombre.

Generalmente, las concentraciones de este elemento son inferiores a 1 mg/Kg en suelos y se mantienen entre 0.01 a 0.5 mg/Kg . Las principales variaciones en el contenido de cadmio en este tipo de suelos, se debe a la composición de la roca madre y al suministro de metales que provienen de fertilizantes, abonos, agroquímicos y la contaminación atmosférica.

En los suelos ácidos, el cadmio se intercambia fácilmente, lo que lo hace disponible para las plantas. Por ejemplo, en ciertas regiones del Japón en donde existe contaminación por cadmio, se han detectado concentraciones entre 1 y 69 mg/Kg en los suelos de plantaciones de arroz.

	ARSENICO	CADMIO	MERCURIO	PLOMO
Plantas	0.01	0.03	0.4	0.07
Invertebrados	0.01	17	--	0.02
Mamíferos	0.001	0.008	5	0.001
Aves	0.001	---	50	0.001

Tabla 13.1 Factor de bioconcentración de algunos metales presentes en los suelos

Emisiones ácidas atmosféricas

Las emisiones atmosféricas proceden generalmente de la industria, del tráfico rodado, abonos nitrogenados que sufren el proceso de desnitrificación. Como consecuencia de esta contaminación se disminuye el pH del suelo con lo que se puede superar la capacidad tampón y liberar elementos de las estructuras cristalinas que a esos pH pueden solubilizarse y son altamente tóxicos para animales y plantas.

Salinización

Muchas áreas de la tierra pueden ser hechas más productivas por la irrigación artificial, sin embargo, hay enormes consecuencias negativas. La eficiencia de los sistemas de irrigación en el mundo es solamente del 30-50%, debido a los problemas de salinización, alcalinización, lixiviación, infiltración, escorrentías, eutroficación de reservorios, etc. El mal uso del agua de riego provoca la salinización y la sodificación del suelo. En el primer caso se produce una acumulación de sales más solubles que el yeso que interfieren en el crecimiento de la mayoría de los cultivos y plantas no especializadas (se evalúa por la elevación de la conductividad eléctrica del extracto de saturación).

En el segundo caso se produce una acumulación de sodio intercambiable que tiene una acción dispersante

sobre las arcillas y de solubilización de la materia orgánica, que afecta muy negativamente a las propiedades físicas del suelo (agregados menos estables, sellado del suelo, encostramiento y disminución de la conductividad hidráulica), por lo que el medio será menos apto para el crecimiento de los cultivos.

Con la irrigación todas las sales del agua son añadidas a los suelos, haciendo como consecuencia de ello bajar la producción agrícola en una cuarta parte en el mundo. Más de 70 millones de hectáreas han sido dañadas en el mundo como consecuencia de la irrigación, por lo cual se han tomado varias medidas. El equilibrio puede ser restaurado por lixiviación de las sales de la superficie de los suelos o su drenaje en el nacimiento de las aguas subterráneas.

Contaminación producida por las actividades agrícolas

La agricultura y el ambiente están muy relacionados a través de múltiples procesos. Por una parte la agricultura demanda una buena calidad del ambiente y a su vez la agricultura puede ser la mayor causa de la pérdida del hábitat de la contaminación y agotamiento de las fuentes de agua, de la eutrofificación y contaminación de suelos, de la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos y de la producción de gran cantidad de desechos.

La contaminación directa debido a las actividades agrícolas está relacionada con la intensificación de la agricultura. En muchos países esta agricultura intensiva se hace con grandes cantidades de abonos y fertilizantes agregados a los suelos. Muchos suelos no tienen la capacidad de retenerlos contribuyendo a los problemas de eutrofificación en la superficie de las aguas.

Otro problema de los nutrientes fertilizantes es la acumulación de nitratos en las aguas subterráneas, la acidificación de los suelos y la emisión de óxido nitroso (N_2O).

El uso de desechos orgánicos como abonos y la irrigación de cultivos con aguas contaminadas, puede producir acumulación en los suelos de metales pesados. La irrigación puede producir salinización y lixiviación de contaminantes de los suelos a las aguas.

El uso de plaguicidas puede producir una gran cantidad de efectos adversos sobre el organismo no blanco, es decir, sobre el que no va dirigido el plaguicida. Los desechos agrícolas pueden producir contaminación del aire, agua, suelos y alimentos, dependiendo del método de disposición y tratamiento de ellos. La contaminación indirecta conlleva a cambios en el uso de la tierra. La deforestación utilizando la quema contribuye a la emisión global de dióxido de carbono (CO_2), además con los graves problemas de desertificación y erosión.

Algunos plaguicidas presentan gran persistencia en los suelos, un ejemplo de ellos son los insecticidas organoclorados. Ver tabla 13.2

Persistencia	Tiempo de desaparición (años)	
	50%	95%
DDT	10	30
Dieldrin	8	25
Lindano	6.5	10
Aldrin	3	6
Clordano	4	5
Heptacloro	3.5	5

Tabla 13.2 Persistencia en los suelos de los Insecticidas Organoclorados

El paraquat es el herbicida de mayor uso en el país como defoliante para facilitar la recolección de las cosechas, y en áreas no agrícolas para control dirigido de malezas.

Al caer en los suelos ricos en material orgánico se favorece su descomposición por acción bacteriana la cual no es muy importante si se compara con la que se da por acción de la luz solar (radiación U.V.). Actualmente sospechosa de tener implicación toxicológica importante, en especial para una vida silvestre.

Los herbicidas fenoxiacéticos son similares a las hormonas vegetales originan cambios metabólicos en las plantas que conducen a la muerte o a la caída de las hojas.

Las triazinas y úreas sustituídas interfieren con un proceso crítico de la fotosíntesis, causando la muerte de la planta por falta de energía. Aunque su toxicidad directa para los animales es escasa, los herbicidas tienen un gran impacto en las poblaciones animales por la modificación y erradicación de poblaciones vegetales, ya que todos los animales dependen, por lo menos indirectamente, de las plantas para su alimentación. Sabemos muy poca cosa sobre efectos directos de los herbicidas en los microorganismos del suelo.

Los miembros del grupo que incluye el 2,4-D en particular son tóxicos para los peces, aunque menos que la mayoría de los insecticidas, y han resultado ser tóxicos para crustáceos de agua dulce. El arrastre de herbicidas a las aguas continentales y costeras podría tener consecuencias más graves que los efectos de los herbicidas sobre la fertilidad del suelo, como el bloqueo de los procesos fotosintéticos del fito-plancton y el crecimiento de otras plantas.

Nutrientes

En varios países del mundo, el régimen de nutrientes utilizado en agricultura origina varios problemas de contaminación ambiental. La contaminación de suelos y aguas con nitrógeno y fósforo está relacionada con la sobredosis y vida media de ellos en los suelos agrícolas, ya que pueden presentarse un desequilibrio entre la adición de nutrientes y la extracción de ellos de los suelos, que puede originar problemas ambientales de gran magnitud. En muchas regiones con producción agrícola intensiva la cantidad de nutrientes añadida excede a la extraída por los productos de cultivos.

Una consecuencia de este espectacular aumento ha sido una elevación concomitante en el contenido de nitratos en las aguas superficiales, en la atmósfera y en la lluvia. Otra ha sido una disminución del 50% del nitrógeno orgánico contenido inicialmente en los suelos. Además, las aguas de escorrentía de cultivos son ricos en nitrógeno y fósforo como consecuencia del fuerte uso de abonos y fertilizantes, en proporción mayor que las aguas residuales vertidas por las poblaciones. El equilibrio de estos dos elementos se altera y la abundancia de nitratos y fosfatos favorece el crecimiento de ciertas algas. En muchas zonas costeras el crecimiento es excesivo, cubriendo enormes zonas, convirtiéndolas en pantanos pestilentes.

La descomposición bacteriana de estas enormes masas de algas, altamente consumidora de oxígeno, reducen su disponibilidad para los organismos acuáticos, y por tanto producen mortalidad de ellos. Estos explosivos crecimientos y las disminuciones de oxígeno son característicos de costas y lagos que padecen eutrofificación, término que podría ser traducido como un exceso en la fertilización. El 60% del fosfato que llega a las aguas

procede de aguas residuales urbanas, y la fuente principal de fosfatos en las aguas residuales la constituyen los detergentes caseros. Gran parte de los fosfatos y nitratos quedan en las aguas, depositándose en el fondo con la masa de algas en descomposición, y ayudando a desarrollarse el fenómeno de la eutrofización con mayor rapidez.

Una posibilidad práctica más inmediata de controlar el arrastre de nutrientes de las tierras de cultivo, podría consistir en prohibir legalmente la práctica de considerar el estiércol de los animales de granja como producto de deshecho. Aproximadamente el 80% del ganado es producido en granjas y la mayor parte de su estiércol es tratado como residuo. Aun cuando los costos resultaran superiores el estiércol debería ser devuelto a la tierra para ayudar a formar humus.

13.2.2 Efectos tóxicos derivados de la contaminación de los suelos

Los efectos nocivos de la contaminación de los suelos es la propagación de enfermedades transmisibles, las intoxicaciones y los efectos a largo plazo, como puede verse en la tabla 13 .3. Los contaminantes de mayor riesgo para nuestra población son los residuos peligrosos.

Tabla 13.3
Principales contaminantes de los suelos y sus posibles efectos sobre la salud humana

Contaminantes	Efectos
Excrementos humanos	Teniasis Equistomiasis Anquilostomiasis
Aguas residuales	Filariasis, infestaciones (salmonelosis transmitida por la moscas)
Basuras (criaderos de vectores en basureros)	Enfermedades transmitidas por roedores (tifo, virosis hemorrágica, virus de hantang)
Residuos radiactivos	Mutaciones y cáncer
Plaguicidas	Intoxicaciones agudas, crónicas y efectos a largo plazo
Metales	Intoxicaciones crónicas y efectos a largo plazo

13.3 Bibliografía

- CASTELMAN, B. Mobility of hazards products, industries, and wastes. Annu Rev. Public Health 8, 1997.
- PRASITTIKHET, J. and GAMBRELL, R. Acidic sulphate soils. Ed. Springer-Verlag, New York, 1989.
- RODHE, H. and HERRERA, R. (Eds.). Acidification in Tropical Countries. John Wiley & Son. Chichester. 1998.
- UNITED NATIONES ENVIRONMENT PROGRAMME / FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. UNEP/FAO. Guidelines for the Control of Soil Degradation. Roma, 1993.
- WORLD HEALTH ORGANITATION. WHO. Metals, environmental aspects. Environment Health Criteria, 90, Geneva, 1990.



CAPÍTULO 14



*RESIDUOS
PELIGROSOS*



14.1 Generalidades de la contaminación con residuos y desechos peligrosos

El gran uso que en la actualidad se da a los productos químicos y el creciente desarrollo industrial en el país, incrementa cada vez más la generación de residuos, y por consiguiente la aparición de sitios contaminados que pueden impactar negativamente el ambiente y la salud.

Su utilización tiende a ser especialmente grave en los países en desarrollo; la tendencia normal en estos casos ha sido el aplazamiento de las decisiones sobre el establecimiento de políticas y normas sobre el tema, así como la dificultad de contar con instalaciones adecuadas para el manejo de este tipo de residuos, produciendo aumentos inmediatos en los niveles de contaminación del recurso agua, suelo, aire y los alimentos.

Un problema es la presencia de abandonos o enterramientos de antiguos residuos o desechos peligrosos. Los cuales constituyen una preocupación para el sector ambiental y para las comunidades ubicadas en el área de influencia de tales depósitos, debido a que varios de ellos ya han puesto de presente, ciertas manifestaciones de riesgo a la población y a los recursos naturales.

Aunque se proponen numerosas soluciones para mejorar la gestión de los residuos peligrosos, actualmente se estima que la mejor opción de gestión es producir menos residuos adoptando métodos de producción más limpia de tal forma que se minimicen la generación de los residuos en la medida que sea posible.

No obstante, entendiendo que pese a la adopción de medidas de prevención y minimización, no será posible evitar totalmente la generación residuos o desechos peligrosos, se privilegia la gestión de los mismos orientada en lo posible al reciclaje, recuperación o aprovechamiento.

Solo cuando las posibilidades anteriores hayan sido agotadas, se procede a considerar el tratamiento y disposición de los residuos peligrosos, mediante opciones que comprendan métodos seguros.

Colombia, por su parte, no es ajena a la problemática de los residuos peligrosos, la cual se ve enfatizada por ser un país con una economía en crecimiento, un sector manufacturero conformado en su mayoría por Mipymes, una tradicional vocación agrícola y la existencia de un alto índice de informalidad en el área comercial, con escasas capacidades técnicas y recurso humano para el manejo de estos residuos.

El decreto 4741 de diciembre de 2005 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial “MA-VDT”, define residuo o desecho, como también residuo o desecho peligroso.

Residuo o desecho

Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, de igual manera puede ser líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó ó porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula.

Residuo o Desecho Peligroso

Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Durante las dos últimas décadas, ha surgido una gran preocupación ambiental y de salud por los problemas que originan los residuos industriales, principalmente los denominados peligrosos.

Los residuos peligrosos se generan a partir de un amplio rango de actividades industriales, de la agricultura, entidades de salud, minería, comercio y aún de las actividades domésticas. Ver figura 14. 1.

La amplia gama de residuos generados por los procesos industriales pueden ser de diferentes formas físicas, los hay sólidos, semisólidos, líquidos y gaseosos con características peligrosas que pueden causar daño a la salud humana, a los recursos naturales renovables o al ambiente.

14.2 Problemática de los residuos y desechos peligrosos (RESPEL) en Colombia

La información disponible sobre RESPEL tanto a nivel público como privado en el país, está dispersa, no sistematizada y poca es de cubrimiento nacional, lo cual dificulta el establecimiento de un diagnóstico preciso que abarque todos los temas relacionados con su gestión

y manejo, sin embargo, los esfuerzos realizados hasta ahora, permiten identificar la siguiente situación en términos generales:

- La gestión de los RESPEL no se realiza de forma planificada.
- Su manejo está orientado más hacia el tratamiento y disposición final que a la prevención y el aprovechamiento.
- Existe desconocimiento por parte de generadores, gestores o receptores, autoridades y comunidad en general sobre el tema, lo cual agudiza la problemática.
- No existe un sistema de manejo separado de los RESPEL, excepto para algunas corrientes de residuos. Por lo general la disposición final se realiza con los residuos no peligrosos.
- Falta de compromiso por parte de los generadores de asumir su responsabilidad frente a la gestión y el manejo de los residuos.
- Existe desconocimiento por parte de los consumidores en relación con el riesgo que conlleva un manejo inadecuado de los RESPEL, esto obedece a una cultura basada en la tendencia a consumir el producto más económico, sin importar su calidad ni su gestión postconsumo.
- Existen pocos incentivos económicos y financieros que promuevan la gestión integral
- Se cuenta con una oferta limitada de empresas autorizadas que brindan servicios para el manejo de RESPEL.

- El país no dispone de reglamentos técnicos especializados en la materia, que faciliten la clasificación, identificación, caracterización y manejo adecuado de los RESPEL
- Hay una limitada oferta analítica para la caracterización de RESPEL: .Actualmente no existen laboratorios acreditados.
- Falta de adopción de alternativas de producción más limpia por parte de los sectores productivos que conduzcan a la prevención y a la minimización en el origen de RESPEL.
- La oferta en el transporte especializado de RESPEL es limitada y en muchos casos se realiza sin los requisitos legales.
- Baja capacidad técnica y de infraestructura de las autoridades aduaneras para controlar los movimientos transfronterizos de RESPEL.
- Casos de abandono de Respel que ponen en grave riesgo a la población y causan problemas de contaminación, lo que se traduce en pasivos sociales y ambientales de difícil manejo.
- Falta de coordinación institucional y baja capacidad de gestión de las autoridades para promover la gestión de RESPEL.

14.3 Generación de los residuos y desechos peligrosos

En el país ha sido constante el desconocimiento de la magnitud del problema de los RESPEL, es más, en mu-

chas ocasiones, los generadores ignoran que su actividad está relacionada con este tipo de residuos.

Las evaluaciones realizadas a nivel nacional y regional bajo diferentes metodologías, han permitido conocer preliminarmente cuales son los generadores, la localización y la contribución en términos de cantidad como de peligrosidad.

Debido a lo anterior, la Política para la Gestión Integral de Residuos publicada por el Ministerio del Medio Ambiente en el año 1998, se propuso como objetivo específico dimensionar preliminarmente la problemática originada por los RESPEL a través del desarrollo de los inventarios de los corredores industriales de Cali-Yumbo y Bogotá -Soacha, con base en los cuales se entrarían a formular nuevos objetivos y estrategias para orientar la gestión de los RESPEL y así contribuir a la solución de esta problemática ambiental.

En este sentido, durante los años 2001-2002 la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca C.V.C con apoyo del Ministerio del Medio Ambiente y el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente “DAMA”, lideraron en Bogotá la realización de los estudios e inventarios planteadas por la política en su momento.

El primero de ellos, en el Valle del Cauca, determinó una producción aproximada de 101.400 t/año de residuos peligrosos, de los cuales el 69% corresponde al sector industrial, el 26,2% al sector automotriz (baterías usadas y aceites usados),el 2.3% a residuos hospitalarios y un 2.5% a envases de agroquímicos.

El segundo estudio realizado para Bogotá determinó una generación aproximada de 73.000 t/año de residuos peligrosos en el 2002. Si se incluye la generación

de municipios aledaños como Soacha y Cota -Cajicá con fuerte presencia de sectores industriales, la cifra puede ascender a 90.000 t/año.

Posteriormente, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en Convenio con FUNDES y con apoyo de la C.V.C y el Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible (CECODES), realizó en el año 2004 una estimación aproximada de la generación de residuos peligrosos en el ámbito nacional, mediante métodos directos e indirectos, con base en los inventarios realizados en Cali-Yumbo y Bogotá-Soacha para extrapolar las lecturas allí generadas al resto del país.

En este diagnóstico se dio prioridad al sector industrial, aunque se reconoce la necesidad de ir complementando gradualmente el diagnóstico nacional con otros sectores igualmente importantes en términos de generación como el sector servicios, el agroindustrial y el minero-energético, entre otros.

Sector Industrial

El sector industrial produce más de 389.025 t/año de residuos peligrosos.

Las empresas con mayor porcentaje de participación en la generación de Respel, corresponden a la fabricación de sustancias y productos químicos derivados del petróleo y del carbón, de caucho y plástico, que genera 149.107,15 t/año con un 39% de la producción nacional, seguidos por las industrias metálicas básicas con 78.463 t/año, que corresponden a un 20%, y las industrias minerales no metálicas con 63.795,13 t/año equivalente al 16%.

Sector agroindustrial

En el sector agroindustrial hay producción de gran cantidad de residuos peligrosos como formulaciones dañadas, sobrantes, y envases. Además, en el país existen aproximadamente 270 toneladas de plaguicidas obsoletos almacenados principalmente en los siguientes sitios: Medellín y Uraba; Barranquilla, Bogotá y Girardot; Cartagena, Manizales; Honda y Villavicencio.

Estos almacenamientos se asocian principalmente a plaguicidas utilizados por el sector salud en el control de vectores y a los utilizados por el subsector algodonero en décadas pasadas, tales como malatión, paratión, DDT, entre otros. De otra parte, se estima que posiblemente existen aproximadamente 4.500 t de suelos contaminados con plaguicidas en el Cesar sin contar con los entierros no denunciados.

Merece igual atención, la generación de envases contaminados con agroquímicos, la cual se estima aproximadamente en 5.820 t/año (3.050 t plástico, 2.350 t metal). La práctica común es que se abandonen en los campos agrícolas y cuerpos de agua, se quemen al aire libre o se entierren y se dispongan en rellenos sanitarios, generando focos de contaminación.

Sector Minero-Energético

Los principales tipos de Respel generados en éste sector están relacionados con la generación de aceites usados, la cual se estima en más de 96.034 metros cúbicos-año a nivel nacional.

Merece especial atención las existencias de aceites dieléctricos y equipos contaminados con PCB, los cuales de acuerdo a los compromisos internacionales deben ser retirados

de los sistemas de suministro de energía y eliminados de manera ambientalmente segura antes del 2028. En el campo de la minería en el país, se encuentra la problemática de contaminación por residuos de mercurio provenientes de la minería extractiva de oro, específicamente la que se desarrolla de manera informal, con un uso inadecuado y excesivo de mercurio. A esta problemática se adicionan los problemas sociales de una población minera variable que desconoce los riesgos en la manipulación del mercurio.

Dentro de las operaciones del beneficio y transformación minera se destaca la disposición inadecuada de las escorias, colas y otros residuos con posibilidad de estar contaminados con constituyentes peligrosos, adicionalmente de la generación de polvos minerales y emisiones de sustancias altamente contaminantes. En las actividades propias del sector de hidrocarburos se destaca la generación de lodos contaminados con sustancias peligrosas, desechos de productos químicos, aguas con residuos radiactivos, entre otros.

Finalmente, el sector minero energético, tiene una problemática relacionada con los yacimientos abandonados, las canteras pendientes de rehabilitación y sitios contaminados con productos peligrosos, que se han convertido en pasivos ambientales para el país.

14.4 Gestión de los residuos peligrosos

Los riesgos al medio ambiente y a la salud causados por los residuos peligrosos son de gran preocupación a nivel mundial, por ello, la mayoría de países cuentan con una legislación para poder controlarlos. El manejo de los residuos peligrosos incluye los procesos de:

- Minimización
- Reciclaje

- Recolección
- Almacenamiento
- Tratamiento
- Transporte y,
- Disposición final

Actualmente, los países especialmente los industrializados, tienden a promover la minimización y reciclaje de los residuos peligrosos como la opción desde el punto de vista ambiental. La adecuada gestión ambiental de ellos, no causará impactos negativos al medio ambiente. Ver tabla 14.2

La legislación internacional es especialmente importante cuando se trata del transporte transfronterizo de residuos peligrosos, sea este en forma directa es decir, el transporte del propio residuo con el objetivo de reciclarlo, tratarlo o disponerlo fuera del país.

Sector	Fuente	Residuo peligroso
Comercio & agricultura	Servicio autos	Aceites residuales
	Aeropuertos	Aceites, fluidos, etc
	Lavado y secado al vacío	Solventes halogenados
	Transformadores	Bifenilos policlorados
	Hospitales	Residuos patógenos e infecciosos
	Zonas rurales	Plaguicidas, residuos vegetales.
Mediana y pequeña industria	Tratamiento de metales(galvanizado, cromado,etc)	Metales pesados, ácidos
	Industria fotográfica	Solventes, ácidos, plata
	Textiles	Cadmio, ácidos
	Impresión	Solventes, tintas
	Curtidores	Solventes, cromo, sulfuros

El Convenio de Basilea sobre el Control Transfronterizo de Residuos Peligrosos y su disposición, fue acogido por la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, siendo una clara demostración de la intención de los países por controlar el manejo de residuos peligrosos para proteger el medio ambiente. Aunque los países plantean diferentes estrategias en el manejo de residuos peligrosos, sus legislaciones tienen ciertos aspectos en común.

Entre éstos está la definición legal de los residuos peligrosos y las listas de los residuos controlados bajo estas leyes. Las listas se rigen bajo los criterios de origen de los residuos, propiedad o contenido de ciertas sustancias químicas específicas. Pese a que las definiciones son básicamente similares, las listas de residuos pueden diferir. Por lo tanto, comparar la generación de residuos entre los diferentes países no proveerá de información clara ni analizable.

En la década de los ochenta surge la legislación de residuos peligrosos en América Latina, encabezada por Brasil, Colombia, México y Venezuela. Estas naciones vienen aplicando en mayor o menor grado estrategias propias en el manejo de sus residuos tóxicos.

Es importante resaltar que los países en vías de desarrollo producen apenas el 10% del estimado total de residuos peligrosos generados en el planeta. Este porcentaje equivale a 5 millones de toneladas al año de residuos tóxicos, según estadísticas de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).

La gestión de estos residuos tiene como base dos hechos agravantes: la industrialización desordenada que deja para después la solución de problemas causados por falta de planificación, y la falta de recursos para resolverlos.

Es importante y necesario buscar soluciones para estos problemas. Se deben aprovechar las experiencias sobre gestión ambiental desarrolladas por los países industrializados, analizar sus posibilidades de adaptación a la realidad de cada país y buscar alternativas propias aplicables a casos específicos.

Minimización

A medida que ha avanzado el desarrollo tecnológico en el manejo de residuos peligrosos y se han implantado leyes que prohíben la descarga de contaminantes tóxicos o peligrosos al ambiente, el manejo de residuos peligrosos ha adquirido un costo significativo para la industria en los países desarrollados. Este factor, además del hecho que la industria se ve cada vez más obligada a conservar los recursos naturales y la energía, está fomentando la creación de tecnologías industriales alternativas para la reducción de la generación de residuos. La minimización de residuos se logra a través de la optimización de los procesos industriales y del reciclaje de los residuos generados. La optimización de procesos puede realizarse a través de una mayor eficiencia en el proceso, o por modificaciones en el mismo.

El reciclaje de los residuos peligrosos

El reciclaje se puede realizar dentro de la misma planta industrial como fuera de ella, dependiendo de la utilidad que se le pueda dar a los residuos. El reciclaje de residuos sólidos y líquidos se puede realizar directamente o luego de una purificación intermedia.

Por ejemplo, la recuperación de metales pesados de los baños gastados (término industrial) del acabado de metales, a través de la precipitación y separación del precipitado.

Cambio de procesos	Sustitución de materias primas e insumos contaminantes Cambios tecnológicos/tecnologías limpias Mejoramiento de las prácticas de operación
Reducción en la fuente y cambios en productos	-Diseño con mejor impacto ambiental -Incremento de la vida del producto
Reciclaje	Recuperación y reuso dentro del proceso de producción -Reciclaje fuera del proceso
Pretratamiento y Tratamiento	-Mecánico - Físico -Químico - Térmico - Otros
Disposición y Destrucción	-enterramiento -incineración -almacenaje controlado

Tabla 14.1 Ejemplos de residuos peligrosos

En todos los casos de minimización, la selección final de la tecnología se realiza en base a un análisis de costo/beneficio. Si existe una legislación de control de residuos, se incluirá también el costo para cumplir con esta legislación.

En los países industrializados se observa que la industria química invierte recursos significativos para optimizar procesos y reciclar insumos. El incentivo principal en estos casos son los crecientes costos de disposición de los residuos peligrosos, como resultado de reglamentos cada vez más estrictos. También influye el hecho que la industria recibe la responsabilidad de los residuos “desde la cuna hasta la tumba”.

En América Latina se observa la implantación de técnicas de minimización, aunque en menor grado. El factor más importante en esta región es el costo relativamente alto de los insumos cuando son importados.

Tratamiento de residuos peligrosos

Los procesos de tratamiento de residuos peligrosos están divididos en tres áreas principales: físico-química, biológica y térmica. Las tres tienen por objetivo reducir el volumen y la toxicidad de los residuos. Algunos promueven la destrucción de productos indeseables; otros alteran sus características de peligrosidad de modo que su disposición final al medio ambiente se torna más aceptable; o simplemente segregan la masa de residuos de los constituyentes indeseables para favorecer el reciclaje y reducir el volumen final. (Ver figura 14.1)



Tabla 14.1 Ejemplos de residuos peligrosos

Actualmente, con el objetivo de reducir los riesgos ambientales y a la salud, se está dando mayor énfasis al tratamiento de residuos peligrosos, observando las restricciones cada vez mayores para su disposición final.

En este proceso, se utilizan desde los métodos más simples como: la neutralización de materiales alcalinos o ácidos, la solidificación o encapsulamiento para inmovilizar contaminantes, la utilización de polímeros que descomponen las sustancias tóxicas orgánicas o la incineración a temperaturas muy elevadas.

La incineración es un proceso de tratamiento que se utiliza cada vez más con el fin de destruir una gama de residuos líquidos, semisólidos y sólidos.

Es la mejor opción para el tratamiento de residuos altamente persistentes, tóxicos e inflamables, como es el caso de plaguicidas, solventes, aceites no recuperables y diversos productos farmacéuticos.

Los incineradores de residuos necesitan de equipos de control de emisiones gaseosas, en función al tipo y toxicidad de los residuos a ser incinerados, lo que encarece considerablemente su instalación. Por eso su uso se vuelve bastante limitado.

Las tecnologías disponibles para el tratamiento de residuos peligrosos son diversas y su selección se realiza dependiendo de muchos factores, como son: tipo de residuo, accesibilidad, estándares de seguridad y costos.

En lo que se refiere a nuevas tecnologías, se vienen desarrollando diversas investigaciones en el área de tratamiento físico y biológico. Para el primer caso se dispone de diferentes técnicas de encapsulamiento para la obtención de materiales que puedan autosolidificarse con una mínima adición de otros constituyentes. Para el tratamiento biológico se debe investigar la biodegradación de compuestos a través de microorganismos.

Disposición de residuos peligrosos

La disposición final de residuos peligrosos se define como la ubicación de los residuos en áreas o zonas previamente seleccionadas y adecuadas para este fin. Ejemplos de estos procesos son: disposición de residuos en rellenos sanitarios, en rellenos de seguridad, inyección en pozos profundos o su colocación en minas o domos de sal. Los dos primeros son los métodos más utilizados en todo el mundo; los dos últimos son procesos poco conocidos actualmente; aceptables, pero que necesitan desarrollarse tecnológicamente.

La forma más común para la disposición de residuos peligrosos es el relleno de seguridad. Los costos de este método son relativamente bajos, pero requiere de un diseño apropiado y de control constante de la contaminación, inclusive después de clausurado el relleno. Entre los requisitos para poder construir un relleno de seguridad están la evaluación del suelo y de las características hidrogeológicas del área. En el diseño es necesario incluir materiales aislantes, a fin de prevenir la contaminación del ambiente, principalmente la contaminación de colectores hídricos subterráneos, sean freáticos o artesianos; así mismo, se deben instalar pozos de monitoreo.

Aunque menos usada, la inyección de residuos en pozos profundos así como su colocación en minas de sal o el lanzamiento al mar son todavía formas aceptables de disposición final de ciertos tipos de residuos peligrosos. Ver anexo 11.

Lamentablemente se han dado casos de rellenos de seguridad diseñados según las normas técnicas, que han contaminado fuentes de agua. Por esta razón, actualmente se investigan otras alternativas posibles.

14.5 Control de residuos peligrosos

El control de los RESPEL parte de la definición, generación, identificación, clasificación y manejo integral de los residuos peligrosos.

Los programas de control tienen como base fundamental, una legislación que define a los residuos peligrosos, los clasifica y provee criterios para la identificación de los mismos.

El grado de peligro de los residuos peligrosos varía ampliamente. Una distinción útil es entre aquellos residuos que poseen un riesgo potencialmente alto para la salud humana y, aquellos donde el riesgo es menor, pero las cantidades son mucho mayores. Un ejemplo de la primera categoría incluyen los solventes muy inflamables, plaguicidas altamente tóxicos o materiales de gran persistencia como los PCB, mientras que en la otra categoría se incluyen grandes volúmenes de actividades mineras (relaves).

Definiciones de residuo peligroso y su generación

La EPA define un residuo peligroso como cualquier desecho, o combinación de desechos que a causa de su cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas puedan:

- Causar o contribuir significativamente a un incremento en la mortalidad, o a un incremento en enfermedades serias irreversibles o
- Presentar un potencial peligro para la salud humana o el ambiente cuando son impropriamente tratados, almacenados, transportados o desecharados.

La definición de residuo peligroso dada por las Naciones Unidas (PNUMA/UNEP) es la siguiente:

“Residuo peligroso son aquellos residuos diferentes a los radiactivos que por razones de su reactividad química, toxicidad, explosividad, corrosividad u otras características provocan un peligro o pueden causar peligro para la salud o el ambiente, ya sea por sí solos o cuando se ponen en contacto con otros residuos, y se definen legalmente como peligrosos en el estado en el cual son generados o en el cual son eliminados, o de la forma como son transportados”.

Los residuos radiactivos, aunque en términos reales presentan un peligro al ambiente son por sus características de alto riesgo controlados por agencias u organismos diferentes de la autoridad ambiental y no se incluyen en la definición de residuos peligrosos. Los residuos domésticos en su mayoría no son tóxicos, pero algunos pueden contener pequeñas cantidades de sustancias tóxicas (por ejemplo: mercurio de las baterías secas, solventes de pinturas, plaguicidas etc.).

En muchos países no se presta atención en separar el control de estos dos tipos de residuos.

En general los residuos peligrosos son generados por los procesos industriales, y en el país la mayoría son producidos por la industria química. En los Estados Unidos gran parte de los residuos peligrosos son generados por la industria petroquímica.

14.6 Propiedades y características de peligrosidad de los residuos

Las características de peligrosidad de acuerdo al decreto 4741/05 de MAVDT son las siguientes y en el Anexo Político No. 1 estará un listado de todos los residuos y desechos peligrosos según estas características:

- Corrosivos
- Reactivos
- Explosivos
- Inflamables
- Infecciosos
- Radiactivos
- Tóxicos

Las anteriores características vienen definidas en el anexo 9.

Entre los residuos peligrosos están los Residuos Hospitalarios, generados como su nombre lo dice por hospitales y demás entidades de salud humana y animal.

Los residuos generados por las Entidades de Salud pueden ser de naturaleza peligrosa y no peligrosa. Entre los peligrosos están los infecciosos.

La EPA contempla 4 características de peligrosidad para su clasificación:

- Toxicidad
- Corrosividad
- Reactividad (Incluye los explosivos)
- Ignición (Incluye los inflamables y combustibles)

Corrosividad

Un residuo es corrosivo si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Ser acuoso y presentar un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12,5.
- Ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor de 6.35 mm por año, a una temperatura de ensayo de 55°C.
- Por acción química puede causar daños grave en los tejidos vivos que tocan, o en caso de fuga puede dañar gravemente, o hasta destruir otras mercancías o el medio de transporte.

Reactividad

Un residuo es reactivo si muestra una de las siguientes propiedades:

- Ser normalmente inestable y reaccionar de forma violenta e inmediata sin detonar.
- Reaccionar violentamente con el agua.
- Generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud humana o al ambiente, al mezclarse con el agua.
- Poseer entre sus componentes cianuros o sulfuros que, por reacción, liberen gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo la salud humana o el ambiente.
- Ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor, en ambientes confinados.

Explosividad

Un residuo es explosivo si presenta una de las siguientes propiedades:

- Formar mezclas potencialmente explosivas con el aire.
- Producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y una atmósfera.
- Ser una sustancia fabricada con el objetivo de producir una explosión o un efecto pirotécnico.
- LA EPA, considera a los residuos explosivos como un subgrupo de los residuos reactivos.

Toxicidad

Un residuo es tóxico si tiene el potencial para causar la muerte, lesiones graves para la salud del ser humano si se ingiere, inhala o se pone en contacto con la piel. Para este efecto, se consideran tóxicos los residuos que contienen los siguientes constituyentes enumerados en el anexo 3.

La definición de la toxicidad del residuo es cualitativa, sin embargo, una definición más exacta requiere de la utilización de límites cuantitativos, como la concentración de la sustancia tóxica en el residuo, el uso de parámetros toxicológicos como la CL50 o la DL50.

Inflamabilidad

Un residuo es inflamable si presenta una de las siguientes propiedades:

- Ser líquido y tener un punto de inflamación inferior a 60°C , con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24 % de alcohol en volumen.
- Ser un sólido y ser capaz de, bajo condiciones de temperatura de 25°C y una atmósfera de presión, producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y, cuando se inflama, queman vigorosa y persistentemente dificultando la extinción del fuego.
- Ser un oxidante que puede liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad de fuego en otro material.

Patogenecidad

Un residuo es patógeno si contiene microorganismos tales como: bacterias, protozoos, virus, ricketsiás, hongos y recombinantes híbridos y mutantes y sus toxinas, con el suficiente grado de virulencia y concentración que pueda producir una enfermedad infecciosa o toxi-infecciosa en huéspedes susceptibles. Los reglamentos no incluyen en esta definición a los residuos sólidos o líquidos domiciliarios, o aquellos generados en el tratamiento de efluentes domésticos, aunque por sus propiedades lo son.

14.7 Sistemas de clasificación de los residuos peligrosos

Los residuos peligrosos se clasifican con el fin de saber el riesgo que conlleva su gestión, y por ello de gran ayuda en la evaluación de los peligros para la salud y medio ambiente, como también para la minimización de los riesgos durante su generación, transporte, almacenamiento y disposición de ellos.

Hay tres enfoques para la clasificación de los residuos peligrosos

- A través de una descripción cualitativa, por medio de listas que indican el tipo, origen y componentes del residuo
- La definición del residuo a través de ciertas características que involucran el uso de pruebas normalizadas, por ejemplo pruebas de lixiviación donde el contenido de ciertas sustancias en el lixiviado determinan si el residuo es peligroso o no.
- La definición del residuo con relación a límites de concentración de sustancias peligrosas dentro del mismo residuo.

Cada una de estas 3 alternativas tienen su ventaja y desventaja. Mientras la primera es más fácil de administrar, las otras dos presentan una descripción más clara y precisa de los residuos. Frecuentemente los países usan una combinación de estos sistemas. Así, mediante el Convenio de Basilea se pueden clasificar los RESPEL.

Residuos o desechos peligrosos generados por procesos o actividades. (Ver anexo 7).

Residuos o desechos peligrosos por corrientes de residuos. (Ver anexo 8).

Características de peligrosidad de los residuos o desechos peligrosos. (Ver Anexo 9).

Concentraciones máximas de los contaminantes para los residuos o Peligrosos. (Ver anexo 9.)

Clasificando los residuos o desechos peligrosos se facilita su control, al reducir los análisis de laboratorio para

determinar si el residuo es peligroso o no. La sofisticada infraestructura de laboratorio requerida para el análisis de laboratorio es costosa y escasa en estos países.

Algunos países toman la clasificación internacional unificada de industrias CIUU, en donde están identificadas las productoras de residuos peligrosos.

La EPA también identifica sus desechos peligrosos a través de la Lista F y la lista K. Ver anexo 12. Lista F. Desechos procedentes de fuentes no específicas y la Lista K. Desechos generados de fuentes específicas, es decir identifica las industrias generadoras.

14.8 Migración y efectos nocivos de los residuos y desechos peligrosos

En varias ciudades del país donde no hay separación de los residuos peligrosos de los residuos sólidos y, al carecer de rellenos sanitarios, en gran proporción se dejan a cielo abierto o se botan a los cuerpos de agua, convirtiéndose en focos de contaminación. En ellos, proliferan o crecen plagas como moscas y roedores que son transmisores de enfermedades. Las moscas pueden llevar restos de materias fecales a los alimentos con la producción de la fiebre tifoidea, las ratas transmiten enfermedades como la leptospirosis, virosis hemorrágicas, virus como el de Hantangn (produce graves problemas pulmonares).

Se ha investigado que de los sitios de depósito de los residuos peligrosos hay igualmente contaminación de las aguas subterráneas y superficiales. Algunos componentes de los residuos peligrosos, especialmente

aquellos que no son adsorbidos por los suelos donde se encuentran y con la infiltración de aguas lluvia dentro de los depósitos, se percolan o lixivian pasando a los aguas subterráneas, o por escorrentía pasan a las aguas superficiales. (Ver figura 14.2).

Dentro de los rellenos, igualmente se presenta degradación química y bioquímica, de la materia orgánica. Esto da lugar a la generación de gases tóxicos, que van a contaminar el aire, tales como el metano, ácido sulfídrico, dióxido de carbono, que son gases asfixiantes e irritantes, y además emanan vapores tóxicos de otros compuestos volátiles presentes en cualquier basura, como restos de solventes, pinturas, plaguicidas, tiner, varsol, entre otros.

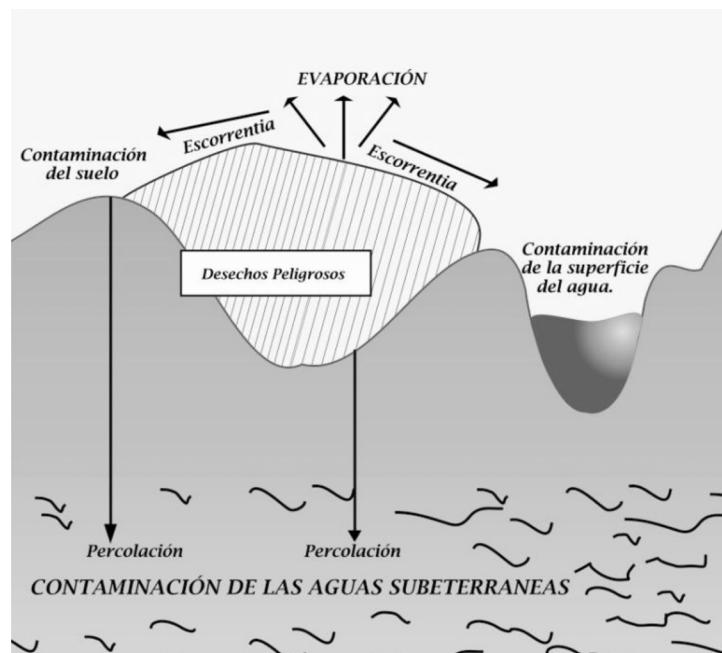


Tabla 14.1 Ejemplos de residuos peligrosos

El 7% del metano total generado por las actividades del hombre se derivan de los depósitos en tierra de los re-

siduos. En los cuerpos de agua, cuando existe una carga de contaminantes, especialmente de materia orgánica, el oxígeno disuelto disminuye, dando como resultado la extinción de cualquier forma de vida por la falta de oxígeno. Al acumularse en los ríos, los contaminantes orgánicos, algunos procesos anaeróbicos los descomponen para dar como resultado sustancias malolientes que es un indicativo de la putrefacción de dicha materia. Estos malos olores inhalados de forma continua, llevan a que la mucosa olfativa se atrofie. El contacto con la piel y la consiguiente penetración de agentes patógenos en la piel puede producir sarna y tiña; así mismo irritación e infección de los ojos.

14.7 Bibliografía

- BATSTONE, R., BANCO MUNDIAL / PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL AMBIENTE / ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. The safe disposal of hazardous wastes: special needs of developing countries. En World Bank technical paper, no.93. Washington, D.C., 1989.
- BENAVIDES, LIVIA Y RINCONES, MARIA. Memoria de la Primera reunión del Núcleo Técnico en Manejo de Residuos Peligrosos. Lima: CEPIS, nov. 1990.
- BODEN, P.J. Disposal of toxic wastes: 1. Electroplating and electrochemical machining wastes. En: Conservation and recycling. Vol. 1, pp. 111-119. Londres: Pergamon Press, 1976.

- CALVIN, C., BRONSTEIN, P. Emergency Care for Hazardous Material Exposure. Ed. Mosby, St Louis Missouri. 1994.
- CENTRO PANAMÉRICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. CEPIS. Proyecto de Minimización de Residuos de Curtiembres. Lima, 1991.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. USEPA. Waste Minimization opportunity assessment manual. En: EPA/625/7-88/003. New York, 1988.
- FREEMAN, H. Hazardous Waste Minimization. Ed. McGraw-Hill. London, 1990.
- LA GREGA, M., BUCKINGHAM P., JEFFREY E. Gestión de Residuos Tóxicos, tratamiento, eliminación . Ed. McGraw Hill, Madrid, 1996.
- MAVDT.Residuos Hospitalarios. Gestión Integral. Decreto 2676 de 2000.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL AMBIENTE.PNUMA. Convenio de Basilea sobre el control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación; Acta Final. S.l., 1989.
- YAKOWITZ, HARVEY. Hazardous waste management; and international overview. Presentado en: Conference on National Strategies for Managing Hazardous Waste. Melbourne, Australia, 1985.
- U.S. CONGRESS. The Resource Conservation and Recovery Act; Public Law 94-580, 94th Congress. Washington, D.C., 1976.

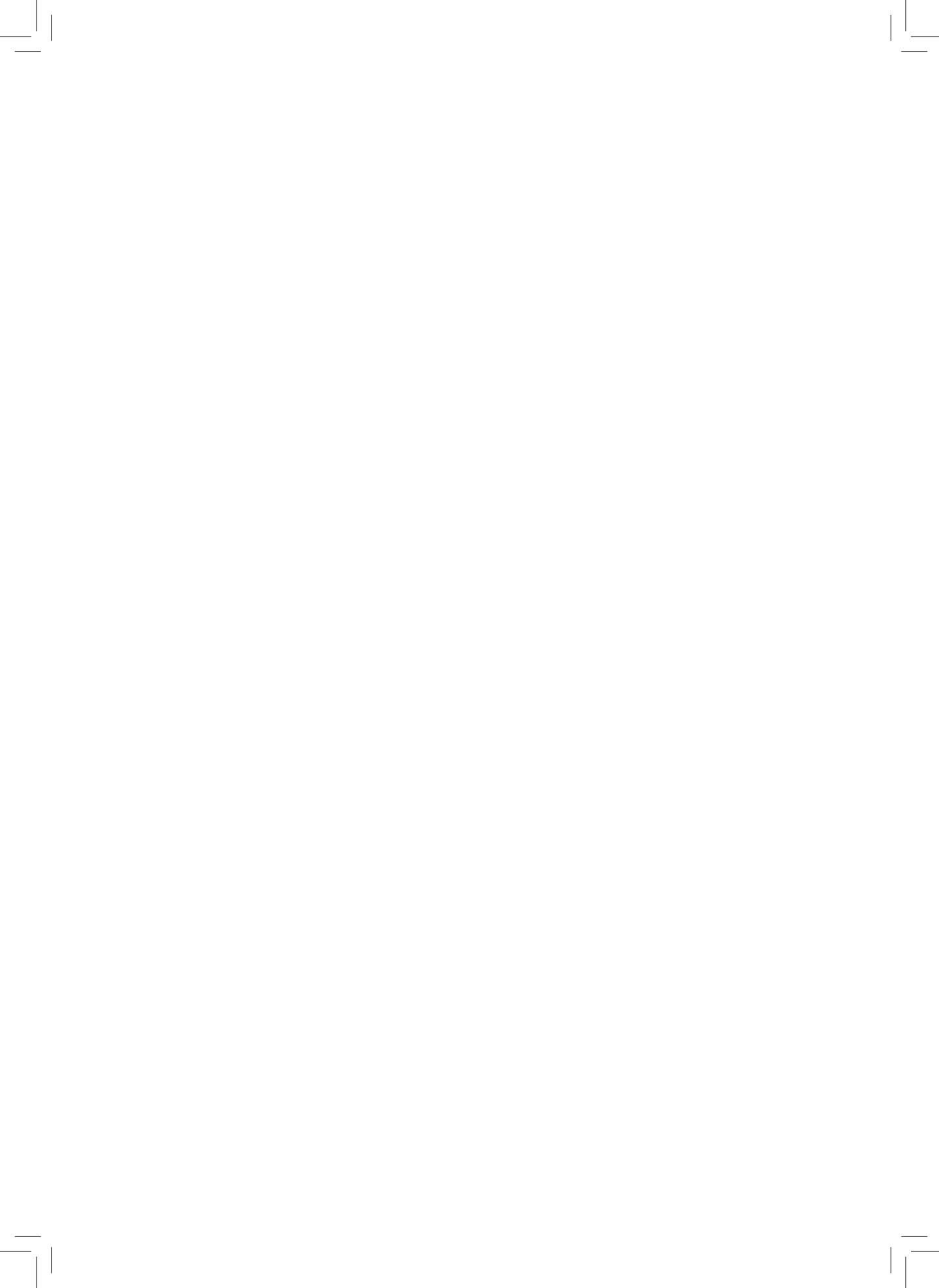




CAPÍTULO 15



*TECNOLOGÍA
LIMPIA*



15.1 Origen

Las acciones en materia ambiental en Colombia, se fundamentan en la Conferencia de las naciones unidas sobre medio humano, celebrada en Estocolmo en 1972. A partir de este año, se comenzó a introducir la temática ambiental en el ámbito constitucional y legal del país, sin embargo, la conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida como la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, ha contribuido en un hecho histórico para orientar el plan de acción en medio ambiente.

La declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, se compone de un preámbulo y veintisiete principios. De acuerdo con el interés de este capítulo se proclama, el Principio nueve: “Los Estados deberán cooperar en el fortalecimiento de su propia capacidad de lograr el desarrollo sostenible, aumentando el saber científico mediante el intercambio de conocimiento científico y tecnológico, e intensificando el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías, entre estas, tecnologías nuevas e innovadoras.

Otro instrumento de la declaración de Río, es la agenda 21. Este programa, compuesto por 40 capítulos, en los cuales se comprende las dimensiones social, económica y ecológica de lo que ha de ser el desarrollo sostenible.

En el capítulo 34 menciona las tecnologías limpias o saludables, como aquellas que “protegen el medio ambiente, contaminan menos, utilizan los recursos de una forma sostenible, reciclan más sus vertidos y productos y manejan los residuos de una manera más aceptable que las tecnologías a las cuales sustituyen.

No se trata solo de tecnologías meramente individuales sino de sistemas integrales que incluye procedimientos, productos, servicios y equipos, así como procesos que mejoran la organización y la gestión ambiental.”

15.2 Definición

Una tecnología limpia es la tecnología que al ser aplicada no produce efectos secundarios o transformaciones al equilibrio ambiental o a los sistemas naturales (ecosistemas).

Las tecnologías limpias tratan de reducir y evitar la contaminación, modificando el proceso y el producto.

La incorporación de cambios en los procesos productivos puede generar una serie de beneficios económicos a las empresas tales como la utilización más eficiente de los recursos y la reducción de los costos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

Una tecnología de producción limpia (T.P.L.) puede ser identificada de varias maneras: o permite la reducción de emisiones y descargas de un contaminante, o la reducción del consumo de energía eléctrica y agua, (sin provocar incremento de otros contaminantes), o logra un balance medioambiental más limpio, aún cuando la contaminación cambia de un elemento a otro.

En el caso de los procesos productivos, la T.P.L se orienta hacia la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas, y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones contaminantes y los desechos. En el caso de los productos, se orienta hacia la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida de los mismo, desde

la extracción de materias primas hasta su disposición final. En los servicios se orienta hacia la incorporación de la dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la prestación de los mismos.

La UNEP (United Nations Environment Programme), define producción más limpia como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente.

En este contexto, la tecnología más limpia es sólo un elemento integral, pero parcial, dentro del concepto de producción más limpia, ya que éste incluye otros elementos como las actitudes y prácticas gerenciales de mejoramiento continuo de la gestión ambiental.

15.3 Avances en Colombia

En los últimos 30 años, las políticas de control de la contaminación han ido evolucionando de los métodos conocidos como de “final de tubo” hasta las recientes tendencias, basadas en el principio de prevención, que cambia el cuestionamiento “¿Qué hacemos con los residuos ?”, y en su lugar “¿Qué podemos hacer para no generar residuos ?”. Sobre este principio se fundamenta PRODUCCION MAS LIMPIA.¹

En Colombia la Política Nacional de Producción más Limpia (PML) en Colombia, surge a partir del Programa de Producción más Limpia, iniciado en 1995 por el Ministerio del Medio Ambiente con la suscripción del Convenio Marco para una Producción más Limpia en

¹ Ver World Bank (1995): “National Environmental Strategies: Learning from Experience”.

conjunto con los principales gremios empresariales del país y el sector público minero energético.

La Producción más Limpia como mecanismo de política, aunque no es la única, es actualmente una de las alternativas de vanguardia para el manejo de problemas de contaminación. Su importancia radica en el hecho de que es una estrategia preventiva que utiliza un enfoque más proactivo que reactivo en la solución de los problemas.

Objetivos específicos de la Política Nacional Producción Mas Limpia (P.M.L.):

- Aumentar la eficiencia energética y la utilización de energéticos limpios.
- Prevenir y minimizar la generación de contaminantes.
- Prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas.
- Adoptar tecnologías limpias así como también prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental.
- Minimizar y aprovechar los residuos.
- Minimizar el consumo de recursos naturales y materias primas.

15.4 Aplicación de la Tecnología de Producción Limpia (T.P.L.)

En la industria, la tecnología limpia se implementa a través de cuatro medios o principios:

1. Cambios en el proceso o en las técnicas de fabricación. Se realizan desde modificaciones senci-

llas hasta cambios más avanzados que requieren esfuerzos de investigación y desarrollo.

2. Sustitución de materias primas por otras menos tóxicas, por ejemplo, la sustitución de hipoclorito por el ozono en el proceso de blanqueamiento de celulosa en la producción de papel.
3. Variaciones en los productos, por ejemplo el cambio de pinturas fabricadas con disolvente por pinturas al agua.
4. Reutilización de materiales en la propia planta de fabricación: Separación, tratamiento y recubrimiento de materiales útiles a partir de residuos, las así llamadas “sinergias de productos derivados”.

15.5 Estudio de caso tecnología limpias en residuos peligrosos.

Aspectos con alto significado ambiental

Actividad: Lavado de vehículos nuevos

Generación de descargas discontinuas de aguas residuales, dispuestas a la red de alcantarillado, previo paso por una trampa de grasa y residuos peligrosos en la operación de lubricación.

El principal agente contaminante lo constituye el aceite quemado; su acondicionamiento provoca pérdidas al suelo, con un impacto ambiental negativo.

Los efluentes del taller contienen restos de aceite que se desprenden del lavado de los recipientes.

Altas cantidades de desechos sólidos contaminados de aceite y grasa entre otros, como resultado de las reparaciones del área de mecánica.

Emisiones del taller por el manejo del combustible y solventes en el área de enderezado y pintura.

Alternativa limpia

Sistema de separación de la grasa de aguas residuales, acorde con el tamaño de los efluentes.

Cabina de pintura según las características del taller.

Aprovechamiento de residuos con la venta para reciclaje disponible en el país.

Benéficos Económicos y Ambientales

1. Ahorros obtenidos por el mejor uso de los recursos energéticos con producción mas limpia.

2. Disminución de 4836.33 Kg de CO₂ al año por concepto de 53,737 Kwh/año ahorrados.

3. Disminución del potencial de contaminación de 83.2 millones de litros de agua por la pérdida de aceite quemado en el efluente.

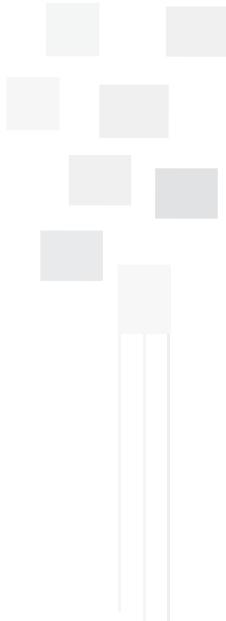
4. Reducción de la generación de emisiones causadas por el mal manejo de los solventes y demás derivados del petróleo típicos en un taller automotriz.

5. Reducción de la cantidad de desechos sólidos muy difíciles de degradar, tales como hierro, plástico, acero, entre otros.

15.6 BIBLIOGRAFÍA

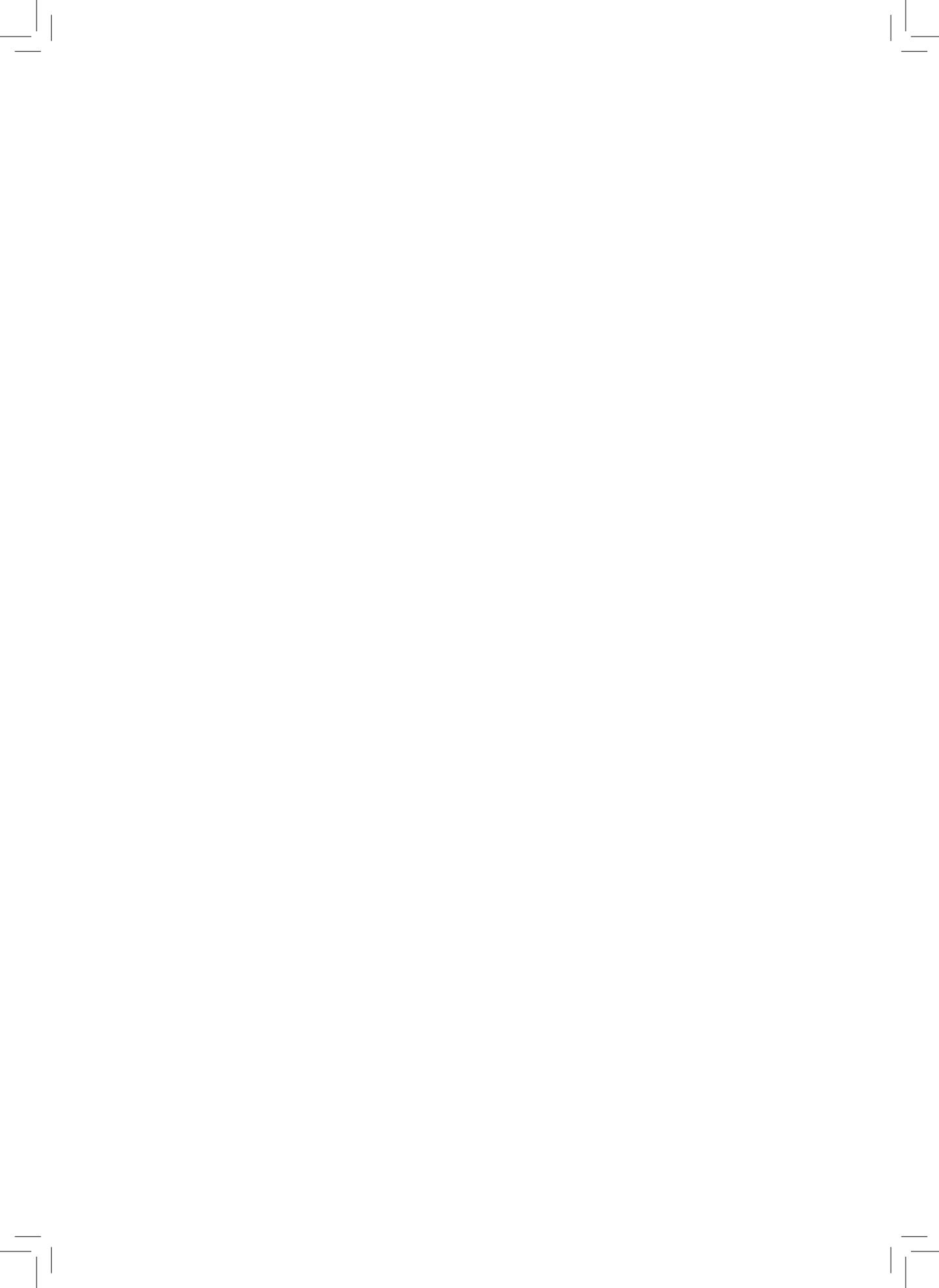
- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. 1.991.
- RED DE EMPRESAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Nicaragua.
- <http://www.fundacionsustentable.org/>
- http://www.produccion limpia.cl/que_es_pl/
- <http://www.minambiente.gov.co/>





ANEXOS





ANEXO No. 1

Fuentes de exposición, vías de ingreso, sistemas afectados y efectos en la salud de los principales agentes tóxicos.

AGENTE	FUENTES	VIAS DE INGRESO Y SISTEMAS AFECTADOS	EFFECTOS	OBSERVACIONES
Metales y sus Compuestos				
Arsénico	Aguas subterráneas, suelos, aleaciones con Cromo y Cobre	Inhalación de polvos y umos e ingestión de agua de pozos Neuromuscular Piel y Pulmonar	Disminución sensorimotora, diarreas, dermatitis, cáncer de piel, cáncer de pulmón	Reconocido carcinógeno humano
Berilio	Endurecedor de aleaciones, producción de energía nuclear	Inhalación de polvos y humos Pulmonar	Granulomatosis y fibrosis pulmonar	Cambios pulmonares
Cadmio	Electroplateado, niquelado, pilas, celulares	Inhalación o ingestión de humos Pulmonar, huesos	Enfisema, Nefrosis, Carcinógeno	Cancerígeno (IARC 2A)
Cromo	Cromado etales, curtiembres, pigmentos, fotografía	Inhalación, ingestión, piel Pulmonar, Piel	Dermatitis, úlceras, perforación del tabique nasal Cromo VI: cáncer pulmonar	Cromo VI: reconocido carcinógeno humano

AGENTE	FUENTES	VIAS DE INGRESO Y SISTEMAS AFECTADOS	EFFECTOS	OBSERVACIONES
Plomo	Baterías, pinturas, anticorrosivas, vitrales, imprentas, vidrios, industria militar, infraestructura metálica de industrias de alimentos, aditivos.	Ingestión de alimentos con residuos, inhalación de polvos y humos. Hematológico, Renal, Gastrointestinal Neuromuscular, Sistema nervioso central(SNC) y reproductivo	Anemia, nefropatía, cólicos, neuropatía periférica, encefalopatía, cambios morfológicos de los espermatozoides (infertilidad). Cáncer en diferentes órganos (IARC 2A)	Con tratamientos de quelación los efectos son reversibles con excepción del daño renal y algunos efectos del SNC
Mercurio				
1.Elemental	Electrónica, catalizador en síntesis química, amalgamas, equipos de medición exacta(termómetros)	Inhalación de vapores Pulmonar y SNC	Neumonitis, cambios de comportamiento, temblores finos de manos, párpados y labios	La toxicidad del mercurio depende de su forma química. Los mayores efectos son neurológicos y renales
2. Inorgánico	Las sales más usadas son losuros(mertiolate), en las minas están en forma de sulfuros	Ingestión e inhalación Renal y SNC	Cambios neurosiquiátricos, temblores finos, daños renales	
3.Orgánico	Los residuos de mercurio elemental arrojados a los cuerpos de agua pasan a mercurio orgánico.	Absorción gástricointestinal SNC, reproductivo	Neurotóxico Malformaciones congénitas	Único contaminante químico que produce malformaciones
Níquel	Aleaciones, electroplatedo, baterías, estabilizante de aceites lubricantes	Inhalación de polvos y humos Pulmonar y piel	Sensibilización por contacto Cáncer pulmonar y paranasal	

AGENTE	FUENTES	VIAS DE INGRESO Y SISTEMAS AFECTADOS	EFFECTOS	OBSERVA-CIÓNES
Hidrocarburos aromáticos				
Benceno	Por su volatilidad está presente en todos los hidrocarburos del petróleo, síntesis orgánica, disolvente	Inhalación y absorción cutánea. SNC, SNP , Piel y Mucosas Inhalación de vapores	Efectos narcóticos y depresión aguda del SNC. Leucemia y anemia aplásica, irritación de mucosas y piel	Reconocido carcinógeno humano
Tolueno	Solvente, pinturas, lacas, barnices, colorantes, pegantes, otros	Pulmonar, piel y mucosas externas Inhalación y absorción dérmica.	Depresión aguda del SNC, Neuropatías periféricas, Irritación de mucosas y piel	
Xileno	Solvente, plaguicidas	SNC, SNP, piel, Cardiovascular Inhalación y absorción percutánea SNC, SNP, cardiovascular	Depresión aguda del SNC, neuropatías periféricas, irritación de piel y mucosas, neumonitis, edema pulmonar	
Solventes				
Cetonas: acetona, metil- etil-cetona, metil-propil-cetona, metil n-butil cetona	Uso como solvente e intermediarios en la industria química	Inhalación y absorción cutánea. SNC, SNP , Piel y Mucosas	Depresión aguda del SNC. Irritación de mucosas y dermatitis	La metil-n-butil cetona (MBK), producen neuropatía periférica (perdida de la sensibilidad cutánea y del movimiento)
Formaldehído	Fijador de tejidos(embalsamiento de cadáveres) desinfectante, industria de textiles	Inhalación de vapores Pulmonar, piel y mucosas externas	Irritante de piel, mucosas y del tracto respiratorio, asma. Carcinógeno de las vías respiratorias	

AGENTE	FUENTES	VIAS DE INGRESO Y SISTEMAS AFECTADOS	EFFECTOS	OBSERVACIONES
Tricloroetileno (TCE)	Desengrasante, extracción de grasas, pinturas, adhesivos barnices y tintas	Inhalación y absorción dérmica. SNC, SNP, piel, Cardiovascular	Efectos narcóticos por depresión aguda del SNC, neuropatías periféricas. Irritación y dermatitis. Arritmias	
Percloroetileno (PCE)	Limpieza en Seco (lavanderías)	Inhalación y absorción percutánea SNC, SNP, cardiovascular	Depresión aguda del SNC, Neuropatía periférica y craneal Irritación de piel y mucosas, arritmias	Desmielinización de la columna vertebral, disruptor hormonal
Eteres de etilenglicol (Cellosolves)	Solventes para resinas, pinturas, lacas, gomas , pegantes, esmaltes y tintas	Inhalación de vapores y absorción percutánea SNC, S.reproductivo, Piel, Renal, Hepático, Hematópoiético	Resecamiento y escamación de la piel, Dermatitis, fatiga, temblores, encefalopatía Infertilidad, abortos	
Dioxano	Solvente de celulosa, colorantes, grasas, resinas polivinilo, ceras	Inhalación y absorción dérmica SNC, Renal, Hígado	Efectos narcóticos, Nefritis, Hepatitis	Es carcinógeno en varias especies animales
Bifenilos Policlorados (PCB)	Fluido dieléctrico(transformadores) y como retardante del fuego	Ingestión y absorción cutánea Piel, S. Inmunológico, Hígado, S. Hormonal,	Cloroacné, Malformaciones, Inmunosupresión, Hepatoxicidad, Cancerígeno (IARC 2A)	Están dentro del grupo de prohibición de Convenio de Estocolmo
Gases asfixiantes				
Metano, Hidrógeno, Nitrógeno	Ambientes cerrados, de una gran variedad de industrias	Inhalación SNC	Anoxia	Efectos tóxicos no específicos debido al desplazamiento del oxígeno

AGENTE	FUENTES	VIAS DE INGRESO Y SISTEMAS AFECTADOS	EFFECTOS	OBSERVA-CIÓNES
Monóxido de carbono	Combustión incompleta de materia orgánica (quema de basuras y combustibles de automotores)	Inhalación del gas Sangre (hemoglobina), SNC, Respiratorio y Cardiovascular	Cefalea, vértigo, vasodilatación periférica, sienes pulsátiles, convulsiones, hipoxia, efectos cardiorespiratorios	Los efectos dependen del % de Carboxihemoglobina Es el mayor contaminante en forma de gas del aire (54%)
Sulfuro de Hidrógeno	Producción de químicos que contienen azufre, putrefacción de materia orgánica	Inhalación del gas SNC y Pulmonar	Irritación del tracto respiratorio, asfixia	
Cianuro	Metalurgia y electroplateado, extracción del oro	Inhalación del gas, absorción percutánea e ingestión Enzimático y respiratorio	Asfixia y muerte por inhibición de la enzima de la respiración (citocromoxidas)	
Gases irritantes y corrosivos				
Amoníaco	Refrigeración, producción de Nitrogeno y fibras sintéticas, colorantes, lentes	Inhalación del gas Sistema Respiratorio	Disminución de la función pulmonar Es sensibilizante (asma) y corrosivo	
Acido Clorídrico	Manufactura química, electroplateado, curtientes, extracción de petróleo, caucho, fotografía y textiles	Inhalación del gas Respiratorio, piel y mucosas	Afectación del tracto respiratorio superior e inferior por sus efectos corrosivos	
Acido Fluorídrico	Industria del vidrio, plásticos, catalizador en la Industria del petróleo	Inhalación del gas Tracto respiratorio superior	Altamente corrosivo de piel y mucosas. Destruye la piel y produce quemaduras	

AGENTE	FUENTES	VIAS DE INGRESO Y SISTEMAS AFECTADOS	EFFECTOS	OBSERVACIONES
Dióxido de Azufre	Manufactura de químicos, blanqueo de textiles, quema de basuras y combustibles	Inhalación del gas Tracto respiratorio	Irritación de mucosas pulmonares, nasales y oculares	
Cloro	Fábricas de papel, textiles, tratamiento de aguas, manufactura de químicos	Inhalación del gas Tracto respiratorio	Irritación y efectos corrosivos del tracto respiratorio, neumonitis, edema pulmonar	Potente irritante de ojo, piel y mucosas
Flúor	Procesado del Uranio, manufactura de químicos que contienen Flúor	Inhalación del gas Tracto respiratorio	Afectación del tracto respiratorio medio por sus efectos corrosivos	Potente irritante de ojos, piel y mucosas
Ozono	Gas inerte, utilizado en la purificación del aire y agua, blanqueo de textiles, es emitido alrededor de equipos eléctricos de alto voltaje	Inhalación del gas Tracto respiratorio	Edema pulmonar retardado generalmente de 6-8 horas después de la exposición	Es un radical libre, puede producir aberraciones cromosómicas y tiene potencial carcinógeno
Oxidos de Nitrógeno	Producción de ácidos y de químicos, explosivos y subproducto de varios procesos industriales	Inhalación del gas Tracto respiratorio inferior	Irritación pulmonar, bronquilitis fibrosa, cambios bronco-obstrutivos	Contaminante del aire
Fosgeno	Producción y quemado de isocianatos, manufactura de colorantes, metallurgia, quemado de productos de tricloroetileno	Inhalación del gas Tracto respiratorio inferior	Edema pulmonar retardado (más de 12 horas)	

AGENTE	FUENTES	VIAS DE INGRESO Y SISTEMAS AFECTADOS	EFFECTOS	OBSERVA-CIÓNES
Plaguicidas				
1.Insecticidas organofosforados: Malation, Fenitrotion, Nevugon Diclorvos Tamaron Paration	Fumigaciones industriales, domésticas y agrícolas	Inhalación, Ingestión y absorción cutánea Neuromuscular	Síntomas ocasionados por el bloqueo de la enzima colinesterasa: Visión borrosa, diarrea, salivación, sudoración, lagrimeo, expectoración, miosis, fasciculaciones musculares	Intoxicación de tratamiento rápido con el antídoto que es la atropina. Se puede reactivar la enzima mediante el uso de oximas (protopan y contratió)
2. Carbamatos: Aldicarb, carbofuran, carbaryl, propoxur (baygon)	Fumigaciones industriales, domésticas y agrícolas	Inhalación, ingestión y absorción percutánea Neuromuscular	Igual que los insecticidas organofosforados	El tratamiento es igual que los organofosforados, aunque las joximas están contraindicadas
3.Insecticidas Organoclorados DDT, Toxafeno, Lindano, endosulfan	Fumigaciones de control sanitario (malaria) Prohibidos en el país desde 1993.	Inhalación, ingestión y absorción percutánea SNC	Estimulan el SNC, con altas dosis hay convulsiones y temblores	Se acumulan en tejido graso por años
4. Herbicidas Bipiridilos: paraquat y diquat	Aplicaciones agrícolas contra malezas y defoliante que ayuda a la recolección de las cosechas	Inhalación y absorción percutánea Pulmonar, piel	Fibrosis pulmonar irreversible. Extremadamente tóxico, corrosivo de piel y mucosas.	

ANEXO 2

Lista de agentes químicos y procesos industriales carcinógenos. IARC, 2000

Grupo 1. Carcinógenos para el ser humano

a. PROCESOS INDUSTRIALES Y EXPOSICIONES PROFESIONALES	Fabricación de alcohol isopropílico (proceso del ácido fuerte) Fabricación de auramina Fabricación de muebles Refinado del níquel Fundición del hierro y acero
b. QUÍMICOS Y GRUPOS DE PRODUCTOS QUÍMICOS	4-Aminobifenilo Arsénico y sus compuestos Bencidina Analgésicos con fenacetina Bis (clorometil)eter y clorometil eter de calidad técnica 1,4-Butanediol, dimetanosulfonato de Myrelan Ciclofosfamida Clorambucil Cloruro de vinilo Cromo y algunos de sus compuestos Dietilestilbestrol Estrógenos conjugados Formaldehído Gas mostaza Hollines alquitranes y aceites (incluye los quemados) Melfalan Metoxalen Metoxalen 2- Naftilamina Treasulfan

Grupo 2A. Probables carcinógenos humanos

Acrilonitrilo	Fenacetina
Aflatoxinas	Fabricación de magenta
Benzo(a)pireno	Níquel y algunos de sus compuestos
Berilio y sus componentes	Mostaza de nitrógeno
Contraceptivos orales combinados	Oximetolona
Sulfato de dietilo	Procarbazina
Sulfato de dimetilo	Plomo y sus compuestos
	Orto toluidina

Grupo 2B. Posibles carcinógenos humanos

Bifenilos policlorados	Fenazopiridina
Cadmio y sus compuestos	Estrona
Estradiol 17-B	Dibromuro de etíleno
Tetracloruro de carbono	Óxido de etíleno
Cloranfenicol	Etilentiourea
1-(2-cloroethyl)-3-ciclohexil-1-nitrosourea	Amitrol
Clorofenoles	Fenitoína
Cloroformo	Herbicidas fenoxiacéticos
DDT	Hidrazina
3,3 Diclorobencidina	Metronidazol
Cloruro de dimetilcarbamolio	Progesterona
1,4 Dioxano	Propiltiuracilo
2,4,6 Triclorofenol	Tetraclorodibenzo-para-dioxina
Auramina	Mostaza de uracilo

ANEXO 3

Listado de 25 sustancias peligrosas prioritarias según orden decreciente de prioridad (Toxicidad)

1. Arsénico
2. Plomo
3. Mercurio
4. Cloruro de vinilo
5. Benceno
6. Bifenilos policlorados (PCB)
7. Cadmio
8. Benzo (alfa) pireno
9. Benzo (beta) fluoranteno
10. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)
11. Cloroformo
12. Aroclor 1254 (es una de las siete mezclas comerciales de PCB)
13. p,p' – DDT
14. Aroclor 1260 (es una de las siete mezclas comerciales de PCB)
15. Tricloroetileno
16. Cromo hexavalente
17. Dibenzo (a,h) antraceno
18. Dieldrín
19. Hexaclorobutadieno
20. Clordano
21. Creosota
22. p,p' – DDE
23. Bencidina
24. Cianuro
25. Aldrín

Fuente: ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2005). Federal Year 2005. Agency Profile and Annual Report. US Department of Health and Human Services.

ANEXO 4

Aspectos toxicológicos de algunos monómeros y aditivos de plásticos

Monómero/Aditivo	Polímero	Efectos tóxicos
Etilenglicol	PET	Daño cerebral y renal
Etileno	PEBD PEAD	Irritación de mucosas: ocular, nasal y bucal (al quemar el plástico)
Cloruro de vinilo	PVC	Cancerígeno humano reconocido. Clasificado por la IARC en el grupo I. Cáncer de hígado, pulmones, cerebro. La comisión de alimentos de la Comunidad Europea permite 1 ppm en materiales de empaque y envase y de 0.01 en alimentos empacados.
Propileno	PP	Sin toxicidad
Estireno	PS	Al metabolizarse a su óxido se convierte en mutágeno. No hay suficiente evidencia de que sea carcinógeno. Se acumula en el tejido adiposo. Produce daño hepático. Al quemar el polímero hay irritación de mucosas. La FDA (Food, Drug Administration de USA) permite en el polímero 0.5% de estireno modificado.
Formaldehído		Carcinógeno humano reconocido. IARC grupo I
Acrilamida		Incontinencia urinaria
Metacrilato		Sensibilizante cutáneo
ADITIVOS:		
Nonilfenol		Antioxidante del PVC Y PS. Bloquea hormonas sexuales de los peces, afectando su reproducción.

Monómero/Aditivo	Polímero	Efectos tóxicos
Ftalatos		Sustancias plastificantes que le dan flexibilidad al plástico. Son disruptores endocrinos. Bloquea la hormona masculina testosterona produciendo el llamado “Síndrome del ftalato (disminución del tamaño del pene y testículos ascendidos). Ver disruptores endocrinos Capítulo III.
Cadmio, plomo y zinc.		Estabilizantes. El cadmio y plomo son probables carcinógenos. IARC. 2A. Son acumulables. Ver capítulo 9.
Anilinas		Colorantes, alteran la bioquímica sanguínea y producen cáncer de vejiga.

ANEXO 5

Efectos a largo plazo producidos por el empleo de los plaguicidas.

A. Trastornos neurológicos	
Neurotoxicidad retardada:	Ciertos organofosforados como leptofós y carbamatos como carbaril
Cambios de conducta:	Algunos insecticidas organofosforados
Lesiones del Sistema Nervioso Central:	Insecticidas organoclorados y organofosforados; fungicidas mercuriales
Neuritis periférica:	Herbicidas clorofenoxy, piretroides y algunos insecticidas organofosforados
B. Reproductivos	
Esterilidad en el hombre:	Dibromocloropropano (DBCP)
Disminución del índice de fertilidad:	Captán (en animales y posiblemente en hombres) y el Agente Naranja (2,4-D + 2,4,5-T)
C. Efectos cutáneos	
Dermatitis de contacto:	Paraquat; captafol; 2,4-D y mancozeb
Reacción alérgica:	Barbán, benomyl, DDT, lindano, zineb, malatión
Reacciones fotoalérgicas:	HCB, benomyl, zineb
Cloracné:	HCB, pentachlorofenol, 2,4,5-T por contaminación con policloro dibenzodioxinas y dibenzofuranos
Porfiria Cutánea Tardía	HCB

Continuación efectos a largo plazo producidos por el empleo de los plaguicidas.

D. Cáncer Carcinógenos para el hombre: Probablemente Carcinógenos para el hombre:	Compuestos arsenicales y aceites minerales Dibromuro de etileno, óxido de etileno, clordecona, clorofenoles, derivados del ácido fenoxiacético, DD'T, mirex, toxafeno, 1,3-dicloropropano, hexaclorobenceno, hexaclorociclohexano, nitrofen, ortofenilato de sodio y sulfalato
LA IARC (Agencia Internacional de Investigación del Cáncer) calificó como suficiente la evidencia de carcinogenicidad del DDT en animales de experimentación debido a un incremento de tumores de hígado relacionado con la dosis – respuesta, posterior a la aplicación subcutánea y administración oral en ratones y ratas y un incremento en la incidencia de nódulos hepáticos después de la administración oral en hamsters.	
E. Efectos oftalmológicos Formación de cataratas Atrofia del nervio óptico Alteraciones de la mácula	Diquat Bromuro de metilo Fentión
F. Efectos mutagénicos	Dibromuro de etileno
G. Neumonitis y fibrosis pulmonar	Paraquat
H. Efectos teratogénicos	Carbaril, captán, folpet, difolatán, pentacloronitrobenceno, paraquat, maneb, ziram, zineb y benomyl
I. Lesiones hepáticas	DDT, mirex, kepona, pentaclorofenol y compuestos arsenicales
J. Cistitis hemorrágica	Clordimeform
K. Inmunotóxicos	Organoclorados (Dicofol), Organofosforados (Triclorfón), Carbamatos Metálicos (Organo-estánicos), Paraquat

ANEXO 6

Estándares del reglamento nacional primario de agua potable. Documento EPA 815-F-OO7 de 2000.

Contaminante	MNNC1 (mg/l)	NMC o TT (mg/l)	Posibles efectos por exposición que supere el NMC	Fuentes de contaminación comunes en agua potable
<i>Químicos Inorgánicos</i>				
Antimonio	0.006	0.006	Aumento de colesterol en sangre; descenso de azúcar en sangre (aumento de colesterolhemia; hipoglicemia).	Efluentes de refinerías de petróleo; retardadores de fuego; cerámicas; productos electrónicos; soldaduras.
Arsénico	ninguno	0.05	Lesiones en la piel; trastornos circulatorios; alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales; agua de escorrentía de huertos; aguas con residuos de fabricación de vidrio y productos electrónicos.
Asbestos (fibras >10 micrómetros)	7 millones de fibras por litro (MFL)	7 MFL	Alto riesgo de desarrollar pólipos intestinales benignos.	Deterioro de cemento amiantado (fibrocemento) en cañerías principales de agua; erosión de depósitos naturales.
Bario	2	2	Aumento de presión arterial.	Aguas con residuos de perforaciones; efluentes de refinerías de metales; erosión de depósitos naturales.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

Berilio	0.004	0.004	Lesiones intestinales.	Efluentes de refinerías de metales y fábricas que emplean carbón; efluentes de industrias eléctricas, aeroespaciales y de defensa.
Cadmio	0.005	0.005	Lesiones renales.	Corrosión de tubos galvanizados; erosión de depósitos naturales; efluentes de refinerías de metales; líquidos de escorrentía de baterías usadas y de pinturas.
Cromo (total)	0.1	0.1	Dermatitis alérgica.	Efluentes de fábricas de acero y papel; erosión de depósitos naturales.
Cobre	1.3	Nivel de acción = 1.3; TT	Exposición a corto plazo: molestias gastrointestinales. Exposición a largo plazo: lesiones hepáticas o renales. Aquellos con enfermedad de Wilson deben consultar a su médico si la cantidad de cobre en el agua superara el nivel de acción.	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales; percolado de conservantes de madera.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

Cianuro (como cianuro libre)	0.2	0.2	Lesiones en el sistema nervioso o problemas de tiroides	Efluentes de fábricas de acero y metales; efluentes de fábricas de plásticos y fertilizantes
Flúor	4.0	4.0	Enfermedades óseas (dolor y fragilidad ósea) Los niños podrían sufrir de dientes manchados	Aditivo para agua para evitar caries; erosión de depósitos naturales; efluentes de fábricas de fertilizantes y de aluminio.
Plomo	cero	Nivel de acción = 1.5; TT	Bebés y niños: retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje. Adultos: trastornos renales; hipertensión	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales.
Mercurio (Inorgánico)	0.002	0.002	Lesiones renales	Erosión de depósitos naturales; efluentes de refinerías y fábricas; lixiviados de vertederos y tierras de cultivo.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

Nitrato (medido como nitrógeno)	10	10	<p>Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitratos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir. Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).</p> <p>Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitritos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir. Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).</p>	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales.
---------------------------------------	----	----	---	---

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

Nitrito (medido como nitrógeno)	1	1	Caída del cabello o de las uñas; adormecimiento de dedos de manos y pies; problemas circulatorios.	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales.
Selenio	0.05	0.05		Effuentes de refinerías de petróleo; erosión de depósitos naturales; efluentes de minas.
Talio	0.0005	0.002	Caída del cabello; alteración de la sangre; trastornos renales, intestinales o hepáticos.	Percolado de plantas procesadoras de minerales; efluentes de fábricas de vidrio, productos.

Químicos Orgánicos

Acrilamida	cero	TT	Trastornos sanguíneos o del sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Se agrega al agua durante el tratamiento de efluentes y de agua de alcantarillado.
Alaclor	cero	0.002	Trastornos oculares, hepáticos, renales o esplénicos; anemia; alto riesgo de cáncer.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.
Atrazina	cero	cero	Trastornos oculares, hepáticos, renales o esplénicos; anemia; alto riesgo de cáncer.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

Atrazina	0.003	0.003	Trastornos cardiovasculares o del sistema reproductor.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.
Benceno	cero	0.005	Anemia; trombocitopenia; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas; percolado de tanques de almacenamiento de combustible y de vertederos para residuos.
Benzo (a) pireno	cero	0.0002	Dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Percolado de revestimiento de tanques de almacenamiento de agua y líneas de distribución.
Carbofurano	0.04	0.04	Trastornos sanguíneos, del sistema nervioso o del sistema reproductor.	Percolado de productos fumigados en cultivos de arroz y alfalfa.
Tetracloruro de carbono	cero	0.05	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer	Efluentes de plantas químicas y de otras actividades industriales.
Clordano	cero	0.02	Trastornos hepáticos o del sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Residuos de termíticidas prohibidos.
Clorobenceno	0.01	0.01	Trastornos hepáticos o renales.	Efluentes de plantas químicas y de plantas de fabricación de agroquímicos.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

2,4-D	0.07	0.07	Trastornos renales, hepáticos o de la glándula adrenal.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.
Dalapon	0.2	0.2	Pequeños cambios renales.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
1,2-Dibromo-3- cloropropano (DBCP)	cero	0.0002	Dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Aguas contaminadas/percolado de productos fumigados en huertos y en campos de cultivo de soja, algodón y piña.
o-Diclorobenceno	0.6	0.6	Trastornos hepáticos, renales o circulatorios	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
p-Diclorobenceno	0.075	0.075	Anemia; lesiones hepáticas, renales o esplénicas; alteración de la sangre.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
1,2-Dicloroetano	cero	0.005	Alto riesgo de cáncer	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
cis-1, 2-dicloroetileno	0.07	0.07	Trastornos hepáticos	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

trans-1,2-Dicloroetileno	0.1	0.1	Trastornos hepáticos.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Diclorometano	cero	0.05	Alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas químicas y farmacéuticas.
1,2-Dicloropropano	cero	0.05	Alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Adipato de di-(2-etilhexilo)	0.4	0.4	Efectos tóxicos generales o dificultades para la reproducción	Efluentes de plantas químicas.
Ftalato de di-(2-etilhexilo)	cero	0.06	Dificultades para la reproducción; trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer	Efluentes de plantas químicas y de fabricación de goma.
Dinoseb	0.07	0.07	Dificultades para la reproducción	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas utilizados en soja y vegetales.
Dioxina (2,3,7,8-TCDD)	cero	0.00000003	Dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Diquat	0.02	0.02	Cataratas	
Endotal	0.1	0.1	Trastornos estomacales e intestinales.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

Endrina	0.002	0.002	Trastornos hepáticos.	Residuo de insecticidas prohibidos.
Epiclorohidrina	cero	TT	Alto riesgo de cáncer y a largo plazo, trastornos estomacales.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial; impurezas de algunos productos químicos usados en el tratamiento de aguas.
Etilbenceno	0.7	0.7	Trastornos hepáticos o renales.	Efluentes de refinerías de petróleo.
Dibromuro de etileno	cero	0.00005	Trastornos hepáticos, estomacales, renales o del sistema reproductor; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de refinerías de petróleo.
Glifosato	0.7	0.7	Trastornos renales; dificultades para la reproducción.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Heptacloro	cero	0.0004	Lesiones hepáticas; alto riesgo de cáncer	Residuos de termoicticidas prohibidos.
Heptacloroepóxido	cero	0.0002	Lesiones hepáticas; alto riesgo de cáncer	Descomposición de heptacloro.
Hexaclorobenceno	cero	0.01	Trastornos hepáticos o renales; dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de refinerías de metales y plantas de agroquímicos.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

Hexacloro- cí- clopentadieno	0.05	0.05	Trastornos re- nales o estomá- cales.	Efluentes de plan- tas químicas.
Metoxicloro	0.04	0.04	Trastornos hepá- ticos o renales.	Aguas contami- nadas/percolado de insecticidas usados en ganado, madera, jardines.
Oxamil (Vi- dato)	0.2	0.2	Efectos leves sobre el sistema nervioso.	Aguas contamina- das/percolado de insecticidas usados en manzanas, papas y tomates.
Bifenilos policlorados (PCB)	cero	0.0005	Cambios en la piel; problemas de la glándula timo; inmu- nodeficiencia; dificultades para reproducción o problemas en el sistema nervio- so; alto riesgo de cáncer.	Agua de escorren- tía de vertederos; aguas con residuos químicos.
Pentacloro- fenol	cero	0.001	Trastornos hepá- ticos o renales; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plan- tas de conservan- tes para madera.
Picloram	0.5	0.5	Trastornos hepá- ticos.	Aguas contamina- das por la aplica- ción de herbicidas.
Simazina	0.004	0.004	Problemas san- guíneos.	Aguas contamina- das por la aplica- ción de herbicidas
Estireno	0.1	0.1	Trastornos hepá- ticos, renales o circulatorios.	Efluentes de fábricas de goma y plástico; lixiviados de vertederos

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

Tetracloroetileno	cero	0.005	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas y empresas de limpieza en seco.
Tolueno	1	1	Trastornos renales, hepáticos o del sistema nervioso.	Efluentes de refinerías de petróleo.
Trihalometanatos totales (THM)	ninguno	0.01	Trastornos renales, hepáticos o del sistema nervioso central; alto riesgo de cáncer.	Subproducto de la desinfección de agua potable.
Toxafeno	cero	0.003	Problemas renales, hepáticos o de tiroides; alto riesgo de cáncer.	Aguas contaminadas/percolado de insecticidas usados en algodón y ganado.
2,4,5-TP (Silvex)	0.05	0.05	Trastornos hepáticos.	Residuos de herbicidas prohibidos.
1,2,4- Triclorobenceno	0.07	0.07	Cambios en glándulas adrenales.	Efluentes de fábricas de textiles.
1,1,1- Tricloroetano	0.20	0.2	Problemas circulatorios, hepáticos o del sistema nervioso.	Efluentes de plantas para engrasar metales y de otros tipos de plantas
1,1,2- Tricloroetano	3	5	Problemas hepáticos, renales o del sistema inmunológico.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Tricloroetileno	cero	5	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas para engrasar metales y de otros tipos de plantas.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

Cloruro de vinilo	cero	2	Alto riesgo de cáncer.	Percolado de tuberías de PVC; efluentes de fábricas de plásticos.
Xilenos (total)	10	10	Lesiones del sistema nervioso.	Efluentes de refinerías de petróleo; efluentes de plantas químicas.

Radionucleidos

Emisores de partículas beta y de fotones.	ninguno	4 milirems por año mrem/año)	4 milirems por año (mrem/año)	Desintegración radiactiva de depósitos naturales y artificiales de ciertos minerales que son radiactivos y pueden emitir radiación conocida como fotones y radiación beta.
Actividad bruta de partículas alfa	ninguno	15 picocurios por litro (pCi/l)	Alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales de ciertos minerales que son radiactivos y pueden emitir radiación conocida como radiación alfa.
Radio 226 y Radio 228 (combinados)	ninguno	5 pCi/l	Alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

<i>Microorganismos</i>				
Giardia lamblia	cero	TT8	Trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones).	Desechos fecales humanos y de animales.
Conteo de placas de bacterias heterotróficas (HPC)	N/A	TT	El HPC no tiene efecto sobre la salud; es sólo un método analítico usado para medir a variedad de bacterias comúnmente encontradas en el agua. Cuanto menor sea la concentración de bacterias en el agua potable, mejor mantenido estará el sistema.	Con el HPC se determina las diversas bacterias que hay en forma natural en el ambiente.
Legionella	cero	TT	Enfermedad de los legionarios, un tipo de neumonía .	Los coliformes se presentan naturalmente en el ambiente; los coliformes fecales y la E. coli provienen de heces fecales de humanos y de animales.

Continuación de los estándares del reglamento nacional primario de agua potable.

Coliformes totales (incluye coliformes fecales y E. coli)	cero	50%	Por sí mismos, los coliformes no constituyen una amenaza para la salud; su determinación se usa para indicar si pudiera haber presentes otras bacterias posiblemente nocivas.	Los coliformes se presentan naturalmente en el ambiente; los coliformes fecales y la E. coli provienen de heces fecales de humanos y de animales.
Turbidez	N/A	TT	La turbidez es una medida del enturbiamiento del agua. Se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficacia de la filtración. Por ejemplo, para determinar si hay presentes organismos que provocan enfermedades). Una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos causantes de enfermedades, como por ejemplo, virus, parásitos y algunas bacterias.	Agua de escorrentía por el terreno.
Vírus (entéricos)	cero	TT	Trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones).	Heces fecales de humanos y de animales.

Notas

Nivel Máximo del Contaminante (MNMC) Es el nivel de un contaminante en el agua potable por debajo del cual no se conocen o no se esperan riesgos para la salud. Los MNMC permiten contar con un margen de seguridad y no son objetivos de salud pública obligatorios.

Nivel Máximo del Contaminante (NMC) - Es el máximo nivel permitido de un contaminante en agua potable. Los NMC se establecen tan próximos a los MNMC como sea posible, usando para ello la mejor tecnología de tratamiento disponible y teniendo en cuenta también los costos. Los NMC son normas obligatorias.

Técnica de Tratamiento (TT) Proceso obligatorio, cuya finalidad es reducir el nivel de un contaminante dado en el agua potable.

Las unidades se expresan en miligramos por litro (mg/l) a menos que se indique otra cosa.

El plomo y el cobre se regulan mediante una Técnica de Tratamiento que exige la implementación de sistemas que controlen el poder corrosivo del agua. El nivel de acción sirve como un aviso para que los sistemas de agua públicos tomen medidas adicionales de tratamiento si los niveles de las muestras de agua superan en más del 10 % los valores permitidos. Para el cobre, el nivel de acción es 1.3 mg/l y para el plomo es 0.015mg/l.

Todos y cada uno de los sistemas de agua deben declarar al estado, por escrito, que si se usa acrilamida y epiclorohidrina para tratar agua, la combinación (o producto) de dosis y cantidad de monómero no supera los niveles especificados, a saber: acrilamida = 0.05% dosificada a razón de 1 mg/l (o su equivalente); epiclorohidrina =

0.01% dosificada a razón de 20 mg/l (o su equivalente).

La Regla de Tratamiento de Agua de Superficie requiere que los sistemas que usan agua de superficie o subterránea bajo influencia directa de agua de superficie, (1) desinfecten el agua y (2) filtren el agua o realicen el mismo nivel de tratamiento que aquellos que filtran el agua. El tratamiento debe reducir los niveles de Giardia lamblia (parásito) en un 99.9% y los virus en un 99.99%. La Legionella (bacteria) no tiene límite, pero la EPA considera que si se inactivan la Giardia y los virus, la Legionella también estará controlada. En ningún momento la turbidez (enturbiamiento del agua) puede superar las 5 unidades nefelométricas de turbidez (“NTU”) [los sistemas filtrantes deben asegurar que la turbidez no supera 1 NTU (0.5 NTU para filtración convencional o directa) en al menos el 95% de las muestras diarias de cualquier mes]; HPC- no más de 500 colonias por mililitro.

La Enfermedad de los Legionarios se produce cuando las personas susceptibles inhalan un aerosol que contiene Legionella, no cuando se bebe agua que contiene Legionella. Algunos tipos de Legionella pueden provocar un tipo de neumonía llamada Enfermedad de los Legionarios.

Coliformes fecales y E. coli son bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales. Los microbios que provocan enfermedades (patógenos) y que están presentes en las heces, causan diarrea, retortijones, náuseas, cefaleas u otros síntomas. Estos patógenos podrían representar un riesgo de salud muy importante para bebés, niños pequeños y personas con sistemas inmunológicos gravemente comprometidos.

ANEXO 7

Sustancias o materiales tóxicos. PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

Arsénico y sus compuestos
Cadmio y sus compuestos
Talio y sus compuestos
Berilio y sus compuestos
Mercurio y sus compuestos
Compuestos de Cromo hexavalente
Plomo y sus compuestos
Antimonio y sus compuestos
Fenoles y sus compuestos
Cianuros orgánicos e inorgánicos
Isocianatos
Compuestos organohalogenados con la exclusión de polímeros inertes
Solventes clorados
Solventes orgánicos
Biocidas y sustancias fitosanitarias
Productos a base de alquitrán
Compuestos farmacéuticos
Peróxido, cloratos, percloratos y nitruros
Éteres
Sustancias químicas de laboratorio no identificadas o nuevas
Amianto(polvos y fibras)
Selenio y sus compuestos
Teluro y sus compuestos
Residuos de industrias de dióxido de Titanio
Compuestos aromáticos policíclicos(con efectos carcinógenos)
Carbonilos metálicos
Compuestos solubles de cobre
Sustancias ácidas y/o básicas utilizadas en el tratamiento de metales
Aceites usados, minerales o sintéticos, en mezcla con agua o en emulsiones

ANEXO 8

Lista de residuos o desechos peligrosos por procesos o actividades reglamentados por Convenio de Basilea

Y1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas
Y2	Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos
Y3	Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos
Y4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos
Y5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera
Y6	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos
Y7	Desechos que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple
Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados
Y9	Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua
Y10	Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)
Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico
Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices
Y13	Desechos resultantes de la producción y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos
Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo

	o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el ambiente no se conozcan
Y15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente
Y16	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos
Y17	Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos
Y18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales

Desechos que tengan como constituyentes:

Y19	Metales carbonilos
Y20	Berilio, compuestos de berilio
Y21	Compuestos de cromo hexavalente
Y22	Compuestos de cobre
Y23	Compuestos de zinc
Y24	Arsénico, compuestos de arsénico
Y25	Selenio, compuestos de selenio
Y26	Cadmio, compuestos de cadmio
Y27	Antimonio, compuestos de antimonio
Y28	Telurio, compuestos de telurio
Y29	Mercurio, compuestos de mercurio
Y30	Talio, compuestos de talio
Y31	Plomo, compuestos de plomo
Y32	Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Y33	Cianuros inorgánicos
Y34	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
Y35	Soluciones básicas o bases en forma sólida
Y36	Asbesto (polvo y fibras)
Y37	Compuestos orgánicos de fósforo
Y38	Cianuros orgánicos
Y39	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de

	clorofenoles
Y40	Eteres
Y41	Solventes orgánicos halogenados
Y42	Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados
Y43	Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
Y44	Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas
Y45	Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).

ANEXO 9

Lista de residuos o desechos peligrosos por corrientes de residuos definidas por el MAVDT, 2005.

LISTA A

A1 Desechos metálicos o que contengan metales

A1010 Desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las siguientes sustancias:

- Antimonio
- Arsénico
- Berilio
- Cadmio
- Plomo
- Mercurio
- Selenio
- Telurio
- Talio

A1020 Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluídos los desechos de metal en forma masiva, cualquiera de las sustancias siguientes:

- Antimonio; compuestos de antimonio
- Berilio; compuestos de berilio
- Cadmio; compuestos de cadmio
- Plomo; compuestos de plomo
- Selenio; compuestos de selenio
- Telurio; compuestos de telurio

A1030 Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las siguientes sustancias:

- Arsénico; compuestos de arsénico/Mercurio;
- Compuestos de mercurio/Talio; compuestos de talio

A1040 Desechos que tengan como constituyentes: carbonilos de metal y compuestos de cromo hexavalente

A1050 Lodos galvánicos

A1060 Líquidos de desecho del decapaje de metales.

A1070 Residuos de lixiviación del tratamiento del zinc, polvos y lodos como jarosita, hematites, etc.

1080 Residuos de desechos de zinc no incluidos en la lista B

A1090 Cenizas de la incineración de cables de cobre recubiertos

A1100 Polvos y residuos de los sistemas de depuración de gases de las fundiciones de cobre

A1110 Soluciones electrolíticas usadas de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre

A1120 Lodos residuales, excluidos los fangos anódicos, de los sistemas de depuración electrolítica de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre

A1130 Soluciones de ácidos para grabar usadas que contengan cobre disuelto

A1140 Desechos de catalizadores de cloruro cúprico y cianuro de cobre

A1150 Cenizas de metales preciosos procedentes de la incineración de circuitos impresos no incluidos en la lista B

A1160 Acumuladores de plomo de desecho, enteros o triturados

A1170 Acumuladores de desecho sin seleccionar excluidas mezclas de acumuladores sólo de la lista B.

A1180 Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de éstos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB.

A2 Desechos que contengan principalmente constituyentes inorgánicos, que puedan contener metales o materia orgánica

A2010 Desechos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados

A2020 Desechos de compuestos inorgánicos de flúor en forma de líquidos o lodos, pero excluidos los desechos de ese tipo especificados en la lista B

A2030 Desechos de catalizadores, pero excluidos los desechos de este tipo especificados en la lista B

A2040 Yeso de desecho procedente de procesos de la industria química, si contiene.

A2050 Desechos de amianto (polvo y fibras)

A2060 Cenizas volantes de centrales eléctricas de carbón

A3 Desechos que contengan principalmente constituyentes orgánicos, que puedan contener metales y materia inorgánica

A3010 Desechos resultantes de la producción o el tratamiento de coque de petróleo y asfalto

A3020 Aceites minerales de desechos no aptos para el uso al que estaban destinados

A3030 Desechos que contengan, estén integrados o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes con plomo

A3040 Desechos de líquidos térmicos (transferencia de calor)

A3050 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas/adhesivos

A3060 Nitrocelulosa de desecho

A3070 Desechos de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma de líquido o de lodo

A3080 Desechos de éteres

A3090 Desechos de cuero en forma de polvo, cenizas, lodos y harinas que contengan compuestos de plomo hexavalente o biocidas

A3100 Carnazas y otros desechos del cuero o de cuero regenerado que no sirvan para la fabricación de artículos de cuero, que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas

A3110 Desechos del curtido de pieles que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas o sustancias infecciosas (véase el apartado

A3120 Pelusas - fragmentos ligeros resultantes del desmenuzamiento

A3130 Desechos de compuestos de fósforo orgánicos

A3140 Desechos de disolventes orgánicos no halogenados

A3150 Desechos de disolventes orgánicos halogenados

A3160 Desechos resultantes de residuos no acuosos de destilación halogenados o no halogenados derivados de operaciones de recuperación de disolventes orgánicos

A3170 Desechos resultantes de la producción de hidrocarburos halogenados alifáticos (tales como clorometano, dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo y epicloridrina)

A3180 Desechos, sustancias y artículos que contienen, consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración de igual o superior a 50 mg/kg

A3190 Desechos de residuos alquitranados (con exclusión de los cementos asfálticos resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos

A3200 Material bituminoso (desechos de asfalto) con contenido de alquitrán resultantes de la construcción y el mantenimiento de carreteras Se considera que el nivel de 50 mg/kg es un nivel práctico internacional para todos los desechos.

A4 Desechos que pueden contener constituyentes inorgánicos u orgánicos

A4010 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos farmacéuticos

A4020 Desechos clínicos y afines; es decir desechos resultantes de prácticas médicas, de enfermería, dentales, veterinarias o actividades similares, y desechos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación, el tratamiento de pacientes, o de proyectos de investigación

A4030 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no estén caducados

A4040 Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera

A4050 Desechos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes:

- Cianuros inorgánicos, con excepción de residuos que contienen metales preciosos, en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos
- Cianuros orgánicos

A4060 Desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua

A4070 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices

A4080 Desechos de carácter explosivo

A4090 Desechos de soluciones ácidas o básicas

A4100 Desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales

A4110 Desechos que contienen, consisten o, están contaminados con algunos de los productos siguientes:

- Cualquier sustancia de! grupo de los dibenzofuranos policlorados
- Cualquier sustancia del grupo de las dibenzodioxinas policloradas

A4120 Desechos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos

A4130 Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias incluidas en el anexo I

A4140 Desechos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados correspondientes a las categorías del anexoI

A4150 Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el ambiente no se conozcan.

A4160 Carbono activado consumido no incluido en esta lista.

ANEXO 10

Características de peligrosidad de los residuos o desechos según MAVDT, 2005

1. Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser corrosivo:

Característica que hace que un residuo o desecho por acción química, pueda causar daños graves en los tejidos vivos que estén en contacto o en caso de fuga puede dañar gravemente otros materiales, y posee cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Ser acuoso y presentar un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5 unidades.
- b) Ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor de 6.35 mm por año a una temperatura de ensayo de 55 °C.

2. Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser reactivo:

Es aquella característica que presenta un residuo o desecho cuando al mezclarse o ponerse en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos tiene cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud humana o al ambiente cuando se mezcla con agua.
- b) Poseer, entre sus componentes, sustancias tales como cianuros, sulfuros, peróxidos orgánicos que, por reacción, liberen gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo la salud humana o el ambiente.

- c) Ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes, confinados.
- d) Aquel que produce una reacción endotérmica o exotérmica al ponerse en contacto con el aire, el agua o cualquier otro elemento o sustancia.
- e) Provocar o favorecer la combustión

3. Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser explosivo:

Se considera que un residuo (o mezcla de residuos) es explosivo cuando en estado sólido o líquido de manera espontánea, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la salud humana y al ambiente, y además presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Formar mezclas potencialmente explosivas con el agua.
- b) Ser capaz de producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a temperatura de 25°C y presión de 1.0 atmósfera.
- c) Ser una sustancia fabricada con el fin de producir una explosión o efecto pirotécnico.

4. Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser inflamable:

Característica que presenta un residuo o desecho cuando en presencia de una fuente de ignición, puede arder bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, o presentar cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Ser un gas que a una temperatura de 20 °C y 1.0 atmósfera de presión arde en una mezcla igual o menor al 13% del volumen de aire.
- b) Ser un líquido cuyo punto de inflamación es inferior a 60 °C de temperatura, con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24% de alcohol en volumen.
- c) Ser un sólido con la capacidad bajo condiciones de temperatura de 25 °C y presión de 1.0 atmósfera, de producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y quema vigorosa y persistentemente dificultando la extinción del fuego.
- d) Ser un oxidante que puede liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.

5. Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser infeccioso:

Contiene agentes patógenos; los agentes patógenos son microorganismos (tales como bacterias, parásitos, virus, rickettsias y hongos) con suficiente virulencia y concentración como para causar enfermedades en los seres humanos o en los animales.

6. Característica que hace a un residuo peligroso por ser radiactivo:

Se entiende por residuo radioactivo, cualquier material que contenga compuestos, elementos o isótopos, con una actividad radiactiva por unidad de masa superior a 70 KBq/Kg (setenta kilos becquerelios por kilogramo) o 2nCi/g (dos nanocuries por gramo), capaces de emitir, de forma directa o indirecta, radiaciones ionizantes de naturaleza electromagnética que en su interacción

con la materia produce ionización en niveles superiores a las radiaciones naturales de fondo.

7. Característica que hace a un residuo peligroso por ser tóxico:

Se considera residuo o desecho tóxico aquel que en virtud de su capacidad de provocar efectos biológicos indeseables o adversos puede causar daño a la salud humana y al ambiente. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos o desechos que se clasifican de acuerdo con los criterios de toxicidad (efectos agudos, retardados o crónicos y ecotóxicos) definidos a continuación y para los cuales, según sea necesario, las autoridades competentes establecerán los límites de control correspondiente:

- a) Dosis letal media oral (DL 50) para ratas menor o igual a 200 mg/kg para sólidos y menor o igual a 500 mg/kg para líquidos, de peso corporal.
- b) Dosis letal media dérmica (DL 50) para ratas menor o igual de 1000 mg/kg de peso corporal.
- c) Concentración letal media inhalatoria (CL 50) para ratas menor o igual a 10 mg/l.
- d) Alto potencial de irritación ocular, respiratoria y cutánea, capacidad corrosiva sobre tejidos vivos.
- e) Susceptibilidad de bioacumulación y biomagnificación en los seres vivos y en las cadenas tróficas.
- f) Carcinogenicidad, mutagenecidad y teratogenecidad.
- g) Neurotoxicidad, inmunotoxicidad u otros efectos retardados.

- h) Toxicidad para organismos superiores y microorganismos terrestres y acuáticos,
- i) Otros que las autoridades competentes definan como criterios de riesgo de toxicidad humana o para el ambiente.

Además, se considera residuo o desecho tóxico aquel que, al realizársele una prueba de lixiviación para característica de toxicidad (conocida como prueba TCLP), contiene uno o más de las sustancias, elementos o compuestos que se presentan en la Tabla siguiente en concentraciones superiores a los niveles máximos permisibles en el lixiviado establecidos en dicha tabla.

Concentraciones máximas de contaminantes de los residuos o desecho peligrosos. (Prueba TCLP)

CONTAMINATE	NIVEL MAXIMO PERMISIBLE EN EL LIXIVIADO. mg/L
Arsénico	5.0
Bario	100.0
Benceno	0.5
Cadmio	1.0
Carbono Tetracloruro	0.5
Clordano	0.003
Clorobenceno	100.0
Cloroformo	6.0
Cromo	5.0
o-Cresol	200.0
m-Cresol	200.0

p-Cresol	200.0
Cresol	200.0
2,4 D	10.0
1,4 Diclorobenceno	7.5
1,2 Dicloroetano	0.5
1,1 Dicloroetileno	0.7
2,4 Dinitrotolueno	0.13
Endrín	0.02
Heptacloro y sus epóxidos	0.008
Hexaclorobenceno	0.13
Hexaclorobutadieno	0.5
Hexacloroetano	0.5
Plomo	0.3
Lindano	0.5
Mercurio	0.2
Metoxiclor	10.0
Metil etil cetona	200.0
Nitrobenceno	2.0
Pentaclorofenol	100.0
Piridina	5.0
Selenio	1.0
Plata	5.0
Tetracloroetileno	0.7
Toxafeno	0.5
Tricloroetileno	0.5
2,4,5 Triclorofenol	400.0
2,4,5 TP(Silvex)	2.0
Cloruro de vinilo	0.2

ANEXO 11

Operaciones de eliminación según el Convenio de Basilea

A. Operaciones que no pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa u otros usos

La sección A abarca todas las operaciones de eliminación que se realizan en la práctica.

D1	Depósito dentro o sobre la tierra (por ejemplo, rellenos, etc.)
D2	Tratamiento de la tierra (por ejemplo, biodegradación de desperdicios líquidos o fangosos en suelos, etc.)
D3	Inyección profunda (por ejemplo, inyección de desperdicios bombeables en pozos, domos de sal, fallas geológicas naturales, etc.)
D4	Embalse superficial (por ejemplo, vertido de desperdicios líquidos o fangosos en pozos, estanques, lagunas, etc.)
D5	Rellenos especialmente diseñados (por ejemplo, vertido en compartimientos estancos separados, recubiertos y aislados unos de otros y del ambiente, etc.)
D6	Vertidos en una extensión de agua, con excepción de mares y océanos
D7	Vertido en mares y océanos, inclusive la inserción en el lecho marino
D8	Tratamiento biológico no especificado en otra parte de este anexo que dé lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminan mediante cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A
D9	Tratamiento fisicoquímico no especificado en otra parte de este anexo que dé lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminan mediante cualquiera de las

D10	operaciones indicadas en la sección A (por ejemplo, evaporación, secado, calcinación, neutralización, precipitación, etc.)
D11	Incineración en la tierra
D12	Incineración en el mar
D13	Depósito permanente (por ejemplo, colocación de contenedores en una mina, etc.)
D14	Combinación o mezcla con anterioridad a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A
D15	Reempaque con anterioridad a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A
	Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A

B. Operaciones que pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa y otros usos

La sección B comprende todas las operaciones con respecto a materiales que son considerados o definidos jurídicamente como desechos peligrosos y que de otro modo habrían sido destinados a una de las operaciones indicadas en la sección A.

R1	Utilización como combustible (que no sea en 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 inorgánicas
	Regeneración de ácidos o bases
R6	Recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación
R7	Recuperación de componentes provenientes de

	catalizadores
R9	Regeneración u otra reutilización 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 R1 a R10
R12	Intercambio de desechos para someterlos a cualquiera de las operaciones numeradas R1 a R11
R13	Acumulación de materiales destinados a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección B

ANEXO 12

Códigos del sistema de clasificación de residuos peligrosos de los Estados Unidos.

CODIGO	DESCRIPCION
F001	Solventes halogenados usados en desengrase: tetracloroetileno, tricloroetileno, cloruro de metileno, 1,1,1-tricloroetano, tetracloruro de carbono, fluorocarbonos clorados y lodos de su recuperación
F002	Solventes halogenados gastados: tetracloroetileno, cloruro de metileno, tricloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, clorobenceno, 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano, o-diclorobenceno, triclorofluorometano
F003	Solventes no halogenados gastados: xileno, acetona, acetato de etilo, etilbenceno, eter etílico, n-butil alcohol, ciclohexanona y las colas de destilación de recuperación de estos solventes
F004	Solventes no halogenados usados: cresoles y ácido cresílico, nitrobenceno y cola de destilación de la recuperación de estos solventes
F005	Solventes no halogenados gastados: metanol, tolueno, metiletilcetona, metilisobutilcetona, disulfuro de carbono, isobutanol, piridina y cola de destilación para recuperación de estos solventes
F006	Lodos del tratamiento de aguas residuales provenientes de la galvanoplastia
F007	Soluciones gastadas de baños de tratamiento superficial con cianuro, provenientes de la galvanoplastia
F008	Lodos del fondo de tanques de baños de tratamiento superficial provenientes de la galvanoplastia

F009	Soluciones gastadas de baños de extracción y limpieza provenientes de la galvanoplastia
F010	Lodos de baños de enfriamiento provenientes de los baños de aceites del tratamiento térmico de metales
F011	Soluciones gastadas provenientes de la limpieza de pailas del tratamiento térmico de metales
F012	Lodos de tratamiento de aguas residuales provenientes de baños de enfriamiento del tratamiento térmico de metales
F013	Relaves de la flotación de operaciones de recuperación de minerales metálicos
F014	Sedimentos del fondo de las lagunas de tratamiento de aguas residuales de la cianuración en las operaciones de extracción de minerales metálicos
F015	Soluciones gastadas de baños con contenido de cianuro provenientes de las operaciones de extracción de minerales metálicos
F016	Lodos deshidratados de lavadores de gases de hornos de carbón y fundiciones
K001	Lodos de sedimentos del tratamiento de efluentes del proceso de preservación de la madera que utilizan creosota o pentaclorofenol
K002	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción del pigmento amarillo y naranja de cromo
K003	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción del pigmento naranja de molibdeno
K004	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción del pigmento amarillo de zinc
K005	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción de pigmentos de verde de cromo
K006	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la del pigmento verde de óxido de cromo (anhidro e hidratado)

K007	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción del pigmento azul de hierro
K008	Residuos de hornos de la producción del pigmento verde de óxido de cromo
K009	Colas de destilación de la producción de acetaldehido de etileno
K010	Fracciones de destilación de la producción de acetaldehido de etileno
K011	Corriente de fondo proveniente del “stripper” de residuos líquidos de la producción de acrilonitrilo
K012	Colas de destilación de la purificación final del acrilonitrilo en la producción del mismo
K013	Líquido del fondo de la columna de acetonitrilo en la producción del mismo
K014	Residuos de fondo de la columna de purificación de acetonitrilo de la producción de acrilonitrilo
K015	Residuos de fondo de la columna de destilación de cloruro de bencilo
K016	Fracción pesada o residuos de destilación de la producción de tetracloruro de carbono
K017	Cola de destilación de la columna de purificación en la producción de epicloridina
K018	Fracción pesada en la producción de cloruro etílico
K019	Fracción pesada de la destilación de dicloroetileno en la producción del mismo
K020	Fracción pesada de la destilación del cloruro de vinilo en la producción del monómero de cloruro de vinilo
K021	Residuo de catalizador acuoso de antimonio de la producción de fluorometanos
K022	Colas de destilación con contenido de alquitranes de la producción de fenol/acetona del cumeno
K023	Fracción leve de la destilación en la producción de anhídrido ftálico a partir de la naftalina

K024	Colas de destilación de la producción de anhídrido ftálico a partir de la naftalina
K025	Colas de destilación de la producción de nitrobenceno a través de la nitrificación del benceno
K026	Residuos de fondo del extractor en la producción de metiletilpiridinas
K027	Residuos de centrifugación de la producción de tolueno diisocianato
K028	Catalizador gastado del reactor de la hidrocloración en la producción de 1,1,1-tricloroetano
K029	Residuos del extractor a vapor en la producción de 1,1,1-tricloroetano
K030	Cola de destilación o fracción pesada de la producción combinada de tricloroetileno y percloroetileno
K031	Subproductos en forma de sales generados en la producción de MSMA y ácido cacodílico
K032	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción de clordano
K033	Aguas residuales y agua del lavador de gases de cloración del ciclopentadieno en la producción de clordano
K034	Residuos sólidos de la filtración de hexaclorociclopentadieno de la producción de clordano
K035	Lodos del tratamiento de aguas residuales generadas en la producción de creosota
K036	Colas de destilación en la recuperación de tolueno de la producción de disulfoton
K037	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la producción de disulfoton
K038	Aguas residuales del lavado y extracción en la producción de forato
K039	Torta de filtración del ácido dietilfosforoditioico en la producción de forato
K040	Lodo del tratamiento de aguas residuales en la producción de forato

K041	Lodos del tratamiento de aguas residuales en la producción de toxafeno
K042	Fracción pesada o colas de destilación del tetraclorobenceno en la producción de 2,4,5-t
K043	Residuos de 2,6-diclorofenol de la producción de 2,4-T
K044	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la manufactura y procesamiento de explosivos
K045	Carbón usado en el tratamiento de aguas residuales con contenido de explosivos
K046	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la manufactura, formulación y operaciones de manejo de compuestos iniciadores a base de plomo
K047	Aguas rosadas/rojas de las operaciones de TNT
K048	Sobrenadante de separadores tipo D.A.F. en las industrias de refinación de petróleo
K049	Sólidos de la emulsión de petróleo, residuo de la industria de refinación de petróleo
K050	Lodo de la limpieza de los tubos de los intercambiadores de calor de la industria de refinación de petróleo
K051	Lodos de los separadores API de la industria de refinación de petróleo
K052	Residuos con contenido de plomo del fondo de tanque de la industria de refinación de petróleo
K053	Recortes con cromo (wet blue) generados por la industria de curtido y acabado del cuero
K054	Lijados de cueros con cromo (wet blue) generados por la industria de curtido y acabado del cuero
K055	Polvo de rebajado generado por la industria de curtido y acabado del cuero
K056	Retenidos de las rejillas en las alcantarillas de la industria de curtido y acabado del cuero
K057	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la industria de curtido y acabado del cuero sin ribera

K058	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la industria de curtido y acabado del cuero
k059	Lodos del tratamiento de aguas residuales de la industria de curtido y acabado del cuero sin uso de cromo
K060	Lodos calcáreos con contenido de amoníaco de las operaciones de coqueificación
K061	Lodos o polvos del sistema de control de emisión de gases de la producción de acero primario en hornos eléctricos
K062	Baño de decapado gastado de las operaciones del acabado del acero
K063	Lodos del tratamiento con cal de los baños de decapado en las operaciones del acabado del acero
K064	Lodos y lechadas del espesamiento del “blow down” ácido en la producción de cobre primario
K065	Sólidos contenidos o retirados de lagunas de tratamiento de efluentes de la fundición de plomo primario
	Lodos del tratamiento de aguas residuales o del “blow down” ácido de la producción de zinc primario
K066	Lodos o lechadas calcáreas de ánodos electrolíticos de la producción de zinc primario
K067	Residuo de la planta de cadmio (óxido de fierro) en la producción de zinc primario
K068	

ANEXO 13

Acrónimos usados en toxicología

ABS	Alquil-Benceno-Sulfonato (Ingrediente activo de los detergentes)
IDA	Ingesta Diaria Aceptable
ADME	Absorción, Distribución, Metabolismo y Excreción (Toxicocinética)
ATP	Trifosfato de adenosina
BCF (FBC)	Bioconcentration factor. Factor de bioconcentración
BOD (DBO)	Demanda bioquímica de oxígeno
BTEX	Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno
CEM	Campos electromagnéticos
b.w. (p.c)	Peso corporal
CFCs	Cloro-Fluoro- Carbonos
CEn	Concentración efectiva para el n % de una Población
Cl50, 96H	Concentración Letal media a 96 horas de exposición (peces)
CI _n	Concentración inhibitoria para n% de una población
COPs	Compuestos Orgánicos Persistentes
DQO	Demanda química de oxígeno
DNA (ADN)	Ácido desoxirribonucléico
DLn	Dosis Letal para el n % de una población
IDA	Ingesta diaria Aceptable
DEn	Dosis efectiva para el n % de una población
DLn	Dosis Letal para el n % de una población
EEC	Concentración de exposición esti-

	mada
EED	Dosis de exposición estimada
EEL	Nivel de exposición ambiental
EQS	Estándar de calidad ambiental
ERA	Enfermedad Respiratoria Aguda
GAP (BPA)	Buenas prácticas agrícolas
GLP (BPL)	Buenas prácticas de laboratorio
HAPs	Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares
I-TEF	Factor internacional de equivalencia tóxica (dioxinas)
IRA	Infección Respiratoria Aguda
Koc	Coeficiente de partición del carbono orgánico
Kow	Coeficiente de partición octanol-agua
Log Kow	Logaritmo del coeficiente de partición octanol-agua
NOEL	Nivel o dosis sin Efecto Observable
NOEC	Concentración sin Efecto Observable
PAN	Peroxi-Acetyl-Nitrato (contaminante secundario oxidante del aire)
PCBs	Bifenilos Policlorados
PCE	Tetracloroetileno
PVC	Percloruro de Vinilo
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PEAD y PEAD	Polietileno de Baja y Alta Densidad
PET	Polietileno Tereftalato
TCE	Tricloroetileno
THM	Trihalometanos

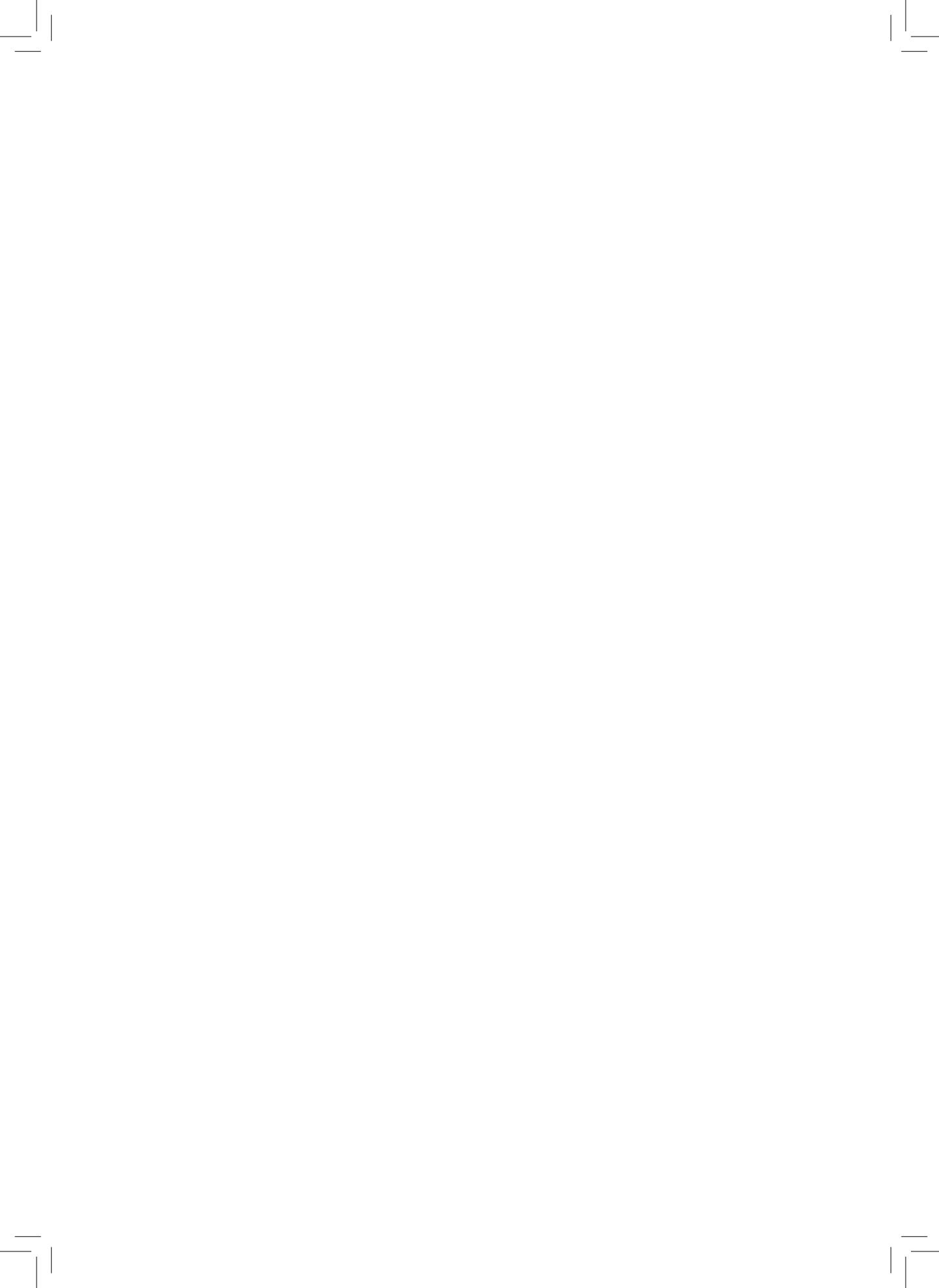
ANEXO 14

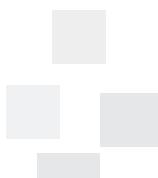
Acrónimos de organismos nacionales e internacionales

APTI	Instituto de Capacitación en la Contaminación del Aire. USEPA
ACGIH.	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AET	Asociación Española de Toxicología
ALATOX	Asociación Latinoamericana de Toxicología
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry.U.S
BIBRA	British Industrial Biological Research Association
CCPR	Codex Committee on Pesticide Residues
CDC	Center for disease Control and Prevention. U.S.
CE	Commission of the European Communities (Unión Europea)
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (USA)
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Perú)
CHIP	Classification, Hazard Information and Packaging (GBR)
COC	Committee on Carcinogenicity (GBR)
COM	Committee on Mutagenicity (GBR)
COSHH	Control of Substances Hazardous to Health Regulations (GBR)
CPL	Classification, Packaging and Labelling
DNP	Departamento Nacional de Planeación (Colombia)
DAMA	Departamento Administrativo del Ambiente (Bogotá)

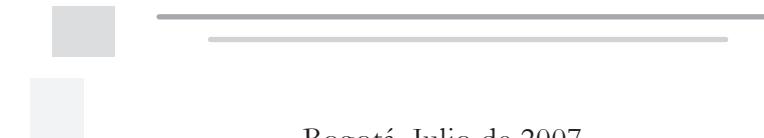
EAPCC	European Association of Poison Control Centres
EC	European Community, European Commission
ECETOC	Centro Europeo de Toxicología y Eco-toxicología de Químicos.
ECO	Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (Méjico)
EEC	European Economic Community
EIA	Environmental Impact Assessment
EINECS	European Inventory of Existing Chemical Substance
EPA	Environmental Protection Agency (USA), Same as USEPA
EUROTOX	Federación Europea de Toxicología
FAO	Food and Agricultural Organization (ONU)
FDA	Food and Drug Administrat
FSC	Food Safety Council, Washington DC (USA)
GEMS	Global Environmental Monitoring System
IAEA	International Atomic Energy Agency
IARC	International Agency for Research on Cancer (WHO)
ICNIRP	Comisión Internacional sobre la Protección de la Radiación Ionizante
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ILO	International Labour Office
INT	Instituto Nacional de Toxicología (España)
IPCS	International Programme on Chemical Safety
IRIS	Integrated Risk Information System (USA)

IRPTC	International Register of Potentially Toxic Chemicals
ISO	International Organization for Standardization
IUPAC	International Union of Pure and Chemistry
IUTOX	International Union for Toxicology
MAVDT	Ministerio del Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial (Colombia)
OMM	Organización Metererológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud.
OSHA	Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (USA)
OECD	Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (Europa)
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Ambiente
UNEP	Programa ambiental de las Naciones Unidas





TOXICOLOGÍA AMBIENTAL



Bogotá, Julio de 2007