

DESECHOS PELIGROSOS Y SALUD
EN
AMERICA LATINA Y EL CARIBE

Preparado por

Dr. Henk de Koning
Asesor Regional, HPE

Ing. Alvaro Cantanhede
Asesor, CEPIS

Sra. Livia Benavides
Consultora

con el apoyo del

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria
y Ciencias del Ambiente (CEPIS)

Abril 1994

PREFACIO

Los desechos peligrosos, producidos por establecimientos industriales y de atención de la salud, son uno de los temas ambientales importantes de nuestro tiempo. La cuestión crítica es, no sólo las cantidades cada vez más grandes que se producen a medida que los países continúan desarrollándose, sino también la creciente inquietud pública en cuanto a la repercusión que la disposición inadecuada de estos materiales tóxicos pueda tener en la salud humana.

Los objetivos de esta publicación son: 1) presentar un resumen general de los diversos aspectos de los desechos peligrosos según se relacionan con su repercusión potencial en la salud humana, y 2) examinar los resultados de una encuesta de la producción de desechos peligrosos que surge de las actividades industriales y de atención de la salud llevadas a cabo en 21 países de América Latina y el Caribe.

Este estudio forma parte del Programa Regional de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) sobre Control de Desechos Peligrosos, el cual sirve para apoyar y fortalecer la capacidad de los países de la Región para abordar con eficacia el problema de los desechos peligrosos y así proteger la salud humana y el ambiente. Se espera que este documento ayude a los ministerios de salud y otros organismos en la evaluación y el fortalecimiento de sus propias estrategias para proteger la salud humana de los efectos adversos de la exposición a desechos peligrosos.

Por este medio se reconoce cumplidamente el apoyo financiero que el Departamento Canadiense de Salud proporcionó para este trabajo, incluidas las encuestas en diferentes países que se describen en este documento.

Horst Otterstetter
Director
División de Salud y Ambiente

Washington, D.C , abril de 1994

RESUMEN EJECUTIVO

A pesar de las incertidumbres económicas del último decenio, la demanda de productos derivados de las sustancias químicas naturales y sintéticas y el uso de los mismos han seguido aumentando en la Región desde mediados de siglo. Hoy son pocos los aspectos de la sociedad moderna que no imponen una demanda cada vez mayor de artículos de consumo, productos químicos domésticos, agrícolas y para servicios, incluidas formas muy avanzadas de atención médica. Los resultados de este progreso científico y tecnológico, medidos por el aumento general de la calidad de la vida, no sólo han beneficiado a la humanidad sino también están empezando a crear una mayor conciencia de las consecuencias peligrosas para la calidad del medio ambiente.

El aumento de las inquietudes relacionadas con la gran variedad de materiales de desecho que producen las industrias y los establecimientos de servicios médicos asistenciales lleva a presiones del público para que se tomen medidas. Las principales inquietudes sobre la salud son las siguientes.

- ↔ Aumentos súbitos de los efectos adversos específicos en la salud (por ejemplo, el número de defectos de nacimiento, mayor esterilidad, etc.) presuntamente relacionados con los mayores niveles de una sustancia (o sustancias) tóxica particular en el aire, el agua, los alimentos o el suelo en la zona afectada.
- ↔ Exposiciones ocultas en las cuales las personas no son conscientes de su contacto con sustancias que posiblemente podrían llevar a procesos morbosos irreversibles (por ejemplo, el cáncer).

Para evaluar la situación con respecto a la producción y la eliminación de desechos peligrosos, la OPS inició en 1993 un estudio en 21 países de la Región. En la encuesta se incluyó a 15 industrias diferentes que por lo general son los productores más grandes de desechos peligrosos. El estudio comprendió el análisis de datos sobre cantidades de desechos peligrosos producidos por la industria y los establecimientos de atención de salud, su tratamiento de efluentes y sus métodos de eliminación de desechos peligrosos, así como información sobre los aspectos institucionales y legislativos de las actividades nacionales de control de desechos peligrosos en la Región.

Los resultados del estudio demuestran que:

- ↔ Un número relativamente pequeño de industrias produce un porcentaje grande de los efluentes contaminados y desechos peligrosos contaminados que se generan en la Región. Son las industrias de textiles, curtido, pulpa y papel, impresión, productos químicos básicos, fundiciones ferrosas y no ferrosas, y acabado de metales.
- ↔ Como era de esperarse, cerca de la mitad de los países encuestados, que son también los más industrializados, producen cantidades considerables de desechos peligrosos per cápita, mientras el resto produce claramente mucho menos.

- ↔ Con pocas excepciones, los efluentes que contienen desechos potencialmente peligrosos se tratan sólo en forma no especificada o esporádica, o no reciben tratamiento alguno.
- ↔ Los métodos de eliminación final de desechos peligrosos industriales por lo general se consideran inadecuados, lo que aumenta el riesgo para el deterioro ambiental.
- ↔ Los desechos de establecimientos de atención de salud a menudo se dispongan como desechos domésticos, lo que plantea un riesgo directo a los trabajadores de salud y los recolectores de basura.
- ↔ Se ha iniciado en la mayoría de los países de la Región la consideración de aspectos institucionales y legislativos de los desechos peligrosos. Sin embargo, en ninguna parte se ha observado una infraestructura adecuada que posea los medios administrativos y tecnológicos necesarios para tratar las cantidades de desechos peligrosos que están generándose.

Durante la realización de la encuesta, hubo pruebas claras de que existe plena conciencia de los peligros potenciales que para la salud entraña la exposición a productos químicos peligrosos y otras formas de desechos. Esta conciencia puede haber sido estimulada por varias actividades internacionales como la conclusión del Convenio de Basilea en 1987, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), que se celebró en Río de Janeiro en 1992 y, más recientemente, mediante la celebración del Tratado de Libre Comercio (TLC) de América del Norte. Además, hay un conjunto creciente de pruebas científicas, toxicológicas y médicas que indica que la exposición a un gran número de sustancias relativamente comunes puede causar daño considerable a la salud.

Atendiendo a la información presentada en este documento, y otros que se han citado, las recomendaciones principales son las siguientes:

- ↔ que se lleven a cabo estudios adicionales para confirmar y ampliar las conclusiones a las que se llega en este documento,
- ↔ que la OPS, en cooperación con otras instituciones regionales pertinentes, establezca una base de datos computarizada permanente con información sobre desechos peligrosos (producción, metodología de eliminación y legislación),
- ↔ que se prepare y lleve a cabo un programa integral de colaboración técnica, con apoyo interinstitucional, para fortalecer las prácticas de eliminación de desechos peligrosos en los países de la Región, con el fin de proteger la salud de las personas y de la comunidad,
- ↔ que la OPS, en cooperación con otras instituciones regionales pertinentes, desarrolle y fortalezca más un sistema integral regional de referencia para información epidemiológica y toxicológica sobre sustancias químicas, vinculado a las bases internacionales de datos

INDICE

Página

1. INTRODUCCION	1
2. ¿QUE SON LOS DESECHOS PELIGROSOS?	3
3. REPERCUSION DE LOS DESECHOS PELIGROSOS EN LA SALUD	6
3.1 Condiciones de Exposición	6
3.2 Riesgo para la Salud Humana	8
3.2.1 Lesiones Hepáticas y Renales	9
3.2.2 Efectos Carcinogénicos	10
3.2.3 Efectos en la Reproducción y Desarrollo Fetal y Neonatal	11
3.2.4 Efectos inmunitarios	12
3.2.5 Efectos Neurales	12
4. DESECHOS PELIGROSOS DE LA INDUSTRIA	13
4.1 Descripción del Procedimiento de Estimación de Desechos	13
4.2 Descripción del Método de la Encuesta	16
4.3 Presentación y Discusión de los Resultados	16
4.3.1 Estimaciones de los Desechos Peligrosos Industriales	16
4.3.2 Resumen del Tratamiento de Efluentes	20
4.3.3 Prácticas de Disposición de Desechos Peligrosos	21
5. DESECHOS PELIGROSOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE ATENCIÓN DE SALUD	21
5.1 Descripción del Procedimiento de Estimación de Desechos	21
5.2 Presentación y Discusión de los Resultados	23
5.2.1 Estimaciones de los Desechos Peligrosos Producidos por los Establecimientos de Atención de Salud	23
5.2.2 Prácticas de Disposición de Desechos Peligrosos	24
6. EVALUACION DE LA LEGISLACION Y CAPACIDAD INSTITUCIONAL PERTINENTES	24
6.1 Legislación de Desechos Peligrosos	26
6.2 Capacidad Institucional	27

7. CONVENIOS INTERNACIONALES	28
7.1 Convenio de Basilea	28
7.2 Tratado de Libre Comercio de América del Norte	30
8. CONCLUSIONES	30
9. RECOMENDACIONES	32
10. REFERENCIAS	33

ANEXOS

I. Listado de Características Peligrosas	39
II. Categorías de Desechos que se Deben Controlar	42
III. Evaluación de Carcinogenicidad de las Sustancias y Procesos Químicos	44
IV. Cuestionario sobre Generación y Gestión de Residuos	48
V. Lista de Consultores, Ingenieros de País y/o Contactos de OPS	55
VI-A. Estimaciones de Producción Anual de Desechos en Países Encuestados	56
VI-B. Proyección de la Generación Anual de Residuos Peligrosos en los Países Encuestados	57
VII. Resumen de Producción de Residuos Peligrosos por Industria	58
VIII. Encuesta de Métodos de Tratamiento de Efluentes en Algunos Países Seleccionados	59
IX. Prácticas de Disposición de Residuos Sólidos en Algunos Países Seleccionados	60
X. Estimados de Generación de Residuos Hospitalarios en Países Seleccionados	61
XI. Resumen de Prácticas de Manejo de Residuos en Países Seleccionados de la Región	62

1. INTRODUCCION

La inquietud mundial sobre los desechos peligrosos como uno de los principales problemas ambientales y sociales surgió durante los años setenta como resultado de una mayor toma de conciencia con respecto a la toxicidad potencial de los productos químicos para el ser humano y su persistencia en el ambiente. Los materiales de desecho son los que no tienen uso directo y se descartan en forma permanente. Constituyen una categoría específica que, debido a su cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas, pueden 1) causar un aumento de la mortalidad o un aumento de enfermedades graves irreversibles o reversibles que producen invalidez, o contribuir significativamente a ello, o 2) plantear un riesgo sustancial real o potencial a la salud humana o al medio ambiente cuando son tratados, almacenados, transportados, eliminados o manejados en forma indebida (USEPA, 1986). Los desechos radiactivos, que son generalmente objeto de otros tipos de sistemas de control, como convenios internacionales, se excluyen del alcance de este informe.

De esta definición se puede ver que varias operaciones industriales y agropecuarias y actividades de atención de salud (se prefiere este término pues abarca desechos de un amplio espectro de establecimientos de atención de salud, incluidos hospitales) son las principales fuentes de desechos peligrosos. Otra fuente de desechos peligrosos que se está volviendo considerable, en particular en los países industrializados, son las unidades familiares, que cada vez más usan y eliminan una gran variedad de productos químicos, incluyendo insecticidas, baterías que contienen mercurio, restos de medicamentos, etc. Con respecto a las fuentes de desechos peligrosos, puede hacerse la siguiente caracterización general:

- * Hay fuentes de gran escala de desechos peligrosos (una refinería, un hospital, etc.) y fuentes de pequeña escala (pequeñas y micro industrias de curtiembres, por ejemplo consultorios de salud, etc). Esta distinción es importante desde el punto de vista del control. En lo que respecta a las fuentes de gran escala, a menudo es económicamente factible tener instalaciones apropiadas de tratamiento y eliminación en el lugar, que sean seguras desde el punto de vista ambiental, debido a su tamaño. Por otro lado, las fuentes más pequeñas (menos de 100 kg de desechos peligrosos por mes) necesitarán depender de algún tipo de instalación colectiva para el tratamiento y eliminación, que es más complejo de manejar y controlar.
- * Las fuentes de desechos peligrosos por lo general se concentran en zonas bien definidas, como las ciudades, las áreas industriales o ciertas regiones de un país. En el Brasil, por ejemplo, el 70% de todos los desechos peligrosos industriales se generan en las regiones del sudeste y del sur; los estados del nordeste tal vez contribuyan con un 20%, dejando el 10% restante al resto del país, lo cual da una modalidad de fuente puntual muy dispersa (Sampaio, 1991). Situaciones similares ocurren en la mayoría de los otros países de América Latina y el Caribe. La consecuencia de esta situación es que el riesgo del deterioro ambiental y, en consecuencia, los efectos adversos para la salud son mucho mayores en ciertas zonas bien definidas de la mayoría de los países.

- * Los problemas de los desechos peligrosos tienden a ser especialmente graves en países en desarrollo en los que el sector industrial está aumentando rápidamente para mejorar las condiciones económicas. La tendencia en estas circunstancias puede ser aplazar el establecimiento de instalaciones adecuadas de tratamiento y eliminación de desechos peligrosos. El resultado neto de la inacción produciría aumentos inmediatos de los niveles de productos químicos u otros materiales peligrosos en nuestros alimentos, agua, suelo y aire. Hay numerosos ejemplos de tales situaciones donde, por ejemplo, la presencia de productos químicos en el agua está relacionada con aumentos de diversas formas de defectos de nacimiento (este tema se trata en más detalle en una publicación reciente de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), De Koning, 1992, págs. 42-47). Otros problemas a más largo plazo se relacionan con vertederos viejos rellenos con mezclas de desechos que en su mayor parte no se pueden identificar. Tales vertederos se han vuelto una gran preocupación para comunidades aledañas y especialistas sanitarios y ambientales por igual. Un ejemplo de esta situación es el vertedero de desechos en el Paraguay donde se enterraron unas 20 toneladas de malatión, que quedaron de una campaña de lucha antivectorial. Como parte de una campaña más amplia realizada por los periódicos locales contra las importaciones de desechos peligrosos, este material enterrado se ha convertido en motivo de preocupación.

Los desechos peligrosos figuran entre las prioridades más altas para la protección ambiental. Con el fin de fortalecer el programa regional de la OPS en el área de desechos peligrosos, se inició un estudio para recoger datos sobre las fuentes y los tipos de desechos en diferentes países, así como otros tipos de información conexa. En el Capítulo 4 y 5 se presentan más detalles sobre este estudio y sus resultados, los cuales respaldan los siguientes objetivos:

- * proporcionar un análisis detallado de la situación de los desechos peligrosos en la Región, incluidos la generación y control de los desechos de la industria y de los establecimientos de atención de salud;
- * constituir la primera fase de una base de datos regional para los desechos peligrosos; y
- * proporcionar una justificación para que el Programa Regional de la OPS brinde asistencia técnica a los países de la Región con el objeto de mejorar su capacidad de proteger la salud humana de los efectos adversos de la exposición a diversos desechos peligrosos.

2. ¿QUE SON LOS DESECHOS PELIGROSOS?

Los procesos industriales así como diversos establecimientos de atención de salud producen desechos, algunos de los cuales no son peligrosos y caen dentro de la categoría de residuos sólidos; el resto, los desechos peligrosos, necesitan precauciones especiales durante su eliminación. Si bien ambos tipos de desechos se resumen en este documento, se da énfasis especial a los desechos peligrosos.

En el Anexo I se presenta una lista de las propiedades peligrosas de las sustancias, tomada del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1989. Cabe observar que tales propiedades pueden ser: explosivos, inflamables, oxidantes, tóxicos (venenos) agudos, sustancias infecciosas, corrosivos y sustancias tóxicas. En este contexto, venenoso se refiere a los efectos agudos mientras que tóxico se refiere a los efectos retardados o crónicos en la salud. Por lo tanto, se considera peligroso cualquier material de desecho que presente alguna de estas propiedades, o una combinación de las mismas. Como ya se ha observado, se excluyen los desechos radiactivos.

El Anexo II incluye una lista de categorías de desechos que deben controlarse en el marco del Convenio de Basilea (véase la sección 7 de este informe). Esta lista proporciona información relativamente detallada sobre varias industrias (incluida la de la atención de salud) y los elementos químicos constitutivos de los desechos que deben controlarse (UNEP, 1989).

Resumiendo los dos párrafos anteriores, los desechos peligrosos se definen, por lo tanto, de dos maneras. Primero, las sustancias se consideran peligrosas si presentan ciertas características, como las de ser inflamables, corrosivas, reactivas, tóxicas o patógenas. Segundo, se identifican unas 45 fuentes de desechos y elementos químicos constitutivos específicos (véase además, the Congress of the United States 1985). En efecto, esto constituye una clasificación que está orientada a las características químicas y físicas de diferentes tipos de desechos, así como a la fuente que los genera.

Un esquema general que ilustra la relación entre ciertos tipos de desechos peligrosos y los procesos industriales se presenta en el Cuadro I. Actualmente hay varios sistemas diferentes de clasificación de desechos peligrosos en uso. Algunos de estos son menos detallados que el que se presenta en el Cuadro I, mientras otros incluyen información más pormenorizada. Con frecuencia, el formato de clasificación así como su nivel de detalle se determinan mediante el uso que se hará de los datos. En términos generales, sin embargo, se prefieren los sistemas que incorporan la Clasificación Industrial Internacional Unificada de las Naciones Unidas (UN, 1980), ya que facilitan la comparación de los resultados entre los estudios y las encuestas en diferentes regiones y países. La jerarquía de categorías empleadas en este código consta de divisiones principales (código de un sólo dígito), divisiones (códigos de dos dígitos), grupos principales (códigos de tres dígitos) y grupos (códigos de cuatro dígitos).

CUADRO I
La Clasificación Industrial Internacional Unificada (CIIU)
y los desechos peligrosos típicos generados por la industria

CIIU	Descripción	Desechos típicos generados
321	Textiles	Solventes residuales, desechos de tintes y acabado, aceites residuales no emulsionados, solventes no halogenados
3231	Cuero y productos de cuero	Lodo de curtido, grasas, aceites, lodo de tratamiento de aguas residuales, solventes halogenados y no halogenados
331	Madera aserrada y productos de madera	Solución mezclada alcalina y ácida, lodo de sedimento de fondos de tanques, lodo de tratamiento de efluentes, solventes no halogenados
34	Papel y productos afines	Solventes halogenados y no halogenados, lodos de metales pesados, lodos ácidos, aceites residuales, sedimentos de fondos de tanques, resinas y tintas
3511 3512 352	Productos químicos y afines	Solventes halogenados y no halogenados, aceites residuales, soluciones ácidas y alcalinas, lodos de metales pesados, solventes inorgánicos, hidrocarburos clorados, fenoles, resinas líquidas, ácidos, desechos de bacterias y biológicos, desechos animales y sanguíneos, desechos infecciosos, lodos de pintura y sólidos, fondos de destiladores, desechos de plaguicidas, aceite de petróleo, residuos de tinta
353 354	Productos de petróleo y de carbón	Lodos y soluciones alcalinas, catalizadores usados, ácidos usados, arcillas aceitosas, soluciones ácidas, sólidos inorgánicos, aceites residuales, solventes halogenados y no halogenados, fenoles, sustancias cáusticas usadas
3513	Goma y plásticos	Aceites de procesos aromáticos, solventes halogenados y no halogenados, hidrocarburos de petróleo, sólidos y lodos fenólicos, aceites residuales, desechos de pintura, plásticos, resinas
37	Metales primarios	Lodos con metales pesados, licores de baños limpiadores de metales, soluciones ácidas, desechos de neutralización cáustica, soluciones ácidas y alcalinas, aceites residuales, lodos del acabado de metales, solventes halogenados y no halogenados, sólidos inorgánicos, lodos de depuración
381	Productos metálicos fabricados	Solventes halogenados y no halogenados, lodo de pinturas, lodos de metales pesados, soluciones ácidas y alcalinas, cianuros, aceites residuales, desechos altamente tóxicos, solventes halogenados, fondos de destiladores halogenados, aceites emulsionados, sustancias orgánicas policloradas, desechos explosivos, lodos inorgánicos

CIU	Descripción	Desechos típicos generados
382	Maquinaria (excepto eléctrica)	Aceites residuales, soluciones ácidas y alcalinas, desechos de pintura, solventes halogenados y no halogenados, lodos de metal pesado
383	Maquinaria eléctrica y electrónica	Solventes halogenados y no halogenados, soluciones de metal pesado, soluciones ácidas y alcalinas, aceites residuales, soluciones de cianuro, soluciones fenólicas, lodos del acabado de metales, sólidos orgánicos, lodos metálicos tóxicos
384	Equipo de transporte	Aceites residuales, lodos con metales pesados, lodos de pintura, solventes clorados y no clorados, licores de baños limpiadores de metales, soluciones de cianuro, soluciones halogenadas y no halogenadas, sólidos o lodos con PCB, fondos de destiladores halogenados, soluciones ácidas y alcalinas, combustible de aviones a chorro y cohetes

Fuente Environment Canada, 1984 (modificado)

Los desechos provenientes de la atención de salud pueden clasificarse en ocho categorías principales: desechos generales, desechos anatomopatológicos, desechos radiactivos, desechos químicos, desechos infecciosos y potencialmente infecciosos, desechos farmacéuticos, objetos punzocortantes y envases a presión. Todas estas categorías de desechos pueden surgir en una amplia variedad de establecimientos de atención de salud: hospitales, consultorios, establecimientos de atención de salud a largo plazo, servicios de apoyo. Las categorías de desechos que pueden ser producidos por determinados tipos de servicios de atención de salud se presentan en el Cuadro II.

Hay otras consideraciones cuando se adopta un esquema de clasificación que está en relación más directa con el desarrollo de programas nacionales de control de desechos peligrosos, a saber.

- * dejar que la autoridad que controla los desechos emplee su conocimiento de la actividad industrial para formular una lista preliminar de desechos peligrosos;
 - * identificar los desechos peligrosos de modo que sea compatible con la aplicabilidad de las tecnologías de recuperación, tratamiento y eliminación;
- y

- * proporcionar a la autoridad que controla los desechos un marco que sea adecuado para establecer su propio sistema de control de desechos peligrosos, incluyendo leyes y reglamentos idóneos.

3. **REPERCUSION DE LOS DESECHOS PELIGROSOS EN LA SALUD**

3.1 **Condiciones de Exposición**

La exposición a diversas formas de desechos peligrosos, ya sea que se originen en fábricas o en establecimientos de atención de salud, puede ser por contacto directo o en forma más indirecta, a través del aire, el agua o ingesta de alimentos.

El contacto directo puede afectar a varios grupos diferentes de la población como:

- * los que trabajan en la industria y en los establecimientos de atención de salud y, potencialmente, también sus familias;
- * los que trabajan en la recogida, el transporte y la disposición de desechos, incluyendo a los segregadores de residuos en vertederos;
- * la población general, como resultado del uso de métodos inadecuados de disposición, o accidentes como explosiones, derramamientos, incendios, fugas, etc.

La mayoría de estas exposiciones sería de índole intermitente, si bien pueden ocurrir repetidamente durante períodos prolongados. Entre los ejemplos de este tipo de exposición figuran el sumo cuidado que debe tenerse en los hospitales para proteger a los trabajadores de la exposición a objetos punzocortantes y otros materiales contaminados, y el accidente que ocurrió hace unos pocos años en Goiania, Brasil, cuando los segregadores de un vertedero rescataron una fuente que contenía cobalto, lo cual a la larga causó la muerte de varias personas.

Las exposiciones indirectas ocurren después de que los desechos peligrosos se han eliminado de una de las diversas maneras, incluida la combustión, que pueden causar contaminación del aire, descarga en aguas superficiales, descarga sobre el terreno o en vertederos --lo cual puede causar la contaminación del suelo y del agua subterránea-- o a causa de almacenamiento, por ejemplo en tambores. Por lo tanto, diversos componentes de los desechos peligrosos pueden introducirse en el aire, el agua y el suelo, y en último término, en nuestros alimentos (ECO, 1991).

CUADRO II
Categorías de Desechos Producidos por Diversos Tipos de Servicios de Atención de Salud

Fuente	Categoría de Desechos							
	General	Anatomo- patológicos	Radiactivos	Químicos	Infecciosos	Objetos Punzo cortantes	Productos Farmacéuticos	Envases Presurizados
<u>Servicios a pacientes</u>								
Medicina	x	x ^a	x	x	x	x	x	x
Cirugía	x	x ^{a,b}	x	x	x	x	x	x
Quirófano	x	x ^{a,b}	x	x	x	x	x	x
Recuperación y terapia intensiva	x	x ^a	x	x	x	x	x	x
Aislamiento de contagiosos	x	x ^a	x	x	x	x	x	x
Dialisis	x	x ^a	x	x	x	x	x	x
Oncología	x	x ^a	x	x	x	x	x	x
Urgencias	x	x ^{a,b}	x	x	x	x	x	x
Consulta externa	x	x ^a	x	x	x	x	x	x
Autopsias	x	x ^{a,b}	x	x	x	x	x	x
Radiología	x	x ^a	x	x	x	x	x	x
<u>Laboratorios</u>								
Bioquímica	x	x ^a	x	x	x	x		
Microbiología	x	x ^a	x	x	x	x		
Hematología	x	x ^a	x	x	x	x		
Investigación	x	x ^{a,b}	x	x	x	x		
Patología	x	x ^{a,b}	x	x	x	x		
Medicina nuclear	x	x ^a	x	x	x	x		
<u>Servicios de Apoyo</u>								
Banco de sangre	x	x ^a		x	x	x		
Farmacia	x			x			x	
Central de equipo estéril	x			x				
Lavandería	x			x				
Cocina	x			x				
Maquinarias	x			x				
Administración	x							
Áreas públicas	x							
Establecimientos de atención de la salud a largo plazo	x			x	x	x	x	x
^a Sangre y humores corporales. ^b Tejido y hueso.								

Este tipo de exposición por lo general es continuo para las poblaciones que viven cerca de diversos sitios donde se eliminan desechos peligrosos. Como resultado de ello, sus efectos en la salud humana pueden ser de índole crónica. Otro aspecto que es preciso considerar es que el medio ambiente, en particular el agua y el suelo, puede ser contaminado en forma casi irreversible. Hay muchos ejemplos de esto, como la contaminación de los Grandes Lagos en la frontera entre los Estados Unidos y el Canadá, donde numerosas industrias situadas en ambos lados de la frontera descargaron desechos químicos durante muchos años. Aun cuando, según se informa, la práctica ahora está bajo control, los niveles de ciertos productos químicos siguen planteando un riesgo a la salud humana ya que los sedimentos de estas masas de agua están seriamente contaminados y continúan descargando materiales tóxicos. Hay otros numerosos casos de esta situación, como el Río Bravo, que se informa que está contaminado gravemente con sustancias químicas procedentes de la industria maquiladora en el lado mexicano de la frontera con EUA. Un ejemplo, que ahora es clásico, de vertederos de desechos peligrosos es la situación del "Love Canal" en el estado de Nueva York, donde el Organismo de Protección Ambiental de los EUA (EPA) había identificado más de 200 productos químicos, muchos de los cuales se sabía que producían cáncer, trastornos del SNC, disfunciones reproductivas y otras enfermedades. Este y otros casos similares contribuyeron a generar presiones que llevaron en último término a la promulgación de la ley de conservación y recuperación de recursos (RCRA) en 1976 y la ley integral de respuesta, compensación y responsabilidad ambiental (CERCLA) de 1980, modificada mediante la ley de enmiendas y reautorización de superfondos (SARA) de 1986. Cuando se promulgó la CERCLA, también se estableció la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR) para proporcionar información sanitaria y servicios médicos asistenciales y análisis pertinentes.

3.2 Riesgo para la Salud Humana

Los efectos en la salud que son resultado de la exposición a distintas sustancias químicas ocurren en muchas formas y órganos diferentes según el tipo de sustancia química de que se trate, la vía de exposición y la dosis que se recibe. La ingestión es la vía de exposición que se informa con mayor frecuencia en episodios de contaminación ambiental que han afectado a los sistemas hepático, renal, hematopoyético, reproductivo y nervioso central. El tipo y la gravedad de los efectos depende de la dosis. El contacto cutáneo directo es importante en el ámbito ocupacional donde se han informado efectos dérmicos y en el sistema nervioso central, pero parece menos probable como ruta de exposición para las poblaciones que viven en los alrededores de los sitios de eliminación de desechos. Es poco probable que la inhalación sea importante, a menos que sea a concentraciones relativamente altas o como resultado de incendios, si bien en estudios ocupacionales se han notificado efectos hematopoyéticos, reproductivos y en el sistema nervioso central. A continuación se presenta un resumen de los principales efectos sanitarios (Buffler et al, 1985, y Grisham, 1986).

3.2.1 Lesiones hepáticas y renales

La función del hígado y los riñones a menudo se ve afectada en forma negativa cuando muchos productos químicos llegan a niveles tóxicos en el cuerpo, ya que ambos órganos actúan en el metabolismo y la excreción de productos químicos exógenos. En lo que respecta al hígado, a menudo la lesión no es específica. Por ejemplo, la cirrosis se relaciona con mayor frecuencia con el consumo de alcohol, pero también puede ser causada por exposición a hidrocarburos clorados. En el Cuadro III se presentan varias muestras de la relación que existe entre la exposición a productos químicos y la lesión hepática correspondiente.

CUADRO III
Resumen de síndromes de hepatotoxicidad debidos a agentes ambientales

Manifestación tóxica	Ejemplos de productos tóxicos ambientales informados en el hombre
Necrosis hepática aguda o subaguda	Alifáticos clorados en altas dosis (CCl ₄ , tetracloroetano); toxinas de las setas; fósforo; micotoxinas; dosis altas de bifeniles policlorados (PCB)
Colestasis	Diamina de metileno (ictericia de Epping); dinitrofenol, cromo
Metamorfosis grasa leve	Dosis pequeñas de alifáticos clorados; algunos plaguicidas organoclorados
Hipertrofia del retículo endoplásmico	Bifeniles policlorados; algunos plaguicidas organoclorados
Enfermedad venooclusiva	Productos tóxicos vegetales (alcaloides de pirrolidicina); irradiación hepática terapéutica
Granuloma	Berilio
Fibrosis hepatoportal	Cloruro de vinilo, arsénico
Cirrosis	Alifáticos clorados, aromáticos, aflatoxina, arsénico; productos tóxicos vegetales
Carcinoma hepatocelular	Aflatoxina,? etanol
Angiosarcoma	Cloruro de vinilo, arsénico

Fuente Grisham, 1986

La función excretoria del riñón puede predisponer a este órgano a un mayor grado de exposición a productos químicos exógenos. Una lista breve, que quizá no sea exhaustiva, de los contaminantes químicos que pueden aumentar las actividades enzimáticas renales incluye lo siguiente:

3, 4-benzo[a]pireno,
dibenzodioxinas cloradas,
diclorodifeniltricloroetano (DDT),
3-metilcolantreno (3MC),
bifeniles polibromados (PBB),
bifeniles policlorados (PCB) y
hexaclorobenceno

La biosíntesis y degradación de los compuestos endógenos como, por ejemplo, las prostaglandinas y 1, 2, 5-dihidroxicolecalciferol, pueden alterarse por sistemas enzimáticos inducidos. Otros productos químicos, como el mercurio y el cloroformo, pueden causar directamente daño renal y lesiones potencialmente mortales.

3.2.2 Efectos carcinogénicos

Hay inquietud generalizada, tanto entre el público general como en la comunidad científica, de que la exposición a concentraciones bajas de sustancias químicas por largo tiempo pueden causar mayor frecuencia de una variedad de cánceres. El presente consenso en la comunidad dedicada a la investigación sobre el cáncer (Grisham 1986) es que el cáncer rara vez surge espontáneamente (sin ninguna causa conocida), y que la frecuencia de fondo del cáncer "espontáneo" se ve aumentada por muchos agentes existentes, entre los cuales figura en forma prominente un número relativamente grande de productos químicos. La sensibilidad individual a la inducción del cáncer por estos agentes parece variar según la sustancia, la edad, el sexo, la constitución genética, la alimentación y la modalidad de exposición.

El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC, 1987) ha informado que unos 50 productos químicos o procesos industriales son carcinogénicos para el hombre, mientras que otro gran número de sustancias se está estudiando de cerca a este respecto. La información presentada por el CIIC muestra que las sustancias y procesos químicos pueden clasificarse en cinco categorías: 1) el agente es carcinogénico para los seres humanos, 2A) el agente es probablemente carcinogénico para el hombre, 2B) el agente es posiblemente carcinogénico para el hombre, 3) el agente no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para el hombre, y 4) el agente probablemente no es carcinogénico para el hombre. En el Anexo III se proporcionan listas de las sustancias químicas y procesos de las dos primeras de estas cinco categorías. Para obtener información más detallada, se remite al lector a la serie completa de monografías del CIIC, que hasta la fecha incluye cerca de 60 volúmenes.

3.2.3 Efectos en la reproducción y el desarrollo fetal y neonatal

La exposición a productos químicos en el medio ambiente rara vez ejerce un sólo efecto en un sistema biológico, y tales sustancias pueden influir en el proceso reproductivo por cualquiera de tres modelos de acción: 1) genéticamente, al cambiar los genes mismos, 2) como teratógeno, al afectar el desarrollo embrionario durante la gestación; y 3) como un producto tóxico paterno o fetal, al trastornar la función reproductiva o causar crecimiento fetal anormal. Se ha propuesto la siguiente lista de posibles puntos finales (Grisham, 1986). No se comprende claramente cómo estos puntos finales se relacionan unos con otros, ni si los cambios en uno necesariamente irán acompañados de cambios en otro:

1. Disfuncionalidad sexual: (libido, potencia)
2. Anormalidades de los espermatozoos: (número, motilidad, forma)
3. Subfecundidad: (gónadas anormales, desarrollo prepuberal anormal, infertilidad, amenorrea, ciclos anovulatorios, retraso en la concepción)
4. Enfermedad durante el embarazo y el parto: (toxemia, hemorragia)
5. Pérdida fetal temprana (hasta 28 semanas): (toxemia, hemorragia)
6. Pérdida fetal tardía (después de 28 semanas)
7. Muerte intraparto
8. Muerte en la primera semana del puerperio
9. Peso bajo al nacer
10. Cambio en la edad de gestación al parto: (prematuridad, posmaturidad)
11. Razón alterada de sexos: (en defunciones fetales, al nacer)
12. Partos múltiples
13. Defectos de nacimiento: (importantes, menores)
14. Anormalidades cromosómicas: (en defunciones fetales, en la amniocentesis, en defunciones perinatales, en nacimientos vivos)
15. Mortalidad infantil
16. Morbilidad de la niñez
17. Neoplasias malignas de la niñez
18. Efectos posnatales (peso adulto disminuido, efectos en el SNC, el intelecto, el comportamiento)
19. Defectos funcionales
20. Edad de la menopausia

Es importante destacar que a diferencia de la mutagénesis y la carcinogénesis, la teratógénesis es un fenómeno de umbral. En consecuencia, no cabría esperar que los efectos teratógenicos aumentaran en condiciones de exposición por debajo de un umbral. Se sabe que productos químicos como el DDT, las dioxinas, la dieldrina, el captan y el carbarilo producen malformaciones en animales de laboratorio. Algunos metales, como el plomo y el mercurio, se conocen que son teratógenos en el hombre. Los compuestos industriales presentes como contaminantes ambientales pueden producir daño en el lactante y el niño, tanto directamente, como al atravesar la placenta debido

a la exposición de la madre. Sin embargo, estas esferas no han sido objeto de estudio suficiente para proporcionar pruebas concluyentes sobre los efectos adversos a los niveles de dosificación bajos característicos de muchas exposiciones.

3.2.4 Efectos inmunitarios

Los productos químicos alteran las funciones inmunitarias mediante la facilitación o la supresión de actividades específicas, al perturbar el equilibrio de tipos de células maduras o intermedias y acelerando o deteniendo la maduración. El gran número y la variada naturaleza de los productos químicos capaces de alterar las respuestas del sistema inmunitario aumentan la inquietud sobre la presencia de tales productos químicos en el ambiente. Los estudios, por ejemplo, de poblaciones expuestas accidentalmente en Michigan, Japón y China, sugieren que los bifeniles polibromados (PBB) y los bifeniles policlorados (PCB) puede causar disfunción inmunitaria temporal en los seres humanos expuestos a concentraciones suficientes de estos productos químicos. También se ha observado que las disfunciones inmunitarias asociadas a la exposición de seres humanos a PBB son similares a las observadas en los estudios realizados con roedores. Los PCB, PBB, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), el hexaclorobenceno, el dietilestilbestrol (DES), el pentaclorofenol (NPC), 2, 3, 7, 8-tetraclorobenzo-p-dioxina (TCDD), ciertos compuestos organometálicos y muchos metales pesados producen alteraciones inmunitarias en los estudios con roedores (Grisham, 1986).

3.2.5 Efectos neurales

Considerando la complejidad del sistema nervioso, puede resultar una amplia variedad de cuadros clínicos ya que ciertos productos neurotóxicos pueden mostrar propensión a afectar los nervios sensitivos, mientras que otros pueden afectar a las vías motoras, los ganglios basales, el cerebelo o las neuronas cerebrales dispersas. En contraposición a los efectos a largo plazo retardados que se observan con respecto a los productos químicos más carcinogénicos, el período entre la exposición y el efecto correspondiente a un producto químico neurotóxico potencial es corto. El efecto neurotóxico del n-hexano, por ejemplo, puede observarse sólo después de varios meses de intensa exposición.

Los déficit neuropsicológicos que se han informado en relación con la exposición a sustancias tóxicas incluyen: trastornos en la inteligencia, la memoria y la solución de problemas, así como alteraciones en la atención, el funcionamiento psicomotor y el estado de ánimo. Aún para expertos neuropsicólogos, es difícil detectar estos efectos en una población grande no estudiada anteriormente. El uso de una batería de pruebas psicológicas estandarizadas puede proporcionar información objetiva y cuantificable. Siempre que sea posible, los datos psicológicos deben correlacionarse con resultados bioquímicos o fisiológicos.

Uno de los episodios más ampliamente conocidos de intoxicación neural ocurrió en la población de los alrededores de la bahía de Minamata, Japón, donde se

descargaron de una fábrica efluentes que contenían mercurio. Otro caso tiene que ver con el descubrimiento de que numerosos hidrocarburos de alcano pueden convertirse metabólicamente en n-dicetonas sumamente neurotóxicas. Las lesiones provenientes de este grupo de productos químicos incluyen las sufridas por los que trabajan en la fabricación de muebles, sandalias, las personas que aspiran pegamentos y los operarios de imprentas.