



PNUMA

Oficina Regional para
América Latina y el Caribe

SALUD AMBIENTAL BÁSICA

Annalee Yassi
Tord Kjellström
Theo De Kok
Tee L. Guidotti



Red de
Formación Ambiental



Serie Textos Básicos para la
Formación Ambiental

7

Lib/454

Inv: 00083

Mfn/ 5316

SALUD AMBIENTAL BÁSICA

Annalee Yassi • Tord Kjellström • Theo de Kok
• Tee L. Guidotti

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE
OFICINA REGIONAL PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, EPIDEMIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA
MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DE CUBA

Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental

Versión al idioma español:

Carlos Barceló Pérez
Doctor en Ciencias Físicas
Investigador Titular, INHEM

Maricel García Melián
Doctora en Ciencias Químicas
Investigadora Titular, INHEM

Miriam Concepción Rojas
Máster en Salud Ambiental
Investigadora Auxiliar, INHEM

Pedro Más Bermejo
Doctor en Ciencias Médicas
Investigador Titular, INHEM

Conrado del Puerto Quintana
Doctor en Ciencias Médicas
Investigador Titular, INHEM

Enrique Molina Esquivel
Master en Salud Ambiental
Investigador Auxiliar, INHEM

Helenio Ferrer Gracia
Doctor en Ciencias Médicas, INHEM

Marina Torres Rodríguez
Licenciada en Biología
Investigadora Auxiliar, INHEM

Primera edición: 2002

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

© Oficina Regional para América Latina y el Caribe

Boulevard de los Virreyes 155, Col. Lomas de Virreyes

11000, México D.F., México

ISBN 968-7913-19-3

<http://www.rolac.unep.mx>

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	5
Capítulo 1	
INTRODUCCIÓN GENERAL	7
Capítulo 2	
NATURALEZA DE LOS PELIGROS PARA LA SALUD AMBIENTAL	69
Capítulo 3	
EVALUACIÓN DE RIESGOS	139
Capítulo 4	
MANEJO DE RIESGOS	191
Capítulo 5	
EL AIRE	239
Capítulo 6	
AGUA Y SANEAMIENTO	279
Capítulo 7	
ALIMENTOS Y AGRICULTURA	319
Capítulo 8	
ASENTAMIENTOS HUMANOS Y URBANIZACIÓN	371
Capítulo 9	
SALUD Y USO DE LA ENERGÍA	407

Capítulo 10	
CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL Y SEGURIDAD QUÍMICA	435
Capítulo 11	
LA SALUD GLOBAL Y LA RESPONSABILIDAD INTERNACIONAL	485
Capítulo 12	
ACCIONES PARA PROTEGER LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE	525
REFERENCIAS	539

PRESENTACIÓN

El programa editorial de la Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) está orientado a construir, sistematizar y difundir conocimientos, saberes, métodos y técnicas para la gestión ambiental, que sirvan como materiales básicos para los programas de formación ambiental y como un instrumento para apoyar las políticas de desarrollo sustentable de la región en los diferentes niveles de gobierno, así como para capacitar a los diferentes sectores sociales, tanto en los niveles profesionales como en las acciones ciudadanas y los programas de desarrollo comunitario.

En el contexto internacional actual ha sido reconocida la necesidad que la docencia en salud ambiental adopte un enfoque interdisciplinario y se tomen en consideración las relaciones de la salud humana con el ambiente y el desarrollo económico, incluyendo el estudio de temas tales como la urbanización, la energía, la industria y los cambios globales. El presente libro sobre *Salud Ambiental Básica*, séptimo título de la serie Textos Básicos para la Formación Ambiental, aborda de esta manera uno de los problemas ambientales más críticos de esta región.

Este libro tiene sus orígenes en un proyecto iniciado en 1995 entre la Organización Mundial de la Salud (OMS), el PNUMA y la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), para la redacción de un texto docente en salud ambiental. Este proyecto contó con el apoyo de la Comisión de Rectores de las Universidades Europeas para algunas pruebas piloto.

En noviembre de ese mismo año, en una reunión de expertos celebrada en la sede de la OMS para revisar la última versión del texto, y en conversaciones con los Drs. Annalee Yassi, Tee Guidotti y Tord Kjellstrom, surgió la idea de realizar una traducción del libro al idioma español. Un grupo de colegas del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM) de la República de Cuba emprendió dicha labor con el apoyo financiero de la Universidad de Manitoba, el entonces Centro de Ecología Humana y Salud (ECO) de la Organización Panamericana de la Salud y el PNUMA, con el propósito de publicar un texto básico sobre salud ambiental como un material de referencia fundamental para la docencia dentro del propio INHEM y para promover y apoyar la formación de recursos humanos en otros países de habla hispana en América Latina y el Caribe, tanto en cursos formales como en cursos semi-presenciales y cursos a distancia.

A través del desarrollo de talleres en diversas ciudades como Budapest, Cape Town, Amman y Washington DC, el texto de *Salud Ambiental Básica* elaborado por la Dra.

Annalee Yassi y colaboradores fue editado en inglés en 1998, como un documento de la OMS. Más adelante, este documento adquirió la forma de libro y fue publicado por Oxford University Press en 2001 en una coedición con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y la Organización Mundial de la Salud (WHO).

El presente libro no es una traducción literal del documento original ni del libro publicado en inglés. Su traducción implicó al mismo tiempo un trabajo de adaptación que permitió modificar algunos conceptos y términos de forma que resultaran más comprensibles a los lectores de habla hispana. Los cambios incorporados no implican cambios esenciales con respecto al contenido y la estructura de la versión original. Atendiendo a las necesidades de los países de América Latina se han incluido algunos tópicos como el control de vectores de enfermedades, si bien estos no han sido abordados con la profundidad que resultaría necesaria, lo cual podrá ser objeto de futuras revisiones y ampliaciones de esta primera edición en español del libro.

Cabe señalar que estos materiales fueron utilizados exitosamente en el desarrollo de un taller celebrado en Cuba en el mes de mayo de 2001, en colaboración con la Universidad de Manitoba y con el financiamiento de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional, como parte de un proyecto conjunto de desarrollo de capacidades interdisciplinarias en salud ambiental en Cuba. Gracias a su enfoque integral, el libro puede beneficiar tanto a personas con experiencia en ingeniería, ciencias naturales y sociales, además de a epidemiólogos, enfermeras, médicos y otros profesionales de la salud.

Queremos agradecer al Dr. Rob Mc Connell director de ECO en la fase inicial de este proyecto editorial, a la Dra. Annalee Yassi, al Dr. Tord Kjellstrom y al colectivo de trabajadores del INHEM, por su apoyo y colaboración para la conclusión exitosa de este trabajo.

La mayor satisfacción del colectivo de autores y editores que dedicamos tiempo y esfuerzos al desarrollo de la versión al idioma español del libro, es que el mismo sea útil a todos los colegas de cualquier profesión interesados y comprometidos en lograr mejorar el ambiente, la calidad de vida y los índices de salud para nuestros pueblos.

Dr. Pedro Más Bermejo
Director General
Instituto Nacional de Higiene,
Epidemiología y Microbiología
Ministerio de Salud Pública
República de Cuba

Dr. Enrique Leff
Coordinador
Red de Formación Ambiental para
América Latina y el Caribe
PNUMA

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

Objetivos de estudio:

Después de estudiar este capítulo usted será capaz de:

- Comprender la relación básica entre la salud y los factores ambientales, incluyendo una aplicación de la interrelación entre el desarrollo económico, el ambiente y la salud, dentro de la estructura de un ecosistema.
- Valorar la salud ambiental en el contexto histórico con respecto a cambios en la tecnología, el desarrollo económico y la organización social.
- Describir los requerimientos básicos para un ambiente saludable.
- Valorar los aspectos básicos y sus relaciones con los métodos para medir la calidad ambiental, los efectos sobre la salud y la exposición a riesgos.
- Analizar la importancia del lugar de trabajo para la salud ambiental.
- Analizar la mayoría de los problemas sociales y económicos que afectan a la salud ambiental.

1.1 Nacimiento, vida, muerte y el ambiente

Cuando los primeros seres humanos aparecieron en el mundo, su expectativa máxima de vida se considera estaba entre los 30 ó 40 años. Esta corta expectativa de vida, comparada con la de la mayoría de las sociedades de la actualidad, se debió al ambiente hostil en que vivían. Sin embargo, el tiempo promedio de vida fue lo suficientemente largo para que tuvieran descendencia y lograran establecerse como uno de los mamíferos más importantes sobre la tierra.

Para sobrevivir, los primeros humanos tuvieron que enfrentarse a:

- la búsqueda constante de alimento y suficiente agua potable mientras evitaban plantas que contuvieran toxinas naturales (como setas venenosas) o carne rancia e infectada,
- infecciones y parásitos que se transmitían de persona a persona, o del animal a la persona, con frecuencia a través del alimento, el agua o los vectores,
- daños por caídas, fuego y ataques de animales,

- temperaturas frías y calientes, lluvia, nieve, desastres naturales y otras condiciones adversas.

Todos estos peligros para la salud estaban presentes en el ambiente natural donde vivían. En algunas sociedades los peligros tradicionales enumerados arriba aún predominan como importantes problemas ambientales para la salud. Pero en otras, nuevos peligros (ocasionados por el desarrollo tecnológico e industrial) los han sobrepasado como las principales amenazas para la salud y el bienestar.

La expectativa de vida ha aumentado de forma significativa en las últimas décadas en la mayoría de los países (Figura 1.1). Según estimados recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), entre 1980 y 1993 la expectativa promedio de vida aumentó de 61 a 65 años (OMS, 1995a). Algunos opinan que esto se debe en su mayor parte a las mejoras en el ambiente y las condiciones de vida. Otros plantean que los avances en la nutrición son una razón esencial para vidas más largas. Sin embargo, otros consideran que los cambios no podrían haber sucedido sin un mejoramiento en el diagnóstico y el tratamiento médico de las enfermedades. La verdad más probable es que todas estas afirmaciones sean correctas en cierta medida. El progreso en la salud ha sido simultáneo al progreso en la calidad ambiental, la alimentación y la atención médica. Las personas que enferman tienen más posibilidades de sobrevivir debido a una mejor atención médica, y la gran mayoría de las que están saludables en cualquier

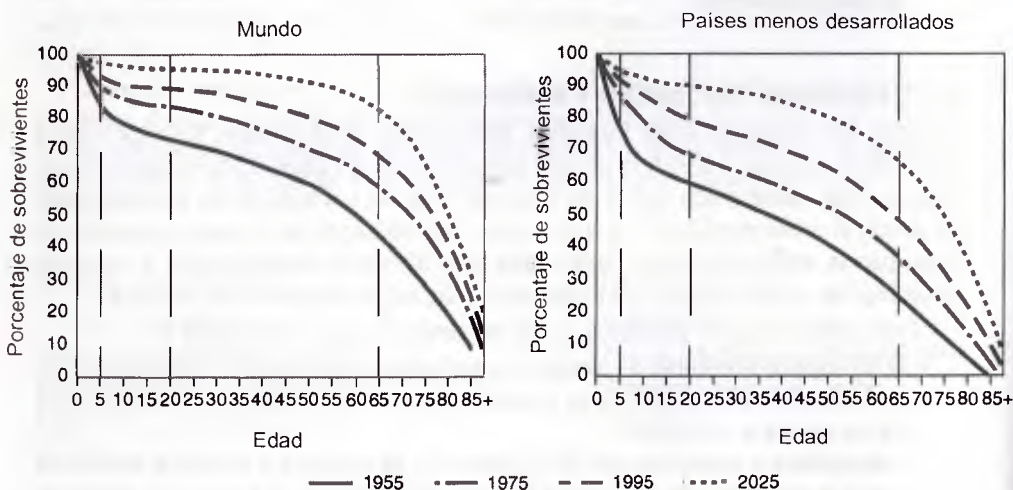


Figura 1.1 Curvas de supervivencia 1955-2025.

época, ahora están más propensas a permanecer así a causa de una mejor alimentación y al control de los peligros ambientales.

La ciencia de la salud ambiental se basa en esencia en dos aspectos: uno que estudia los peligros en el ambiente, sus efectos en la salud y las variaciones en la sensibilidad frente a las exposiciones dentro de las comunidades, y otro que explora el desarrollo de medios efectivos para la protección contra los peligros en el ambiente.

Este libro describirá los peligros ambientales más importantes que pueden afectar la salud, mostrará cómo estos peligros pueden evaluarse, y demostrará cómo los efectos resultantes sobre la salud pueden reducirse o evitarse totalmente. Se explorarán las funciones de diversos profesionales para proteger la salud, y se describirán los principios fundamentales que todos los profesionales de la salud ambiental necesitan comprender, independientemente del lugar en que trabajen. El ejercicio siguiente es un ejemplo de cómo utilizar este libro para los problemas de salud ambiental de acuerdo a las variaciones de una situación a otra.

Ejercicio de estudio

Algunas preguntas para reflexionar sobre su propia situación:

¿Qué proporción (tasa) de niños nace actualmente en su país? ¿Cuántos mueren en el mismo año evaluado, y cual es la principal causa de muerte?

¿Estuvieron algunas o muchas de estas muertes relacionadas con el ambiente?

¿Cuáles serían los problemas principales de salud que usted personalmente pudiera enfrentar en los próximos 30 a 40 años, basándose en las características típicas de los adultos en su país?

¿Pudieran algunos de estos problemas de salud estar relacionados con el ambiente?

1.2 Salud y ambiente

1.2.1 UNA PERSPECTIVA DE ECOSISTEMA

El término *ecosistema*, acuñado en el decenio de 1930, puede definirse como un sistema de relaciones dinámicas interdependientes entre los organismos vivos y su ambiente. Es una entidad limitada que ha adquirido mecanismos estables propios y un balance interno que ha evolucionado a través de los siglos. Dentro de un ecosistema estable una especie no elimina a otra porque si no desaparecerían las fuentes de alimento de las especies de depredadores. Los ecosistemas con un buen equilibrio y estabilidad sobrevivirán mejor. No puede existir un ecosistema

donde una gran cantidad de materiales y energía se consuman por parte de una especie sin privar a otras y poner eventualmente en peligro la viabilidad de todo el ecosistema. De forma similar, la capacidad del ecosistema para absorber desechos y para recuperar el suelo y el agua dulce no es ilimitada. A determinado grado una carga externa puede limitar la resistencia del ecosistema, lo que puede provocar un cambio drástico en él o su colapso. La ecología moderna del siglo XX (en relación con las teorías contemporáneas de caos, por ejemplo) asume que esa incertidumbre, su complejidad y la capacidad para el cambio debe ser sostenible.

Así como el concepto de homeostasis (la capacidad de los sistemas del cuerpo humano para funcionar en una manera coordinada para asegurar la constancia de sus funciones internas) ahora es comprendido y aceptado de forma general, estos complejos mecanismos de compensación parecen aplicarse al ecosistema de la misma manera (ver Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1

La hipótesis de Gaia

James Lovelock, un científico británico de la atmósfera, planteó la hipótesis de que la Tierra y todos sus componentes (incluyendo la geosfera y el agua, el gas, los nutrientes, los ciclos de energía y todos los organismos vivos) constituyen un mecanismo homeostático global que asegura la constancia del ambiente. Esta hipótesis se conoce como la *Hipótesis de Gaia* (la palabra Gaia es el nombre que los griegos daban a la "Madre Tierra"). Lovelock plantea que la biosfera global actúa de manera autorregulada usando mecanismos de retroalimentación para contrarrestar las perturbaciones impuestas externamente. Por ejemplo, la emisión solar de calor se ha incrementado por encima de un 30% desde la formación de nuestro planeta, a pesar de lo cual la Tierra mantiene aún una temperatura relativamente constante. Se cree que esto se debe a que el aumento de la energía solar estimula un aumento en la fotosíntesis, la cual reduce los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. Esto, a la vez, reduce el "efecto invernadero" de la atmósfera, ocasionando frío y compensando de este modo el mayor calentamiento del sol. De igual forma, la hipótesis de Gaia sugiere que el oxígeno acumulado en la atmósfera tiene un nivel óptimo para la vida sobre la Tierra, reflejando el balance de retroalimentación positiva y negativa a partir de la gran variedad de organismos vivos interdependientes. Estos cambios han tenido lugar muy lentamente a lo largo de miles de millones de años, en tanto que el actualmente debatido incremento de los gases de efecto invernadero ha tenido lugar en unas pocas décadas.

continúa...

La controversia alrededor de la hipótesis de Gaia se debe en parte a que no puede ser probada científicamente. Además, la hipótesis es vista por algunos investigadores como que la naturaleza actúa de una manera útil, con un fin determinado, un concepto que no corresponde a la visión mecanicista del mundo que predomina en la civilización occidental contemporánea. Sin embargo, la hipótesis de Gaia ha estimulado el conocimiento de las interdependencias de los ecosistemas en el balance de la naturaleza, la que dentro de determinados límites, sirve para mantener los sistemas de soporte de la vida del planeta. También ha ofrecido una poderosa visión o analogía para tratar a la Tierra con el mismo respeto que alguien demostraría hacia una madre.

1.2.2 DEFINICIONES DE SALUD Y AMBIENTE

En la Constitución de la Organización Mundial de la Salud, *la salud* se define como “un estado de completo bienestar físico, mental y social y no meramente la ausencia de enfermedad o incapacidad” (1948). Esta es la más usual y conocida definición moderna de salud. Los conceptos de enfermedad, incapacidad y muerte tienden a ser mucho más fáciles de identificar para los profesionales de la salud que el concepto de salud. Como resultado, las ciencias de la salud han sido en su mayor parte ciencias de las enfermedades, puesto que han centrado mucho más su atención en el tratamiento de las enfermedades y las lesiones que en mejorar la salud. En algunos idiomas (p. ej., el sueco) distintos términos como “tratamiento de la enfermedad” y “cuidado de la salud” son de uso común, pero desafortunadamente esta diferencia resulta imprecisa en el idioma inglés.

De manera similar, se han propuesto definiciones inclusivas de *ambiente*, dentro del marco de la salud. El ambiente fue definido (1995) como “Todo lo que es externo al individuo humano. Puede clasificarse en físico, químico, biológico, social, cultural, etc., cualquier cosa o todo lo que puede influir en la condición de salud de la población”. Esta definición se basa en la noción de que la salud de una persona está determinada básicamente por dos factores: la genética y el ambiente. Los padres de un individuo aportan los factores genéticos (los genes), constituidos por el ADN en cada célula del cuerpo. Los genes existen desde que el embrión se forma y cambian con poca frecuencia durante el curso de la vida. Si un gen cambia (como en el caso de una mutación), puede conducir a la muerte de una célula o al cáncer. Algunos estudios sugieren que los genes tienen incorporado un “reloj de autodestrucción”, por lo que el cuerpo puede funcionar de forma adecuada por un tiempo limitado. El límite para la mayoría de los individuos está dentro de los de 70 a 100 años. El material genético es uno de los factores importantes que determinan cómo es afectado el individuo por la expo-

sición ambiental. Mientras que todos los individuos tendrían problemas si son sometidos a exposiciones lo suficientemente altas de un peligro ambiental, algunas personas resultan afectadas a exposiciones menores debido a que poseen factores de riesgo, afecciones concomitantes o preexistentes, y otras personas son afectadas a exposiciones aún menores debido a una susceptibilidad heredada. (Vea *Factores inherentes en epidemiología ambiental*, Jedrychowski y Krzyzanowski, 1995, para análisis adicional.)

Las condiciones de vida y de trabajo pobres y la carencia de educación son los impedimentos más importantes para la salud. A través de los años se ha llegado a la conclusión que no se pueden alcanzar logros en la salud si no se hacen cambios sustanciales en las condiciones económicas y sociales. La política de "Salud Para Todos" de la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecida en la conferencia de Alma-Atá en la antigua URSS en 1978, está orientada al propósito de ofrecer servicios de salud integrales en estas esferas. La declaración final dispuso que el objetivo de gobiernos, organizaciones internacionales y de la comunidad mundial sería "la obtención por parte de todas las personas del mundo en el año 2000 de un nivel de salud que les permitirá tener una vida social y económicamente productiva". De forma clara pudo verse que esto podría lograrse únicamente mediante un uso pleno y adecuado de los recursos: "La salud es posible únicamente donde los recursos están disponibles para resolver las necesidades humanas y donde el ambiente de trabajo y de vida esté protegido de las amenazas a la vida, las contaminaciones, los peligros físicos y los patógenos." (OMS, 1992a).

La degradación y la contaminación ambiental tienen un impacto enorme en la vida de las personas. Cada año, cientos de millones de personas sufren de enfermedades respiratorias asociadas con la contaminación externa y de interiores del aire. Centenares de millones de personas se exponen a peligros físicos y químicos innecesarios en el lugar de trabajo y el ambiente general. Medio millón mueren como resultado de accidentes de tránsito. Cuatro millones de niños mueren cada año de enfermedades diarreicas, en su mayor parte como resultado de agua o alimentos contaminados. Centenares de millones de personas sufren morbilidad por parásitos intestinales. Dos millones de personas mueren de malaria cada año, mientras 267 millones de personas la padecen en cualquier época. Tres millones de personas mueren cada año de tuberculosis y 20 millones están enfermas de este mal. Cientos de millones sufren desnutrición. Potencialmente, todos estos problemas de salud pueden prevenirse.

Como se puede apreciar en el libro *Nuestro Planeta, Nuestra Salud* (OMS, 1992a), la responsabilidad para proteger y promover la salud se extiende a todos los grupos en la sociedad. La responsabilidad de la salud no es sólo de los

profesionales que tradicionalmente cuidan de la salud pública (médicos, enfermeros, funcionarios de seguridad sanitaria e ingenieros sanitarios) quienes procuran curar la enfermedad, cuidar a los enfermos, eliminar los patógenos y reducir los daños. La salud es ahora claramente responsabilidad de proyectistas, arquitectos, profesores, patrones, gerentes industriales y todas las otras personas que influyen sobre el ambiente físico o social. Esta es la razón por la que este libro se utiliza para enseñar a personas de muchas profesiones. Naturalmente, los profesionales de la salud tienen un papel especial en la salud ambiental, pero ellos necesitan trabajar con todos los grupos en la sociedad para promocionar la salud.

1.2.3 INTERACCIÓN HUMANA CON EL AMBIENTE

La salud humana finalmente depende de la capacidad de una sociedad para mejorar la interacción entre las actividades humanas y los ambientes físico, químico y biológico (Figura 1.2). Esto debe hacerse de manera que se salvaguarde y promocioe la salud humana, pero sin amenazar la integridad de los sistemas naturales de los cuales depende el ambiente. Los ambientes físico y biológico incluyen todo, desde los ambientes inmediatos de trabajo y el hogar hasta el nivel regional y nacional y, desde luego los ambientes globales. Esto incluye man-

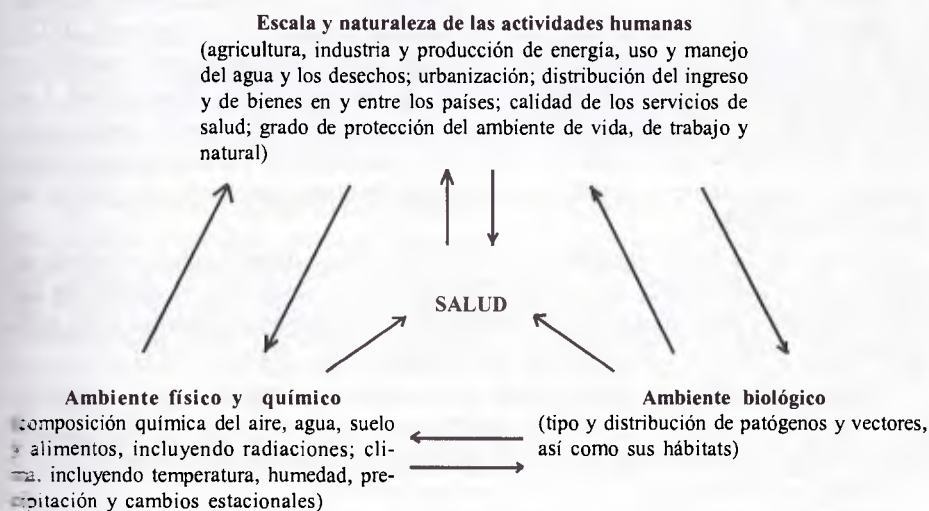


Figura 1.2 Interacción entre las actividades humanas y el ambiente físico y químico. (Adaptada de OMS, 1992a).

tener un clima estable y la continua disponibilidad de recursos ambientales seguros (suelo, agua potable, aire limpio). Así como también el funcionamiento continuo de los sistemas naturales que reciben los desechos producidos por las sociedades humanas, sin exponer a las personas a patógenos y sustancias tóxicas y sin comprometer el bienestar de futuras generaciones.

Por mucho tiempo se ha reconocido la idea de un nexo inexorable entre la salud humana y el ambiente. Hace 100 años, el cacique indio Seattle, un líder indígena en el territorio de Washington, EUA, habló de manera patética de nuestra relación con la tierra en un discurso muy citado: "Nosotros somos una parte de la trama de la vida y cualquier cosa que le hagamos a ella, nos la hacemos a nosotros mismos". Así, cuando pensamos en la salud como un estado físico, mental y social completo, se debe reconocer que esto también incluye un contexto de bienestar ecológico.

El concepto de desarrollo sostenible indica la necesidad de una economía moderna que no dañe el ambiente, de forma tal que no limite las oportunidades de las futuras generaciones. Así, la Comisión Mundial sobre el Ambiente y Desarrollo (WCED) en el informe *Nuestro Futuro Común*, define el desarrollo sostenible como "El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades" (OMS, WCED, 1987). La salud, que involucra el desarrollo pleno del potencial humano, requiere tanto de una economía adecuadamente próspera, como de un ambiente viable y una comunidad sana (Dean y Hancock, 1992). Toda la actividad económica debería asegurar que el ambiente sea sostenible y que no destruya el capital humano y social ni los recursos de la sociedad. Los beneficios de una actividad económica necesitan ser distribuidos de forma equitativa, tanto dentro como entre las naciones, sociedades y comunidades. Esto conduce al importante concepto de participación como una parte integral de un desarrollo sostenible.

La Agenda 21 del Programa de Acción de las Naciones Unidas acordada en Río de Janeiro en 1992, reitera que "los seres humanos son el centro de las preocupaciones para un desarrollo sostenible. Ellos tienen el derecho a una vida saludable y productiva, en armonía con la naturaleza." (ONU, 1993).

Aunque virtualmente cada aspecto de la salud humana se vincula estrechamente al ambiente físico y social, nosotros nos enfocaremos a la interacción entre la salud y el ambiente según los factores descritos en la Figura 1.2:

- Patógenos biológicos, vectores y sus reservorios.
- Agentes físicos y químicos presentes en un ambiente que son independientes de actividades humanas y pueden menoscabar la salud por su presencia

(p. ej. radionúclidos naturales, luz ultravioleta) o por su ausencia (p. ej. yodo, y hierro).

- Agentes nocivos físicos y químicos agregados al ambiente por actividades humanas (p.ej. óxidos de nitrógeno, hidrocarburos aromáticos policíclicos, partículas originadas en la utilización de combustible de petróleo, residuos producidos por la industria, desechos biomédicos y radiactivos).

Los factores socioeconómicos controlan cómo se usan los recursos. El que una persona tenga hambre, alimentación adecuada o sobrealimentación, depende no solamente del estado de sus recursos naturales, sino también de factores socioeconómicos como las prácticas agrícolas usadas o el mal empleo de esos recursos y si el alimento es seguro, nutritivo y está razonablemente disponible. La siguiente definición se aplica a la salud ambiental:

La salud ambiental comprende aquellos aspectos de la salud humana, incluyendo la calidad de vida, que son determinados por factores físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales del ambiente. La misma se refiere también a la teoría y práctica de evaluar, corregir, controlar y prevenir esos factores del ambiente que potencialmente pueden afectar de forma adversa la salud de las presentes y las futuras generaciones (OMS, 1993a).

A veces parece existir un dilema ético entre promover la salud y la protección del ambiente. Una posición extrema es que cualquier control que limite la explotación de recursos puede inhibir al individuo o a la comunidad para mejorar su nivel de vida, por lo tanto infringe sus derechos y libertades, así como también disminuye su capacidad para mantener la salud. Al otro extremo está la posición de que cualquier acción para proteger el ambiente y mantener la integridad del ecosistema se justifica, sin tomar en cuenta el impacto sobre la salud y la actividad humana.

Las Naciones Unidas tienen establecido que asegurar la supervivencia humana debería tomarse como un principio de primer orden. Este principio para garantizar la supervivencia humana es consecuente con la Declaración Universal de las Naciones Unidas sobre derechos humanos (ONU, 1948), que afirma "toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado para la salud y bienestar de sí mismo y su familia, incluyendo el alimento, trabajo, educación, ropa, vivienda, salud pública, y los servicios sociales necesarios". "El respeto a la naturaleza y control de la degradación ambiental" es un segundo principio. Este último debería orientar todas las actividades humanas, excepto cuando entre en conflicto con el primero.

El desarrollo sustentable implica que todos tengan acceso a los recursos ambientales para satisfacer sus necesidades. Esto debe hacerse con un compromi-

so continuo para mejorar la comprensión general de cómo el ambiente y la salud se vinculan estrechamente y considerando que no se deben sobrepasar las capacidades finitas de absorción de los ecosistemas globales.

1.2.4 CAPACIDAD HUMANA PARA ADAPTARSE

Los seres humanos, como todo ser vivo, dependen de su ambiente para satisfacer sus necesidades de salud, incluyendo sus necesidades de alimento, agua y refugio. Pueden ocurrir deficiencias debido a recursos inadecuados o por una distribución no equitativa de estos recursos. Cuando las personas se exponen a ambientes agresivos o inseguros, microorganismos, toxinas, radiación excesiva o enemigos armados, la salud invariablemente sufre. Sin embargo, comparado con la mayoría de otras especies, el humano tiene extraordinarias capacidades para adaptarse e influenciar sobre su ambiente para satisfacer sus necesidades. Por ejemplo, las personas han aprendido a producir y reunir alimento y a limitar su exposición a parásitos y a condiciones extremas del clima. Los humanos toman medidas colectivas para protegerse a sí mismos contra enemigos y condiciones adversas y han adquirido también prácticas (p. ej. ética, cultura) y creado estructuras (p. ej. ciudades, carreteras, embalses) que les permiten adaptarse mejor al ambiente natural.

Aunque hay muchas maneras para hacer el ambiente más saludable, con frecuencia los peligros ambientales para la salud no están bajo el control del individuo afectado. Este puede ser el caso de:

- la contaminación industrial
- los servicios inadecuados de agua potable y saneamiento
- comunidades y viviendas con mala planificación
- control deficiente sobre comestibles, establecimientos e industria alimentaria
- la mala calidad de los caminos
- el aire de inadecuada calidad
- mal diseño ergonómico de los puestos de trabajo

La adaptación y el cambio requieren decisiones y acciones por los líderes de la industria, el gobierno y las instituciones. Para lograr esto se puede requerir de presiones comunitarias sobre los que toman las decisiones, mayor capacitación de ellos y sus asesores técnicos y la asignación de recursos para la protección de la salud ambiental. Es muy probable que, en la práctica, la persona en quien la comunidad busque consejo sobre cómo encontrar soluciones a sus intereses sea el profesional de la salud ambiental.

1.2.5 AMBIENTES SUSTENTABLES PARA LA SALUD

Los ambientes sustentables son las condiciones que los países y las comunidades intentan crear para lograr sus metas de salud (Cuadro 1.2). La atención debe centrarse sobre qué ambientes son mejores para la salud, más bien que sobre los impactos en la salud de los ambientes adversos. Este esfuerzo involucra aspectos tales como promocionar estilos de vida saludables, la eliminación de la contaminación industrial, reducir los peligros del tránsito, reducir el tabaquismo y cambiar hábitos dietéticos. En países pobres las metas más importantes deben ser el abastecimiento de agua y saneamiento básico, mejorar la salud de la madre y el niño y el control de las enfermedades transmisibles.

Cuadro 1.2

El concepto de ambientes sustentables para la salud

El concepto de ambientes sustentables implica intervenir sobre los determinantes de la salud de poblaciones enteras.

Incluye:

- El análisis del papel de factores ambientales locales en el desarrollo de la salud de la comunidad.
- Promover la salud, así como educar con un enfoque de promoción-protección de la salud.
- La creación de equidad en la salud dentro de la comunidad.
- La importancia del desarrollo sustentable como una meta de salud.
- Educar a la población en la comprensión del ambiente en un sentido amplio.
- Estimular la genuina y activa participación de la población en la creación de un ambiente saludable.

Fuente: Haglund *et al.*, 1991

1.3 Perspectiva histórica

1.3.1 LA CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL Y LA SALUD AMBIENTAL

Si bien es conocido que los agentes biológicos y la ocurrencia, de forma natural, de daños por agentes físicos y químicos han existido a través de la historia de la humanidad, la contaminación industrial tampoco es un problema nuevo, aún en los tiempos antiguos los lugares de producción y manufactura siempre estuvieron contaminados. Un buen ejemplo es la contaminación por plomo en las áreas alrededor de las fundiciones y el terrible olor y contaminación del agua asociada a las tenerías que curten las pieles. Sin embargo, la escala de la mayoría de estas empresas era muy pequeña en comparación con las normas modernas. La tecnología usada por los artesanos en su forma de trabajo tradicional no fue

modificada sustancialmente durante siglos. La contaminación resultante estaba restringida al área inmediata. La contaminación por residuales domésticos era considerada como un problema mayor, el que limitó efectivamente el crecimiento de las ciudades. Quizás un problema mayor que la contaminación del ambiente general era la salud y la seguridad ocupacional, ya que los trabajadores estaban sujetos a intensas exposiciones a materiales peligrosos en sus lugares de trabajo.

La revolución industrial marcó un dramático y decisivo punto de cambio en la interacción entre la actividad económica y el ambiente. La contaminación industrial fue identificada por primera vez como un problema obvio y severo en los comienzos de 1800. Llegó a ser claro que la producción en una escala industrial, usando el adelanto de la tecnología de su tiempo, daba como resultado la contaminación en una proporción nunca antes vista. Esta contaminación era en su mayor parte el resultado de los requerimientos de energía de una tecnología con base en el hierro y el acero, que condujo a la contaminación más generalizada del aire, así como también a elevadas concentraciones de contaminantes en las localidades cercanas al sitio de ubicación de las fábricas.

Inglaterra, pionera en el desarrollo de la revolución industrial, fue el primer país en sufrir la contaminación industrial en una escala masiva, la que llegó a ser particularmente obvia durante los años del reinado de la reina Victoria (la era Victoriana). La fabricación en serie requería del reclutamiento de centenares de miles de nuevos trabajadores como obreros jornaleros. Estos trabajadores pronto llegaron a ser consumidores por sí mismos. La producción aumentó y las ganancias crearon un fondo de capital que se reinvertió entonces en la expansión industrial adicional. Las nuevas ciudades industriales llegaron a ser infames, como lo expresó el poeta John Donne: "molinos satánicos, oscuros, lúgubres y sucios de hollín". Uno de los ejemplos más conocidos y quizá el mejor estudiado fue el de la ciudad de Manchester. La exportación de nueva tecnología creó muchos otros ejemplos en las Islas Británicas, Europa, y en otras partes. Entonces mucho de lo que es ahora el mundo en desarrollo estaba bajo el colonialismo, y sería muchos años después que sufriría problemas similares.

La contaminación industrial pudo haber sido un problema severo en la era Victoriana, pero no constituía uno de los primeros en la lista de prioridades sociales del momento. Mucho más importantes eran entonces aspectos sociales tales como el trabajo infantil, la pobreza por la diferencia de las clases sociales, la ignorancia, el abuso del alcohol y de drogas (mayormente la ginebra y el opio), la ausencia de seguridad y bienestar social, la corrupción y la prostitución. Todos ellos relacionados con la urbanización que acompañó al reclutamiento de una fuerza estable de trabajo industrial. Los principales intereses de salud del día

eran las enfermedades transmisibles, que estaban fuera de control en las ciudades miserables y densamente pobladas. Estos problemas llegaron a crear una crisis nacional en Inglaterra y pronto llegó a ser obvio que una razón de la crisis era la irresponsabilidad e ineficiencia del gobierno local en la solución de esos problemas.

1.3.2 LA PRIMERA CRISIS AMBIENTAL

En 1848, el parlamento británico aprobó la primera ley de salud pública en medio de un movimiento de reformas que alcanzó todos los sectores de la vida urbana (ver cuadro, 1.3). Sin embargo, la contaminación industrial se ignoró la mayor parte del tiempo. En parte, porque el gobierno del momento veía su función como protector de los derechos de los propietarios de las fábricas. El Acta de Salud se concentró en problemas ambientales de un tipo diferente, específicamente agua limpia y riesgos para la salud relacionados con las enfermedades infecciosas. La teoría económica predominante era la del crecimiento económico sin límites que beneficiaría todos los niveles de la sociedad y que proporcionaría mayores ganancias para atraer la inversión. Otra razón para descuidar el ambiente era que los otros problemas sociales eran tan graves y evidentes que la contaminación era considerada mucho menos importante. En esa época, no había ninguna ciencia de salud pública que se encargara de la contaminación química, a pesar de que el pensamiento científico sobre los efectos de las exposiciones químicas eran relativamente sofisticados en las investigaciones sobre los envenenamientos intencionales. La historia de los estudios ambientales de contaminación en el siglo XX es la de cómo el problema de la contaminación industrial ha superado a otros problemas de salud pública después de una primera etapa de negligencia con relación a aquellos.

Cuadro 1.3

Eventos importantes de interés ambiental

- 1798 - Thomas Malthus desarrolló sus teorías sobre la distribución de los recursos y la población.
- 1848 - El Parlamento Británico aprobó el Acta de Salud Pública.
- 1895 - Svante Arrhenius describe el efecto invernadero.
- 1899 - Primera Convención Internacional para prohibir las armas químicas.
- 1956 - Se aprobó el Acta Británica del Aire Limpio.
- 1962 - Publicación del libro "Primavera Silenciosa" de Rachel Carson, que atrajo la atención sobre los plaguicidas y el ambiente.

continúa...

- 1969 - Primer Convenio Internacional sobre la cooperación en caso de contaminación marina (Región del Mar del Norte).
- 1972 - Conferencia sobre Medio Ambiente Humano de las Naciones Unidas, Estocolmo. El DDT se prohibió en los Estados Unidos .
- 1982 - La Conferencia Multilateral sobre Acidificación del Ambiente comienza un proceso que conduce a un reconocimiento formal de la contaminación transfronteriza y la necesidad de controles internacionales.
- 1983 - La Asamblea General de las Naciones Unidas crea la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo.
- 1985 - Científicos de 29 países convocados por la OMM y el PNUMA analizan el calentamiento global y sus consecuencias.
- 1987 - Nuestro Futuro Común (reporte de la Comisión Brundtland), un llamado al "desarrollo sustentable". Consideró a la salud como base del bienestar humano.
 - Protocolo de Montreal sobre la limitación de las emisiones a la atmósfera de clorofluorocarbonos para reducir el deterioro de la capa de ozono.
- 1992 - Conferencia Cumbre de Naciones Unidas sobre el Desarrollo y el Medio Ambiente, Río de Janeiro (Cumbre de la Tierra).
 - Se firman convenios sobre calentamiento global y biodiversidad.
 - Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo y Agenda 21.
- 1994 - Conferencia Internacional sobre Población y Desarrollo, El Cairo.
- 1995 - Cumbre de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social, Copenhague.
- 1996 - Conferencia sobre Asentamientos Humanos (Habitat II), Estambul.

La ineficacia intrínseca de la tecnología victoriana aseguró que la contaminación permaneciera como un problema hasta los inicios del siglo XX, el que se caracterizó más por el refinamiento tecnológico que por la innovación. La química aplicada y la ingeniería se expandieron de manera espectacular a finales del siglo XVIII y principios del XIX, lo que condujo a la introducción de muchos procesos que generaron contaminación, particularmente en la producción de ácido sulfúrico, jabón, lejía y carbonato de sodio. La química orgánica se desarrolló más tarde e introdujo muchos nuevos productos sintéticos. Sin embargo, la mayoría de estos productos eran biodegradables; es decir, eventualmente ellos podrían ser destruidos por procesos naturales en el ambiente.

Sólo antes y durante la segunda guerra mundial, adelantos importantes en la ingeniería y la química cambiaron considerablemente la industria, especialmente en el sector químico. Las gomas sintéticas, los disolventes, los plásticos y los plaguicidas estuvieron disponibles y eran frecuentemente más efectivos y más baratos de producir que los productos anteriores.

Muchos de los nuevos productos sintéticos estaban basados en el cloro. Un gran número de estos productos era muy difícil de destruir por procesos naturales del ambiente. También, los cambios en la tecnología y la gran demanda de consumidores en América del Norte, Japón y Europa provocaron un gran aumento en el volumen de materiales peligrosos. En los años de posguerra la producción se expandió en escala masiva y con ello aumentó la contaminación industrial, lo que provocó una amplia protesta pública en las décadas de los años sesenta y setenta en muchos países.

1.3.3 LA SEGUNDA OLA DE INTERÉS AMBIENTAL

Estos movimientos públicos y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano en 1972, persuadieron a muchos gobiernos nacionales a introducir legislaciones para detener la contaminación industrial, en gran medida al exigir a las compañías que limitasen las emisiones de elementos contaminantes. Este movimiento ambiental tuvo su auge en los inicios de 1970 y dejó una estructura duradera de regulaciones, nuevas tecnologías y políticas encaminadas a prevenir la contaminación química, particularmente en el mundo desarrollado. Aunque no fueron del todo efectivas, estas acciones redujeron considerablemente la cantidad total de contaminación industrial por un tiempo, y resultaron muchos ejemplos de mejoramiento ambiental exitoso. Sería una exageración decir que el mundo desarrollado resolvió el problema o incluso que redujo la contaminación industrial a niveles aceptables, pero la escala del problema sí disminuyó significativamente.

Las exposiciones que tenían lugar en los puestos de trabajo eran con frecuencia mucho más intensas que aquellas ocasionadas por las emisiones en el entorno de la planta. Desafortunadamente, los movimientos ambientales hicieron muy poco por la salud de los trabajadores durante esta época. Los dos problemas no parecían estar vinculados. En tanto, la salud de los trabajadores avanzó más lentamente, como parte del movimiento para mejorar sus derechos.

Durante la época de los años 70 la atención estuvo centrada casi por completo en productos químicos tóxicos específicos, en tanto que el dióxido de carbono y otros productos químicos relativamente atóxicos, como los clorofluorocarbonos, no eran objeto de interés; no fue sino hasta finales de los años 80 que se tuvo un conocimiento generalizado de los graves peligros que estos representan para el medio ambiente, aunque numerosos científicos advirtieron de ello desde mucho antes. Sin embargo, en la actualidad, estos productos químicos provocan una gran preocupación ambiental.

1.3.4 LA TERCERA OLA DE INTERÉS AMBIENTAL

En las décadas de los 80 y 90, la tasa acelerada del desarrollo económico de los países subdesarrollados, acompañada de un aumento sustancial de la población mundial, creó un nuevo factor crítico dentro de la problemática ambiental. Hasta entonces los niveles de producción en el mundo subdesarrollado habían sido bajos comparados con los del mundo desarrollado. Como consecuencia, la contaminación industrial en el mundo en desarrollo tiende a estar restringida a áreas locales, como había ocurrido en otras partes durante los períodos iniciales del desarrollo económico. Recientemente, sin embargo, los niveles de producción en estos países han aumentado y la demanda de mercancías ha crecido, producto de la posibilidad de comercio entre ellos. Mucha de la producción en este nuevo sector es relativamente de baja inversión de capital, y por lo tanto, con mucha frecuencia se basa en tecnologías más baratas y atrasadas. Hay comúnmente pocos controles sobre las emisiones de contaminantes, y como resultado existe un aumento considerable de la contaminación industrial.

Los nuevos intereses comienzan a surgir. Por ejemplo, algunos toxicólogos enfocan las sustancias químicas que afectan gravemente el sistema endocrino (ver el Capítulo 2) y son persistentes en el ambiente. Seguramente el conocimiento sobre el calentamiento global (ver Capítulo 11) ha generado el interés renovado en el ambiente, que probablemente continuará en las décadas futuras. La subalimentación, la miseria, el desempleo, el analfabetismo y la explotación caracterizan a los países subdesarrollados.

1.4 Los requerimientos básicos para un ambiente saludable

Cinco requerimientos son básicos para un ambiente saludable: aire limpio, agua potable y suficiente, seguridad alimentaria y nutrición adecuada, convivencia segura y pacífica, y ecosistema estable y apropiado para la supervivencia humana.

1.4.1 AIRE LIMPIO

El aire es esencial para la vida, sin él podríamos sobrevivir únicamente unos minutos. La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más serios en las sociedades a todos los niveles de desarrollo económico. Aproximadamente 500 millones de personas se exponen a diario a niveles altos de contaminación del aire en sus casas por el humo originado por combustiones en el ambiente abierto o en cocinas pobremente diseñadas. Más de 1500 millones de personas viven en áreas urbanas con niveles peligrosamente altos de contaminación del aire (OMS, 1992). El desarrollo industrial está asociado con la emisión de grandes cantidades de gases y partículas, emitidas por la producción industrial y también por la quema de combustibles derivados del petróleo para la genera-

ción de energía y el transporte. Cuando la tecnología se introdujo para controlar la contaminación del aire por emisiones de partículas, se encontró que las emisiones gaseosas continuaron y ocasionaron sus propios problemas. Los esfuerzos actuales para controlar ambas (partículas y emisiones gaseosas) han sido parcialmente exitosos en gran parte del mundo desarrollado, pero hay evidencias recientes que esa contaminación del aire, aún dadas las menores exposiciones actuales, continua siendo un riesgo para la salud.

En las sociedades que se desarrollan rápidamente no se invierten los recursos suficientes en el control de la contaminación del aire a causa de otras prioridades económicas y sociales. La expansión rápida de la industria en estos países ha ocurrido a la vez con un aumento del tránsito de automóviles y camiones, incremento de la demanda de viviendas y la concentración de la población en grandes áreas urbanas llamadas megalópolis. El resultado han sido algunos de los peores problemas de contaminación del aire en el mundo.

En muchas sociedades tradicionales y otras donde las fuentes de energía doméstica que se consideran limpias no están aún ampliamente disponibles, la contaminación del aire es un problema severo a causa del uso de combustibles ineficientes y productores de humo usados para la calefacción y la cocina. Esto ocasiona contaminación del aire dentro y fuera de las viviendas. El resultado puede ser las enfermedades pulmonares, de los ojos y el aumento de riesgo de cáncer. Están particularmente expuestos las mujeres y los niños de las comunidades pobres en países subdesarrollados.

La calidad de aire dentro de los domicilios es un problema también en muchos países desarrollados, porque los edificios se construyeron para ser herméticos y energéticamente eficientes. Los productos químicos utilizados para la calefacción y los sistemas de enfriamiento, el hábito de fumar y los compuestos volátiles constituyen elementos que se acumulan y crean problemas de contaminación en el aire interior.

1.4.2 AGUA SEGURA Y SUFICIENTE

El agua es esencial para la vida, ya que necesitamos beber entre uno y dos litros por día. Después de cuatro días sin agua una persona morirá. Además, el agua es esencial para las plantas, los animales y la agricultura; a lo largo de la historia humana las personas se han agrupado en las márgenes de los lagos y los ríos para conseguir agua para sus hogares y las labores agrícolas. El agua también provee un medio de transporte natural, permite la eliminación correcta para los residuales y juega un papel esencial en los cultivos, pesca y sectores industriales. Aunque el agua se considera un recurso renovable, es de disponibilidad limitada. Además, está desigualmente distribuida entre los países y las personas del mun-

do. En muchas regiones la escasez de agua dulce es el obstáculo principal a la producción agrícola e industrial. En algunos casos esto ha conducido a conflictos difíciles (por ej. las dificultades de compartir recursos de agua entre los países del Medio Oriente). Su escasez conduce a la degradación del suelo y a la pobreza. Muchas regiones urbanas y rurales sacan el agua desde acuíferos subterráneos en más cantidad que la capacidad de éstos para recuperarse de las extracciones.

La calidad del agua es de gran importancia. Una proporción alta de amenazas a la vida y la salud son las infecciones que se transmiten mediante el alimento o el agua contaminados. De hecho, más de 80% de todas las enfermedades en los países en desarrollo se atribuye a la carencia de agua segura y los medios apropiados para la disposición de excretas. Aproximadamente la mitad de la población mundial sufre de enfermedades asociadas con el agua insuficiente o contaminada, que afecta en su mayoría a las personas más pobres en todos los países en desarrollo. Dos mil millones de personas están en riesgo de enfermar por afecciones provocadas por el agua y los alimentos. Las enfermedades diarreicas son la causa principal de aproximadamente cuatro millones de muertes de niños cada año. Las epidemias de cólera, que son también frecuentemente transmitidas por beber agua contaminada, aumentan en frecuencia. La esquistosomiasis (200 millones de personas infectadas) y la dracunculosis (10 millones de personas infectadas) son dos de las enfermedades más severas provocadas por la falta de calidad del agua. Los insectos y vectores criados en el agua transmiten otras graves enfermedades como la malaria (267 millones infectados), la filariasis (90 millones infectados), la oncocercosis (18 millones infectados) y el dengue (30 a 60 millones infectados) (OMS, 1992a).

La escasez de agua comúnmente afecta su calidad, y provoca dificultades con los baños, los efluentes industriales y los escurrimientos urbanos y agrícolas que sobrepasan la capacidad de los cuerpos de agua para biodegradar los desechos y para diluir las materias no biodegradables. La contaminación del agua es muy severa en las ciudades que carecen de controles sobre las emisiones industriales y donde frecuentemente no existen los alcantarillados, desagües y plantas de tratamiento.

1.4.3 ALIMENTO ADECUADO Y SEGURO

Los alimentos proveen la energía y demás nutrientes necesarios para que nuestros cuerpos funcionen. Se requiere el equivalente de unas 1000 a 2000 calorías cada día para que el organismo permanezca vivo, dependiendo de cada persona, el peso del cuerpo y de su actividad física. Sin el alimento, la mayoría de la gente

moriría después de cuatro semanas. El alimento también provee vitaminas y oligoelementos esenciales sin los cuales las personas desarrollan enfermedades carenciales.

La magnitud de la producción de alimentos que permiten los sistemas productivos del mundo ha aumentado paralelamente al crecimiento de la población en las últimas décadas (Figura 1.3). No hay escasez global de alimentos ni una carencia de capacidad para producirlos. Sin embargo, el éxito en la agricultura global no se ha compartido equitativamente. Asia y América Latina han aumentado considerablemente su producción alimentaria *per capita*, mientras la producción alimentaria de África no ha igualado el paso del crecimiento de la población, y los países de la antigua Unión Soviética han tenido una disminución dramática en la producción alimentaria. Para una gran parte de la población del mundo, subalimentada y con infecciones asociadas, la malnutrición continúa siendo la causa principal de enfermedad y muerte prematura. Las patologías de origen alimentario ocasionan millones de casos de enfermedades diarreicas cada año. La pobre distribución alimentaria y su mala utilización son los causantes principales de esta situación. La rápida degradación de los recursos del suelo y el agua también son una amenaza importante para la futura producción alimentaria. Para colmo de males, las presiones económicas para desarrollar

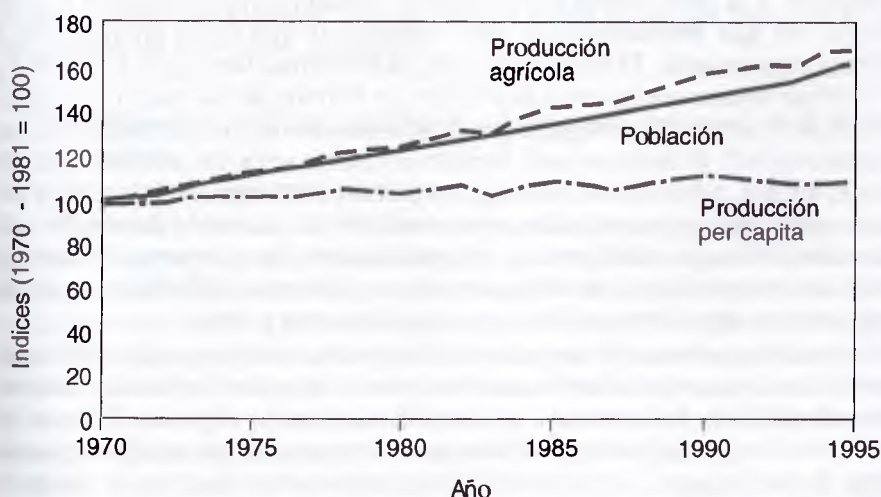


Figura 1.3. Tendencias en la producción mundial de alimentos y en la producción alimentaria *per capita*. (Con base en datos de las Naciones Unidas 1981, 1990, 1995c y FAO, 1995. Reimpresión de OMS, 1997).

exportaciones de productos agrícolas significan que, cada vez más, las mejores tierras no están siendo usadas para la producción alimentaria local.

Hay muchos efectos de una dieta inadecuada sobre la salud que no tienen relación con enfermedades de origen alimentario. Estos incluyen inanición en condiciones de desastre, excesivo número de prematuros y bajo peso al nacer, y alimentación tan deficiente que debilita los sistemas inmunes y niega el crecimiento y desarrollo apropiado a millones de niños. Los alimentos contaminados por toxinas de plantas y hongos o en el pescado y mariscos pueden constituir un problema severo. Igualmente, los alimentos contaminados por exposiciones a tóxicos que resultan de residuos y productos químicos empleados en la agricultura o indirectamente mediante la contaminación ambiental del suelo por los disolventes y metales tóxicos, pueden afectar también la salud.

1.4.4 ASENTAMIENTOS SEGUROS Y PACÍFICOS

Un lugar seguro y pacífico para vivir es otra condición necesaria para la salud. La vivienda inadecuada y las otras necesidades estructurales adversas afectan la salud de muchos residentes urbanos. El empleo incierto con bajo ingreso, el arrendamiento residencial inseguro y la mala salud van de la mano, así como el refugio hacinado o inadecuado y las carencias espaciales y de saneamiento, junto a la ausencia de otras protecciones mínimas para la salud. Los residentes se exponen a la enfermedad por patógenos, **contaminantes, violencia y otros riesgos**, los que frecuentemente son condiciones que crean enajenación y disfunción psicosocial. El abuso de drogas, los problemas familiares, el suicidio y la violencia urbana se cree están asociados con la vivienda hacinada (sin embargo la experiencia en China sugiere que el hacinamiento no crea automáticamente violencia social). El hacinamiento fomenta la diseminación de infecciones respiratorias agudas, tuberculosis, meningitis y parásitos intestinales. Los niños y ancianos están en riesgo particular como resultado de un menor desarrollo o la reducción de la capacidad inmune, respectivamente. La aglomeración también facilita las lesiones tales como las quemaduras y hace más difícil almacenar sin riesgo sustancias peligrosas tales como lejía, kerosene y otras.

En las áreas urbanas de los países en desarrollo, una proporción alta de viviendas tienen características de asentamientos informales, hechas de materiales combustibles y frecuentemente construidas en sitios peligrosos. El tema del desalojo es una preocupación constante para la mayoría de los inquilinos y habitantes de esos lugares. Como estos asentamientos tienen sistemas de abastecimiento de agua rudimentarios y ningún alcantarillado o desagüe, el riesgo de infección asociado con las excretas es siempre alto. Se estima que de 30 a 50% de los desechos sólidos generados en áreas urbanas de países en desarrollo no se recolecta.

Por supuesto, la guerra y la violencia civil son factores importantes que desorganizan el alojamiento y amenazan el bienestar, como lo han demostrado, por ejemplo, las experiencias recientes de Somalia, Ruanda, Bosnia-Herzegovina, Kosovo y otras.

1.4.5 AMBIENTE GLOBAL ESTABLE

La salud humana y el ecosistema se vinculan intrincadamente. El transporte a larga distancia de contaminantes por el aire, el movimiento transfronterizo de desechos y productos peligrosos, el agotamiento del ozono estratosférico, la pérdida de la diversidad biológica y el cambio climático están entre los problemas globales que amenazan la salud (OMS, 1992a). Por ejemplo, los óxidos de nitrógeno y de azufre emitidos por los combustibles derivados del petróleo que energizan las industrias se transportan a distancias largas, frecuentemente a través de fronteras nacionales, y se convierten en ácidos que eventualmente caen en contacto con la nieve o como lluvia ácida. La salud puede ser afectada por el agua acidificada usada en el abastecimiento de agua si contiene concentraciones altas de metales (p. ej. cobre, aluminio y mercurio desde el suelo y sedimentos). Mientras tanto la capa de ozono está siendo dañada por diversos productos químicos, incluyendo los clorofluorocarbonos usados en la refrigeración. La capa de ozono dañada conduce al aumento de la exposición a radiación ultravioleta a un gran número de personas, lo que a la vez puede ocasionar cataratas en los ojos, cáncer de piel y otros problemas.

1.5 Medición de la calidad ambiental, exposiciones humanas y el impacto en la salud

1.5.1 MEDICIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL

Los peligros ambientales, los niveles de exposición humana a estos peligros ambientales y los impactos sobre la salud que de ello resultan, se correlacionan muy claramente. Específicamente, la investigación de los efectos ocasionados por el medio ambiente sobre la salud siempre requiere tener en consideración la naturaleza del peligro y los niveles de exposición al mismo. Sin embargo, aunque este pensamiento es pertinente para evaluar el alcance del cambio ambiental dentro de la salud ambiental, el propósito de este libro es enfocar la evaluación de exposiciones de los seres humanos y los impactos sobre su salud.

En muchos países la determinación de los contaminantes en el aire, agua, alimentos, y a veces en el suelo, ha llegado a ser una rutina. La mayoría de las mediciones se han hecho debido a los efectos sobre la salud, pero algunas se relacionan con el uso agrícola o industrial del aire, agua o suelo. Los ejemplos de

determinaciones más comunes son el dióxido de azufre (SO_2) y las partículas suspendidas totales (PST) en el aire, que indican el alcance de la contaminación por el uso de carbón o el combustible de motores diesel usados en industrias específicas (p. ej. fábricas de cemento). Otra medida común es la concentración de bacterias *Escherichia coli* (*E. coli*) en el agua. Esto da un buen indicio de la contaminación fecal del agua, y hasta qué punto el agua puede usarse para beber, el baño o el procesamiento de alimentos. En ciertas áreas áridas del mundo, el agua de manantial puede tener concentraciones naturales muy altas de metales tóxicos como por ejemplo el arsénico, por lo que el monitoreo de rutina es necesario.

Hay una diferencia importante entre el control de la calidad ambiental y el control de la exposición humana. Esto último toma en cuenta si el aire contaminado ha sido inhalado realmente, si el agua contaminada ha sido bebida y si el alimento contaminado ha sido ingerido. Además, el monitoreo de la exposición humana a un contaminante toma en cuenta el tiempo que la persona permanece en el área contaminada y la cantidad de contaminantes que realmente ingresan a su organismo.

1.5.2 MEDICIÓN DE LA EXPOSICIÓN HUMANA

La medida o estimación de los niveles de exposición a un contaminante o a un peligro ambiental se llama *evaluación de la exposición*. La exposición humana puede ocurrir a través de varias rutas, las más importantes son: inhalación, ingestión y contacto con la piel. La evaluación puede ser acometida mediante un enfoque directo, un enfoque indirecto, o una combinación de ambos. Con el enfoque directo, las concentraciones de contaminantes en un individuo provenientes de los alimentos, el agua, el aire o el contacto con la piel se realizan directamente. El estudio de campo que usa monitores personales, los cuestionarios y los dietarios diarios proveen los datos de exposición. Las técnicas de muestreo de encuesta se usan para seleccionar una muestra de personas que estadísticamente representa la población de nuestro interés.

El enfoque indirecto usa un modelo matemático para estimar la exposición. La información sobre cuánto tiempo estuvo la persona en ambientes diferentes (tales como en sus hogares, lugares de trabajo, los vehículos automotores) se combina con datos sobre las concentraciones de contaminante en estos microambientes a fin de estimar la exposición humana a contaminantes aerotransportados. De igual modo, la información sobre el consumo diario de bebidas y alimentos puede ser inapreciable cuando se combina con datos sobre niveles de contaminantes en bebidas y alimentos a fin de estimar la exposición por la ingestión de contaminantes.

1.5.3 DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS Y RIESGOS SOBRE LA SALUD

Un efecto sobre la salud es el daño que un peligro ambiental puede ocasionar en una sola persona. Frecuentemente el mismo peligro puede ocasionar una gama de efectos de severidad diferente. Los efectos en el individuo pueden ser determinados por métodos diagnósticos tradicionales. La ciencia que efectúa tales mediciones de salud en las poblaciones se llama epidemiología. La epidemiología se define como "el estudio de la distribución y determinantes de estados o sucesos relativos a la salud en poblaciones específicas, y la aplicación de estos estudios al control de problemas de salud" (Last, 1988). Esta definición destaca el hecho de que los epidemiólogos tengan preocupación, no solamente por la muerte y la enfermedad, sino también por reafirmar positivamente la salud y los medios para mejorarla. El paso inicial de una investigación epidemiológica es la descripción del problema.

Una definición clara y precisa del efecto sobre la salud que investigamos (por ejemplo, la presión arterial máxima) debe establecer los límites precisos para no confundir las investigaciones. De forma similar, si el estudio es provocado por la exposición a un contaminante, el tipo de exposición tiene, necesariamente, que ser definido muy claramente.

La descripción de la distribución de los casos en tiempo, lugar y personas es también un primer paso de mucha utilidad para proveer información sobre la posible causa de la enfermedad y cualquier factor ambiental involucrado en la misma.

Hay dos enfoques para cuantificar el número de casos que están ocurriendo, uno es el número de casos nuevos (*incidencia*) y otro es el número de casos existentes (*prevalencia*). La incidencia se mide a lo largo de un período de tiempo determinado (para las enfermedades infecciosas agudas la incidencia se mide frecuentemente en días o semanas, mientras que en las crónicas es habitual medirla en años). La prevalencia sólo puede ser medida en un momento específico o sobre un corto período definido (llamado período de prevalencia).

Una vez establecida la definición de caso, es importante definir la población en riesgo de exposición y el resultado al que se quiere llegar, para evitar incluir personas no expuestas realmente al riesgo, lo cual debilitaría la medición de la asociación. La población expuesta al riesgo debe ser clasificada de acuerdo a variables tales como, sexo, área de residencia, puesto de trabajo, ocupación, grupo étnico y otras. La definición de las poblaciones expuestas al riesgo se hace más difícil en situaciones donde la enfermedad objeto de estudio es una enfermedad crónica, indistinguible de las afecciones normalmente endémicas o con largos períodos de latencia. En tales situaciones las tasas de morbilidad deben ser estudiadas en unidades relativamente grandes de población (países, provin-

cias) y por largos períodos de tiempo. Después de definidos los casos y la población en riesgo, éstos pueden usarse para calcular la tasa de ocurrencia de la afección (tasa de incidencia o prevalencia).

La incidencia observada (o prevalencia) de la enfermedad deberá entonces ser comparada con la incidencia de la enfermedad en otra población de referencia (o control), con un ajuste apropiado de las tasas en grupos equivalentes de población, distribuidos por edad, sexo y otros aspectos similares y con definiciones similares de la enfermedad objeto de estudio. De esta manera se podrá determinar si realmente hay un incremento en el riesgo (probabilidad) de que la población expuesta presente los efectos sobre la salud y esa información obtenida puede ser utilizada para identificar qué factor puede haber causado este incremento de la enfermedad.

1.5.4 MONITOREO DE LA SALUD AMBIENTAL

Cuantificar los efectos sobre la salud mediante el monitoreo o la vigilancia de la salud de las poblaciones requiere de la selección de indicadores apropiados de salud, el desarrollo de métodos de monitoreo y la evaluación de la calidad de los datos. Resulta de gran importancia la normalización de los indicadores de salud y la armonización de las técnicas de muestreo y de medición. Estos hacen posible la comparación de los datos de diferentes jurisdicciones. Las estrategias de monitoreo de la salud involucran la aplicación de métodos diferentes para conseguir resultados de la manera más eficaz en función de los costos (Tabla 1.1).

Las estrategias de monitoreo dependen de la infraestructura de salud pública disponible. El uso de registros hospitalarios y de los servicios de asistencia médica es más factible en países que cuentan con sistemas de salud pública de cobertura nacional, administrados de forma centralizada, que en países donde la mayoría de los servicios son brindados por agencias independientes de atención médica y organizaciones privadas. Las estrategias de vigilancia con base en encuestas de muestras representativas pueden ser una alternativa más realista en algunas situaciones.

Cada país debe desarrollar su propia estrategia de vigilancia de la salud. Deberá darse prioridad a la vigilancia de aquellas variables de la salud y el ambiente que posean: a) los mayores impactos sobre la salud de la población, y b) el mayor potencial para la prevención. Los analistas deberán considerar también si hay un fuerte compromiso para intervenir con medidas preventivas.

La Tabla 1.2 describe tipos de información e indicadores que pueden ser utilizados para evaluar los impactos potenciales sobre la salud física y psicosocial, tanto en la población general como en los trabajadores. Éstas son esencialmente mediciones directas relativas a la salud. Los indicadores indirectos de salud ocu-

Tabla 1.1 Características de algunos enfoques seleccionados para el control de la salud.

	Muestra de población	Proveedores de datos	Potencialidad para la cuantificación de impacto ambiental
Registros nacionales	La población total del país	Personal de salud Registros hospitalarios Registros de laboratorio	Grande, provee buenos datos relacionados con la exposición. Deben controlarse los factores de confusión.
Registros locales	Población total de territorios y unidades administrativas menores	Personal de salud Registros hospitalarios Registros de laboratorio	Grande, provee buena información en relación con la exposición. Las conclusiones se podrán generalizar sólo si la muestra de la población es representativa.
Redes centinelas	Población cubierta por el suministrador de información	Profesionales seleccionados de hospitales y laboratorios	Sólo si los datos de la exposición de interés son colectados de forma concurrente o existen datos disponibles de otras fuentes.
Encuestas periódicas de salud	Idealmente realizadas en muestras representativas de la población de interés	Equipos entrenados específicamente para hacer encuestas	Sólo si se recolectan concurrentemente datos de la exposición de interés o si están disponibles a partir de otras fuentes.

cional o pública incluyen la vigilancia de los indicadores biológicos antes mencionados (ver Capítulo 3), así como de monitoreo ambiental.

Los indicadores ambientales de salud están siendo incorporados en muchos programas ambientales. Las directivas para el uso de estos indicadores están expuestas en: *Linkage Methods for Environmental Health Analysis* (Métodos de enlace para el análisis de salud ambiental) (Briggs, et al., 1996).

Tabla 1.2 Indicadores útiles en las evaluaciones de impacto ambiental.

	Salud física	Bienestar psicosocial
Población general	• Efectos respiratorios • Efectos del ruido y sociales • Daños • Enfermedades transmisibles • Cáncer • Efectos sobre la fertilidad y desarrollo (p. ej.: anomalías congénitas)	• Cambios en la calidad de vida • Cambios en patrones culturales • Tasas de crimen • Tasas de drogadicción • Condiciones relacionadas con el estrés
Trabajadores	• Lesiones • Días sin trabajar • Limitaciones de la actividad a largo plazo • Efectos respiratorios • Dermatitis • Efectos sobre la fertilidad y el desarrollo • Cáncer	• Cambios en la calidad de vida • Reubicación laboral • Condiciones relacionadas con el estrés • Efectos del desempleo

1.6 Patrones de enfermedad a lo largo del mundo

1.6.1 TRANSICIONES DEMOGRÁFICAS Y EPIDEMIOLÓGICAS

En los dos últimos siglos han tenido lugar grandes cambios en las condiciones de salud en la mayoría de los países. En Europa, de una elevada mortalidad con una alta tasa de natalidad y elevada morbilidad por numerosas enfermedades transmisibles se produjo un notable cambio a una baja mortalidad, baja tasa de natalidad y un escaso número de casos de enfermedades transmisibles. Este cambio comenzó a finales del siglo XIX y ha continuado hasta el presente y se conoce como la transición demográfica (Figura 1.4). La misma se relaciona, principalmente, con las tasas de natalidad y mortalidad. Cuando ambas fueron altas, la población se mantenía estable. En aquellos países donde ahora ambas son bajas, la población ha vuelto a mantenerse estable, por ejemplo, en los países escandinavos.

Durante la transición de altas a bajas tasas hay un período en que desciende la tasa de mortalidad, mientras la tasa de natalidad permanece alta, y durante este período la población crece. A mayor descenso de la mortalidad y manteniendo alta la natalidad, más rápido será el crecimiento de la población. Ejemplos

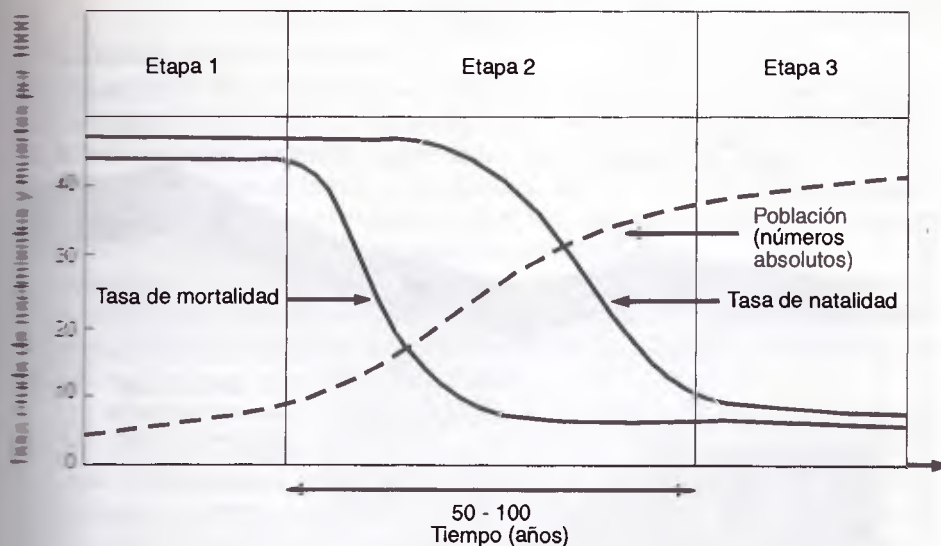


Figura 1.4 La transición demográfica (reimpresa de Kjellstrom y Rosenstock, 1990).

de este fenómeno pueden encontrarse en la mayoría de los países en desarrollo. Muchos países desarrollados han completado su transición demográfica y la tasa de mortalidad no puede reducirse mucho más.

La alta tasa de mortalidad en la etapa pretransicional está muy relacionada con la elevada morbilidad por enfermedades transmisibles, de manera que la transición en la tasa de natalidad y mortalidad es acompañada por un cambio en el patrón de las causas de muerte: menos enfermedades transmisibles y más enfermedades crónicas no transmisibles. Este cambio en el modelo de enfermedad se ha llamado la *transición epidemiológica* (ver Figura 1.5).

Se ha mostrado este modelo de cambio en todos los países que han tenido un desarrollo económico, mejoras en la vivienda, el saneamiento y la infraestructura comunitaria, lo que reduce el riesgo de enfermedades transmisibles. Está claro que no es el desarrollo de la economía por sí misma la que mejora como tal la salud, sino las mejoras en el abastecimiento de agua, vivienda y alimentación que son parte del desarrollo de los servicios comunitarios. Un aspecto interesante de este modelo es el crecimiento en importancia de las enfermedades crónicas no transmisibles, en su mayor parte debido a la expectativa de vida más larga y a la proporción creciente de gente de edad avanzada en las comunidades.

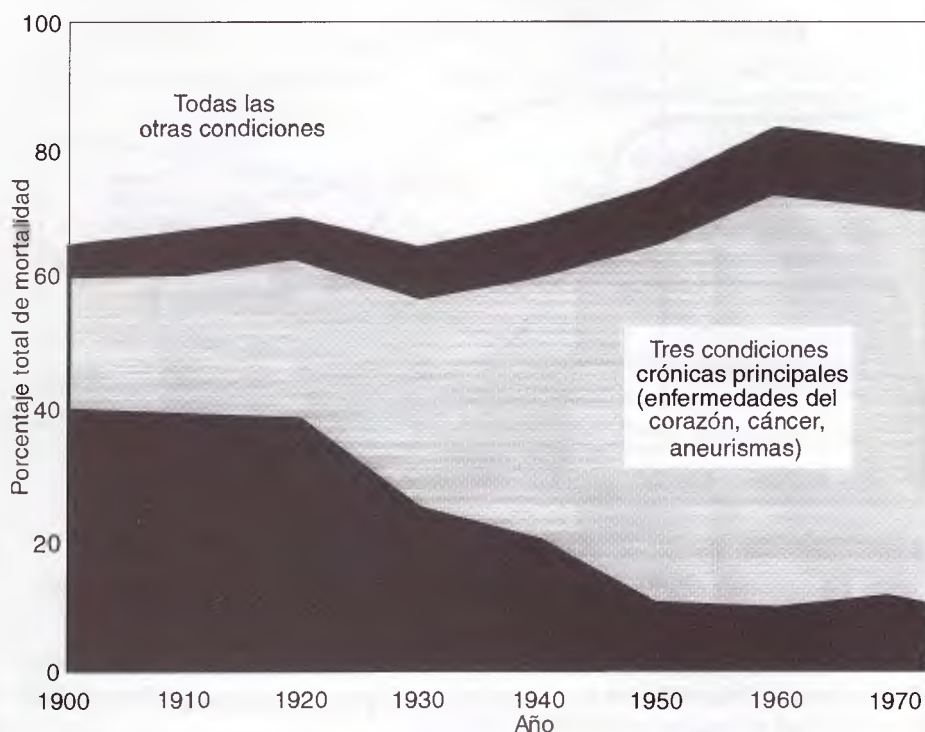


Figura 1.5 Transición epidemiológica en los Estados Unidos.
(Fuente: Beaglehole *et al.*, 1993.)

Estas transiciones son acompañadas también por un cambio en los tipos de peligros ambientales a los que las personas se exponen. En la pretransición los peligros dominantes son los que nosotros conocemos como los tradicionales de la pobreza: consumo de agua insegura, carencia de saneamiento, refugio pobre, contaminación del aire por incendios, edificios pobres e insalubres, etc. Con el desarrollo económico y el progreso de la transición, los peligros modernos comienzan a dominar: contaminación del aire originada en las plantas eléctricas, la industria y los automóviles, contaminación del agua de origen industrial, exposiciones a productos químicos agrícolas, etc. El término riesgo para la salud en la transición se ha acuñado para describir este proceso (Kjellstrom y Rosenstock, 1990). Todos estos conceptos pueden ser útiles para describir el cambio que ocurre conjuntamente con el desarrollo económico y comunitario.

1.6.2 TENDENCIAS DE MORTALIDAD

Las tasas crudas de mortalidad están disminuyendo en muchos países en desarrollo, mientras permanecen constantes en regiones desarrolladas. La expectativa de vida muestra, por medir mejor de las tendencias ya que toma en consideración las diferencias en la estructura de edad, las mejoras en la salud logradas a lo largo del mundo, aunque la expectativa de vida sea todavía mucho más baja en los países en desarrollo que en las regiones desarrolladas.

Como las cifras de mortalidad estandarizadas por edades no están generalmente disponibles para los países en desarrollo, la Tabla 1.3 provee una estimación de la proporción de muertes por diversas causas sobre la base del porcentaje de contribución al número total de muertes.

Las diferencias entre los dos modelos mostradas en la Tabla 1.3 reflejan parcialmente una composición diferente de edad en los dos grupos de países. Pero esa explicación no aclara la disparidad en la mortalidad por enfermedades infecciosas en general o la diferencia en la mortalidad por tuberculosis. Tales estadísticas son la evidencia dramática del estado de la pretransición en el mundo en desarrollo.

La muerte, como un suceso inequívoco, ayuda mucho para las comparaciones estadísticas de situaciones de salud entre los países. Sin embargo, la tasa de mortalidad tiene sus limitaciones. Ésta nos cuenta poco sobre el sufrimiento y la pérdida de la productividad relativa a causa de la morbilidad. La información directa sobre la incidencia y la preponderancia de enfermedades sería un mejor indicador, pero, en muchos países, éste solamente está disponible mediante encuestas limitadas en el tiempo y alcance geográfico. Los sistemas de registro de casos de enfermedades transmisibles importantes, tales como el SIDA, la fiebre

Tabla 1.3 Causas de muerte en países desarrollados y en desarrollo, 1993.

Causa de muerte	Porcentaje de muertes por causas	
	Países desarrollados	Países en desarrollo
Infecciones y enfermedades parasitarias	1.2	41.5
Enfermedades respiratorias crónicas	7.8	5.0
Neoplasias malignas	21.6	8.9
Enfermedades del sistema circulatorio	46.7	10.7
Causas maternas	0	1.3
Condiciones perinatales y neonatales	0.7	7.9
Mortalidad por causas externas	7.5	7.9
Otras causas desconocidas	14.5	16.8
Fuente: OMS, 1995a.		

amarilla, la lepra y el cólera existen en la mayoría de los países. Los datos anuales sobre la incidencia de cáncer se informan a la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) por los registros de los países participantes.

1.6.3 LA CARGA DE ENFERMEDAD

Muchas condiciones que no son mortales son responsables de una alta prevalencia de enfermedad o incapacidad. Para medir el impacto de la pérdida de salud sobre la población, se ha acuñado el término de “carga de enfermedad” (World Bank, 1993; López y Murray, 1994; anteriormente se utilizaba el término “impacto en la salud pública”). Este concepto de “carga de enfermedad” incluye el impacto de la morbilidad y mortalidad sobre la vida normal y sobre la capacidad normal de trabajo. Frecuentemente, la unidad de cálculo se ha hecho en años de vida perdidos, medida estadística de conversión del tiempo de duración de la enfermedad e incapacidad en una escala comparable al número de años potencialmente perdidos a consecuencia de una enfermedad fatal. Las compañías de seguros han aplicado el mismo tipo de lógica a la compensación por una lesión permanente, por ejemplo cuando otorgan 25% de la compensación correspondiente a la muerte por la pérdida de una extremidad, 50% de compensación por la ceguera, etc.

Se han hecho intentos para expresar la “carga de enfermedad” en un número único, equivalente a los años de vida perdidos. A esto se le han dado nombres diferentes, tales como QALYs (siglas en inglés de Años de Calidad de Vida Ajustados) o DALYs (siglas en inglés de Años de Vida Ajustados en Función de Incapacidad) (AVAD en español). Cada uno de estos términos se basa en varias suposiciones, muy inciertas, sobre cómo un período de incapacidad o enfermedad debería traducirse en un número de años perdidos con anterioridad a la muerte. Así, los números finales necesitan ser interpretados con mucho cuidado. Es conveniente tener un número único para la “carga de enfermedad”, pero puede confundir, particularmente cuando los patrones de enfermedad se comparan a través del tiempo o entre regiones geográficas, ya que el impacto por enfermedad sobre el bienestar y la productividad no es constante. Por ejemplo, mejorando la rehabilitación y las tecnologías para mejorar la movilidad y las políticas de acceso, las incapacidades físicas se han hecho mucho menos desventajosas en algunos países. Al asumir que un tipo particular de incapacidad es equivalente al número particular de años de vida perdidos en cualquier país en un tiempo específico, se pueden cometer serios errores de cálculo.

La “carga de enfermedad” también puede describirse como una serie (o matriz) de números de mortalidad, morbilidad e incapacidad. Esto es más complejo que usar simplemente un número, pero ofrece la oportunidad de destacar

aspectos específicos de esa carga, tal como el impacto sobre el uso de los servicios de salud. Una matriz de carga de enfermedad haría también posible identificar mejor las contribuciones a esta carga por peligros ambientales específicos, sin la necesidad de traducir la enfermedad en muerte. Por ejemplo, en Suecia se ha estimado que más de 400 000 personas son afectadas en sus hogares por el ruido del tránsito y más de 100 personas mueren de cáncer pulmonar debido a la exposición a radón en sus residencias. ¿Sería posible una comparación del impacto sobre la salud por la perturbación del ruido y las muertes por cáncer con una unidad común de medida? ¿Sería ello necesario para orientar las decisiones sobre el aporte financiero en la prevención de riesgos diferentes para la salud? Los métodos para medir la carga de enfermedad (discutidos en el Cuadro 1.4) necesitarán más desarrollo a fin de producir información útil en la toma de decisiones para la adopción de medidas y prioridades que permitan el control de los peligros ambientales (Ostro, 1996).

Cuadro 1.4

El concepto de DALY

El concepto de DALY se describe con el fin de mostrar cómo se han hecho los cálculos para un ejemplo específico de carga de enfermedad. La organización Mundial de la Salud y el Banco Mundial emprendieron un ejercicio conjunto para intentar cuantificar el alcance de pérdidas de "vida saludable" debido a diversas enfermedades y condiciones. Las enfermedades se clasificaron en 109 categorías con base en la clasificación internacional de enfermedades (novena revisión). Usando la causa de muerte registrada cuando está disponible, y el fallo de expertos cuando los registros no estaban disponibles, el estudio asignó todas las muertes en 1990 a esas categorías por edad, sexo y región demográfica. Para cada muerte, el número de años de vida perdido se definió como una diferencia entre la etapa real de la muerte y la expectativa de vida en una población de baja mortalidad. La incapacidad y la incidencia de casos por edad, género y región demográfica se estimaron con base en encuestas comunitarias o en la opinión de expertos. El número de años de vida saludable perdida fue obtenido entonces multiplicando la duración esperada de la condición por el peso de severidad que mide la incapacidad en comparación con la pérdida de vida. Las enfermedades se agruparon en seis clases de severidad o de incapacitación. Las pérdidas por incapacidad y muerte se combinaron entonces. Como se muestra en la Figura 1.6, el valor relativo de cada año de vida perdido, mostrado a la izquierda, sube bruscamente desde el nacimiento al pico a la edad 25 y entonces declina gradualmente con la edad creciente. La ponderación por edad reflejó un criterio de consenso, pero otros modelos podrían usarse. A través de la combinación de descomponer (reduciendo un 3 % de manera que el uso futuro de vida saludable se valore

continúa...

progresivamente a niveles más bajos) y los pesos por edad (p. ej. usando el peso uniforme de edad, con cada año de vida con el mismo valor, por lo tanto aumentando la importancia relativa de enfermedades de la infancia), se puede observar un modelo de DALYs perdidos por muerte a cada edad. Como se muestra a la derecha, la muerte de una niña recién nacida representa una pérdida de 32.5 DALYs; una muerte femenina a la edad 30 años significa la pérdida de 29 DALYs y una muerte femenina a la edad de 60 años representa 12 DALYs perdidos.

Fuente: Banco Mundial, 1993

Tabla 1.4. Distribución global y regional de DALYs. Pérdida por causa, 1990.

Causa	Mundo	África ¹	ALAC ²	Europa ³	Economías demercedo ⁴
Población (millones)	5,267	510	444	346	796
Enfermedades transmisibles (%)	45.8	71.3	42.2	8.6	9.7
Tuberculosis	3.4	4.7	2.5	0.6	0.2
ETS y VIH	3.8	8.8	1.2	1.2	3.4
Diarrea	7.3	10.4	5.7	0.4	0.3
Infecciones evitables por vacuna	5.0	9.6	1.6	0.1	0.1
Malaria	2.6	10.8	0.4	<0.05	<0.05
Infecciones respiratorias	9.0	10.8	6.2	2.6	2.6
Causa materna	2.2	2.7	1.7	0.8	0.6
Causa perinatal	7.3	7.1	9.1	2.4	2.2
Otras	5.3	6.4	8.3	0.6	0.5
Enf. no transmisibles	42.2	19.4	42.8	74.8	78.4
Cáncer	5.8	1.5	5.2	14.8	19.1
Deficiencias nutricionales	3.9	2.8	4.6	1.4	1.7
Enfermedades neuropsiquiátricas	6.8	3.3	8.0	11.1	15.0
Enfermedades cerebrovasculares	3.2	1.5	2.6	8.9	5.3
Enf. isquémicas del corazón	3.1	0.4	2.7	13.7	10.0
Otras	19.3	9.9	19.8	25.0	27.3
Violencia (%)	11.9	9.3	15.0	16.6	11.9
Vehículos de motor	2.3	1.3	5.7	3.7	3.5
Intencionales	3.7	4.2	4.3	4.8	4.0
Otros	5.9	3.9	5.0	8.1	4.3
Total (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Millones de DALYs	1,362	293	103	58	94
DALYs x 1 000 habitantes	259	575	233	168	117

Ejemplos de cuatro de las ocho regiones, de acuerdo a la clasificación del Banco Mundial. ¹África Subsahariana. ²América Latina y el Caribe. ³Países ex-socialistas de Europa. ⁴Economías de mercado establecidas. Fuente: Banco Mundial, 1993

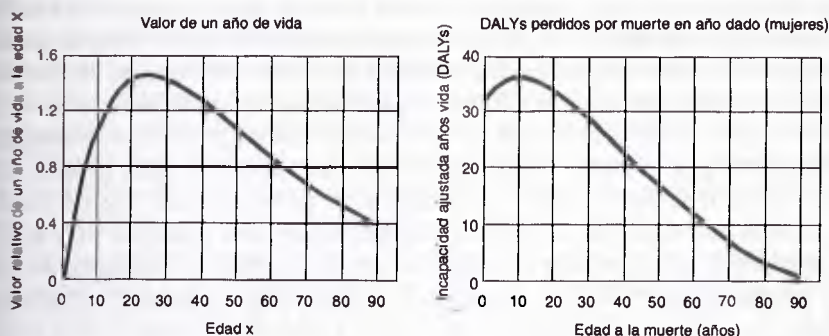


Figura 1.6 Patrones por edad ponderada y DALYs perdidos. (Fuente: Banco Mundial, 1993.)

La Tabla 1.4 muestra la carga global de enfermedad (GBD) como la suma de todas las enfermedades y otros problemas de salud, a lo largo de todas las edades en cuatro de las ocho regiones del mundo, según la clasificación del Banco Mundial.

1.6.4 GRUPOS VULNERABLES

El mayor factor de riesgo para la salud es la pobreza. Sin embargo, hay grupos particularmente vulnerables que merecen mención específica, tales como los niños, las mujeres, las minorías étnicas, los ancianos, los incapacitados y las poblaciones indígenas. Ellos son frecuentemente vulnerables porque en sus sociedades no están facultados y carecen de poder para cambiar sus ambientes físicos. Esto puede ocurrir por varias razones. También nosotros, frecuentemente, no sabemos cómo afectan las toxinas específicamente a subgrupos de la población. Muchos estudios ambientales de riesgo hasta la fecha involucran solamente adultos de la raza mayoritaria de esa sociedad. Así, los efectos del peligro sobre otros grupos de población no se conocen. (Como se aprecia en el Capítulo 3, los niveles de seguridad para la exposición a un contaminante para la población general se ajustan frecuentemente a lo que ocurre en estos grupos vulnerables.)

a) Niños

Los niños son físicamente más vulnerables a los peligros ambientales que los

adultos por varias razones. Sus cuerpos todavía se están desarrollando y el efecto de una agresión ambiental puede interferir con ese desarrollo. La investigación de cómo las toxinas pueden afectar al feto y al desarrollo del niño es llamada toxicología del desarrollo. El plomo, por ejemplo, ocasiona daño al desarrollo del sistema nervioso central en los niños. El valor del metabolismo de los niños es mucho más alto que el de un adulto, en parte porque ellos todavía están desarrollándose y en parte porque son más pequeños. Esto significa que su capacidad respiratoria, por ejemplo, es proporcionalmente mayor y ellos aspiran mucho más contaminación del aire en relación a su peso corporal que un adulto en circunstancias similares. Los niños también tienen una oportunidad mayor que los adultos de experimentar efectos crónicos de exposición a peligros ambientales, porque cuando ellos se exponen a un carcinógeno las oportunidades son mucho más altas, ya que vivirán más allá del período de latencia (los años que toma un cáncer para desarrollarse después de la exposición).

Los ambientes físicos de los niños son diferentes a los de los adultos. Los recién nacidos permanecen en cunas y no son capaces de evitar por sí mismos los peligros ambientales, como la luz solar directa. Ellos deben contar con los adultos para reconocer y convivir con ambientes peligrosos. Los niños pequeños viven cerca del suelo y así pueden exponerse a contaminantes en la tierra y el polvo. Como los niños pequeños transitan por una fase de comportamiento exploratorio oral intensivo, son propensos a la práctica de coger y comer suciedad.

Los niños son también vulnerables en un sentido social. Cuando las familias no son fuertes y la pobreza es severa, frecuentemente se les explota y pierden sus derechos. Los niños son menos capaces de protegerse a sí mismos mediante elecciones bien informadas, protestar por condiciones de trabajo o rehusar ser expuestos a peligros. En algunos países, son obligados a trabajar en ambientes peligrosos para ganar más dinero en apoyo a sí mismos y a sus familias. Bajo tales condiciones, que pueden considerarse como de esclavitud, no tienen ninguna protección y pueden ser severamente dañados. Cuando se lesionan no hay nadie para apoyarlos o para reemplazar su ingreso perdido. En algunas situaciones extremas, los niños han sido forzados a la prostitución y experimentan un riesgo alto de ser infectados con el VIH. Se estima que hay más de 20 millones de niños de la calle en América Latina solamente. El abuso de los niños y la negligencia paternal contribuyen a daños e intoxicación por drogas y otras sustancias químicas.

El ambiente de un niño juega un papel importante en la propagación de enfermedades infecciosas. A pesar de los éxitos en controlar las enfermedades evitables por vacunación, cada año 2.8 millones de niños mueren a consecuencia de ellas y unos tres millones sufren esas enfermedades (OMS, 1993b).

Ciertas enfermedades son más frecuentes en la niñez (por ej. asma), y las concentraciones altas de toxinas (por ej. por contaminación del aire) los afectarán antes a ellos que a los adultos. Muchos niños nacen prematuramente, en la pobreza, o no tienen alimentación adecuada. Esto a la vez disminuye su capacidad para protegerse contra un peligro ambiental. Un tercio de los niños en los países en desarrollo pesa menos de 2.5 kg al nacer, y casi la mitad de los niños en África muestran signos de desnutrición. Hay numerosos agentes biológicos, químicos y físicos que, a dosis bajas, tienen poco efecto sobre una madre, pero tienen profundos efectos, tales como anomalías congénitas y de desarrollo en sus fetos; la radiación y el metil mercurio son ejemplos de ello.

Reconociendo la vulnerabilidad de los niños, los ministros de los siete países más desarrollados y Rusia publicaron en 1997, la "Declaración de los líderes ambientalistas de los 8 sobre la salud ambiental de los niños" (USEPA, 1997). La declaración puso de relieve problemas de peligros específicos como la contaminación del agua, la calidad del aire, la contaminación por plomo y sustancias químicas que afectan el sistema endocrino, y el tabaquismo como grandes problemas generales y evaluaron parámetros que toman en cuenta la situación especial de los niños.

b) Mujeres

El rápido aumento de problemas que provienen de la destrucción de los recursos naturales, la rápida urbanización e industrialización, la contaminación y la presión de la población, tienen un impacto especial sobre las mujeres (Sims, 1994). Ellas tienen una condición menos privilegiada en la sociedad y menos acceso a los recursos, aunque están obligadas frecuentemente a cumplir múltiples funciones como productoras, reproductoras y administradoras domésticas. De los 1.3 millones de personas que viven en la pobreza, 70 % son mujeres (PNUD, 1995).

Las mujeres pueden estar en desventaja desde antes del nacimiento a causa de la alimentación inadecuada, carencia de educación, pesada carga de trabajo, nacimiento temprano y embarazos precoces y frecuentes. En algunos países, las mujeres sin cónyuge están en riesgo particularmente alto, y la prostitución ha crecido en proporciones inmensas en algunos países en desarrollo (esto se aplica a niñas y muchachas, así como también a mujeres adultas). Además, las mujeres sufren discriminación en el lugar de trabajo y frecuentemente se someten a las peores condiciones de trabajo. En las áreas rurales tienen cargas de trabajo particularmente pesadas, como son la responsabilidad en reunir la leña para combustible, coleccionar agua y forrajear alimentos.

La vulnerabilidad de las mujeres durante el embarazo y el nacimiento del niño es evidente dado los niveles muy altos de mortalidad materna en la mayoría de los países en desarrollo. En muchos asentamientos de bajos ingresos hay una

incidencia significativamente más alta de ciertas enfermedades entre las mujeres, vinculada a que ellas dedican más tiempo dentro de los asentamientos y sus ambientes contaminados. Las mujeres sufren más de las enfermedades asociadas con el mal saneamiento y el agua inadecuada y de las respiratorias relacionadas con el humo en ambientes domésticos en los que la calefacción y la cocina se realizan mediante combustiones a cielo abierto, o en cocinas pobremente diseñadas y sin sistemas de ventilación, que usan carbón o leña como combustible. (La OMS ha publicado una antología titulada *Mujeres, Salud y Ambiente* [Sims, 1994], que debe consultarse para ejemplos y detalles en esta área.)

El papel de las mujeres en el desarrollo sustentable ha recibido atención creciente. Se ha reconocido que en muchas sociedades las mujeres tienen mayor influencia que los hombres sobre la tasa de crecimiento de la población, mortalidad infantil y diversos aspectos de salud y degradación ambiental. Como tal, cualquier deterioro de la calidad que sea perjudicial a las mujeres es también perjudicial a la sociedad como un todo y al ecosistema global.

Las estadísticas con respecto al uso del tiempo indican que en casi todos los países industrializados y en desarrollo, contando todos los trabajos, pagados y no pagados, se considera que las mujeres emplean más tiempo trabajando que los hombres. Aunque actualmente trabajan fuera del hogar más mujeres que nunca antes, los sueldos son todavía inferiores a los correspondientes a los hombres, como se anotó arriba. Las mujeres trabajan más en el sector de los servicios, que ofrece una variedad mayor de trabajo con bajos salarios, y aún más trabajan en el sector informal, por ejemplo, vendiendo alimentos y comerciando en mercaderías familiares, labores de costura, el servicio doméstico y la artesanía. Las mujeres también contribuyen significativamente a la producción agrícola y han administrado bosques y usado productos de estos por siglos. Mantienen la responsabilidad primaria para conseguir abastecimientos y administrar el agua. Además, brindan atención básica de salud en muchas partes del mundo.

Sin embargo, en muchas sociedades las actitudes culturales y religiosas han resultado en leyes discriminatorias o prácticas que han impedido a las mujeres llegar a ser miembros con iguales derechos en la sociedad. En casi todas las áreas del mundo las tasas de alfabetización de las mujeres son menores que las de los hombres. Aunque las mujeres constituyen aproximadamente la mitad de la población mundial, ellas son dos tercios de los analfabetos del mundo. En algunos lugares, la discriminación contra las mujeres resulta en una tasa de mortalidad más alta en la infancia para las hembras que los varones. La discriminación de género también se manifiesta asimismo como la violencia contra las mujeres (comenzando con la práctica del infanticidio femenino), continuando con la práctica de la circuncisión femenina que produce serios riesgos a su salud. Esta discriminación subyace en el comercio internacional del sexo.

La pobreza en las mujeres limita su educación y oportunidades económicas, y la discriminación contribuye a la tasa alta de fertilidad, que a la vez conduce a diversos problemas, incluyendo la dificultad para obtener recursos y peligros para la salud de mujeres y niños. Se ha demostrado que por cada año de instrucción la mujer reduce su tasa de fertilidad 10 % y por cada 1 a 3 años de instrucción la tasa de mortalidad infantil se reduce 15 % (Banco Mundial, 1993). La relación entre la fertilidad y alfabetismo femenino se muestra en la Figura 1.7. La Figura 1.8 muestra la relación entre la mortalidad infantil y el alfabetismo femenino.

La educación y los programas de entrenamiento para mujeres han llegado a tener una alta prioridad en los esfuerzos para lograr el desarrollo sustentable. Estos programas deben, por supuesto, combinarse con los servicios básicos de salud, expandiendo las oportunidades económicas y fortaleciendo sus derechos.

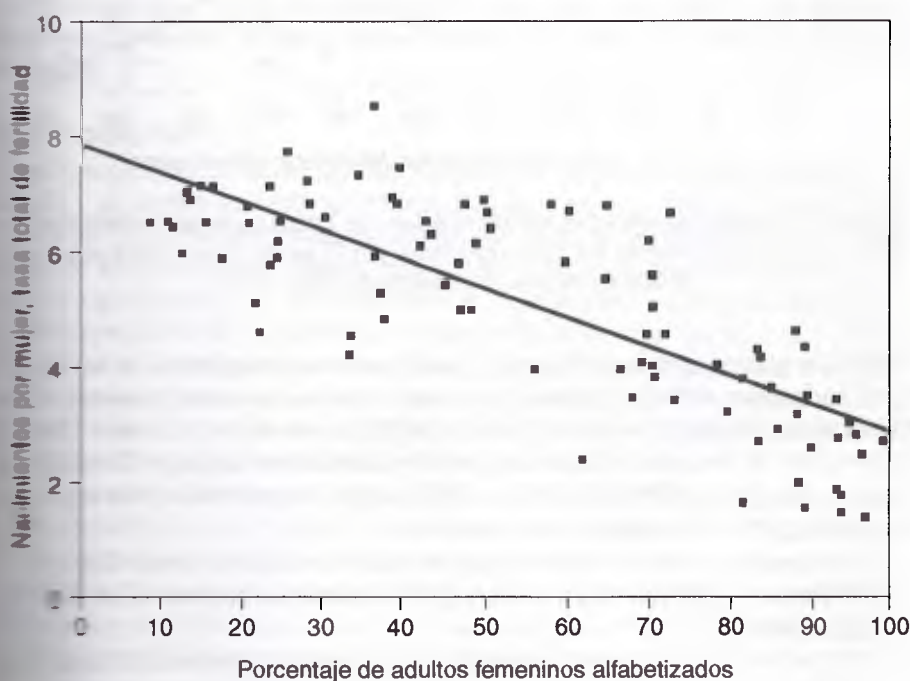


Figura 1.7 Tasa de fertilidad por mujeres alfabetizadas, 1990. Cada punto representa el dato de un país. (Reimpresión de WRI, 1994.)

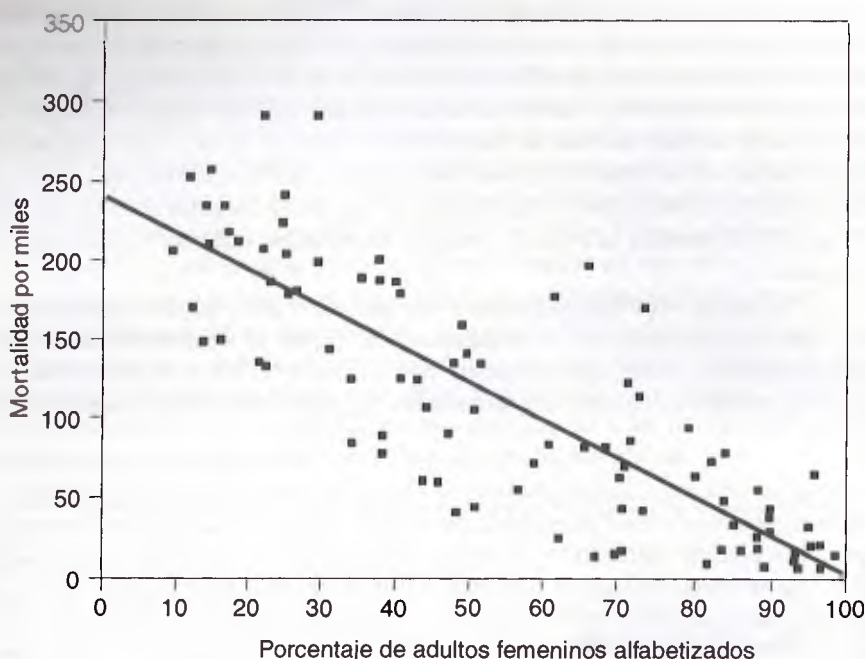


Figura 1.8 Tasa de mortalidad en niños por debajo de 5 años en mujeres alfabetizadas, 1990-91. Nota: con base en los datos reportados por 93 países. Cada punto representa el dato de un país. (Reimpresa de WRI, 1994.)

Muchas organizaciones multilaterales, incluyendo varias agencias de las Naciones Unidas, han trabajado juntas para recomendar acciones nacionales e internacionales. Una publicación del Fondo de Población de las Naciones Unidas, como parte de los resultados de una investigación sobre la mujer (*Investing in women: The focus of the 90's*, Nafis, 1990), urge a los gobiernos y las organizaciones no gubernamentales internacionales a:

- documentar y publicar la contribución vital de la mujer al desarrollo,
- aumentar la productividad de la mujer y eliminar las barreras a los recursos productivos,
- proporcionar medios para la planificación familiar y mejorar la salud de la mujer,
- expandir la educación de la mujer,
- establecer igualdad de oportunidades.

c) El anciano

El mundo envejece. Este hecho simple tiene inmensas implicaciones para la provisión de refugio, salud pública y apoyo social. Las personas ancianas poseen mayor riesgo de padecer enfermedades. Son más propensas a la malnutrición que los adultos más jóvenes debido a una variedad de razones sociales, económicas y fisiológicas (incluyendo la demencia temprana), y son por lo tanto más vulnerables a muchas enfermedades. Especialmente importantes son las enfermedades que disminuyen la capacidad del cuerpo para defenderse de exposiciones peligrosas. Algunos ejemplos de incapacidad comunes en los ancianos son el enfisema pulmonar, la enfermedad renal, la insuficiencia cardíaca congestiva, la demencia y la diabetes. Como los niños, las personas ancianas con enfermedades respiratorias no serán capaces de tolerar la contaminación del aire, por ejemplo. En los ancianos es más probable que haya una exposición más larga a una toxina determinada simplemente porque ellos han vivido más tiempo. Un cuerpo más viejo también tiene menos masa, y frecuentemente metaboliza las toxinas a un ritmo más lento. Como los niños, por lo tanto, dosis menores de una sustancia determinada tendrán un efecto mayor sobre los ancianos que sobre adultos más jóvenes.

d) El discapacitado

Se estima que actualmente hay 500 millones de personas discapacitadas en el mundo y se espera que este número se duplique en los inicios del siglo XXI. Cuatro de cada cinco personas discapacitadas viven en países en desarrollo y un tercio de ellos son niños. Pocos países son capaces de proveer asistencia de manera significativa, apoyo, rehabilitación y protección; por ello muchas personas discapacitadas se empobrecen y están particularmente sujetas a la explotación y a las enfermedades crónicas. Las afecciones psiquiátricas crónicas, incluyendo las adicciones al alcohol o las drogas, pueden conducir también a la malnutrición, automutilación y depresión. Estas condiciones pueden disminuir la capacidad del cuerpo para enfrentar los peligros ambientales.

Las personas discapacitadas frecuentemente tienen dificultad para encontrar buenas posibilidades de trabajo con salarios decorosos para vivir adecuadamente. En general, se ven obligadas a tomar trabajos indeseables y peligrosos, o al desempleo y la pobreza. El discapacitado, por tanto, está más expuesto al riesgo de los peligros ambientales como consecuencia de su ambiente cultural, además de su vulnerabilidad como resultado directo de su incapacidad.

e) Los pueblos indígenas

En general, el estado de salud de los pueblos aborígenes a lo largo de siglo XX ha

permanecido en peores condiciones que las poblaciones no aborígenes en los mismos países. La tasa de mortalidad infantil permanece a un nivel persistentemente más elevado que la de las personas no aborígenes en Canadá (Figura 1.9).

El valor de la mortalidad infantil entre los indios canadienses registrados era todavía dos veces más alto que el valor nacional en el inicio del decenio de 1990 (Figura 1.10), a pesar de las ganancias hechas en el período de años posteriores a la II Guerra Mundial, particularmente en los territorios del noroeste Inuit. El éxito de los programas de inmunización en Canadá redujo considerablemente el impacto de enfermedades como sarampión, rubéola, parotiditis, poliomielitis, tétanos y difteria en las comunidades aborígenes. Igualmente, la disponibilidad de

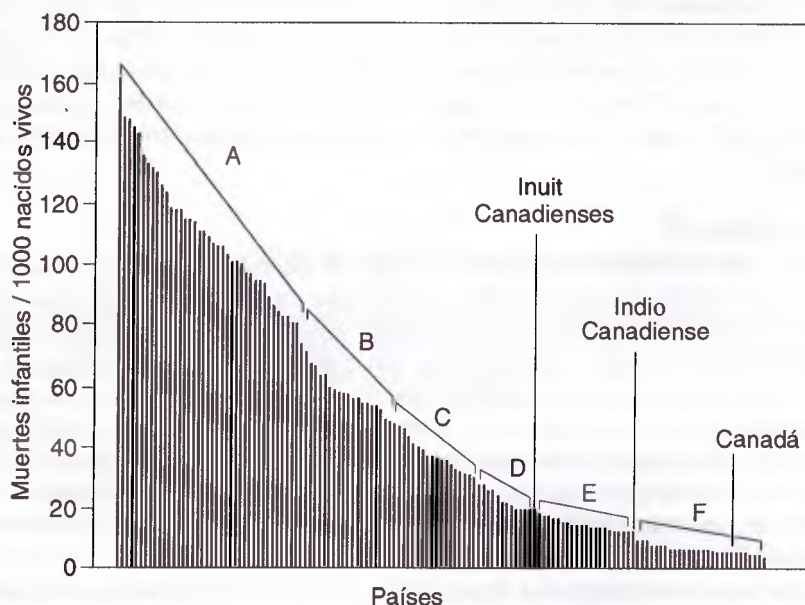


Figura 1.9 Comparación internacional de las tasas de mortalidad infantil.
(Reimp. de Waldram *et al.*, 1995.)

Ejemplos de países: A: África subsahariana, Afganistán, Bangladesh, Haití. B: algunos países de África del Norte, India, América Central, Brasil. C: Venezuela, Argentina, China, algunos países asiáticos y Medio Oriente. D: Corea, Malasia, Chile, Panamá, Uruguay, Rumania, URSS. E: Costa Rica, Cuba, Jamaica, Grecia, Portugal, Europa del Este. F: Europa Occidental, Norteamérica, Australia, Israel, Japón, Hong Kong.

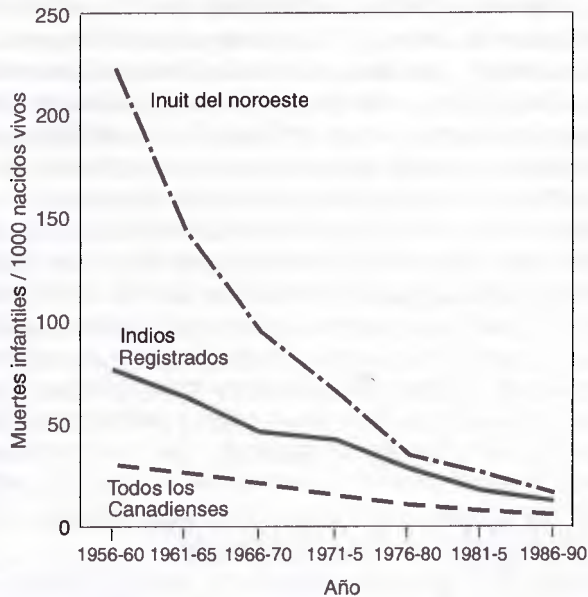


Figura 1.10 Tasa de mortalidad infantil entre los indios canadienses registrados, los indios Inuit de los territorios del noroeste y todos los canadienses. (Reimpresión de WalDRAM *et al.*, 1995.)

La terapia antituberculosa y los esfuerzos a gran escala para su control en el decenio de 1950, resultaron en una declinación en picada en la mortalidad por tuberculosis. A pesar de tales logros, la disparidad entre los canadienses aborígenes y no aborígenes permanece alta, la incidencia de tuberculosis es diez veces más alta en los primeros. En Inuit, una región de los territorios del noroeste, la incidencia de meningitis era veinte veces más alta entre los niños de hasta cinco años, y 33 veces más alta entre los menores de un año, comparada con las comunidades no aborígenes (Hammond *et al.*, 1988).

Aunque las enfermedades diarreicas son menos severas en las comunidades aborígenes canadienses que en muchos países en desarrollo, se continúan reportando brotes aislados, destacándose la similitud entre condiciones experimentadas por las comunidades aborígenes de Canadá y las de muchos países en desarrollo. Igualmente, las infecciones de las vías respiratorias son también más comunes en las comunidades aborígenes. Diversas encuestas en viviendas han mostrado una proporción alta de residencias aborígenes caracterizadas por hacinamiento, calefacción inadecuada y ventilación pobre (Clatworthy y Stevens, 1987). Estos factores contribuyen al riesgo alto de infecciones respiratorias.

De particular interés es el aumento de la frecuencia de enfermedades crónicas y la alta prevalencia de obesidad en muchos grupos aborígenes. Los problemas de salud más severos que ahora afectan a estos pueblos son las lesiones sufridas como resultado de los accidentes y la violencia. El alto nivel de morbilidad y mortalidad por estas lesiones se ha atribuido a las condiciones económicas predominantes y la tensión social que experimentan los pueblos aborígenes. Por ejemplo, en las comunidades aborígenes canadienses ha ocurrido un número alto de incendios residenciales. Los factores responsables incluyen comportamientos personales como fumar, ingerir bebidas alcohólicas, dejar a los niños abandonados y los intentos suicidas. La contribución de los factores del ambiente social es en su mayor parte atribuible a la pobreza, por ejemplo la desconexión de la electricidad debido al no pago de las cuentas, el alcoholismo, la carencia de protección contra incendios en la comunidad, el incumplimiento de normas de construcción de viviendas, la falta de cuidado de los niños y problemas de salud mental. Además, los actos de violencia están íntimamente relacionados con la salud mental de los individuos y la salud social de la comunidad. El suicidio, particularmente alto entre los varones adultos jóvenes, es un indicador del grado de enajenación y la desesperación presentes en estas comunidades.

Muchas personas aborígenes reconocen que estos problemas deben resolverse mediante un proceso de recuperación emprendido por las propias comunidades. El restablecimiento de la autoestima del individuo y la dignidad comunitaria se ha perseguido activamente con la recuperación de hábitos, costumbres y otros de los valores tradicionales positivos. Un momento destacado fue la conferencia "Sanar nuestro espíritu global", reunida en Edmonton (Canadá) en 1992, donde grupos aborígenes de todo el mundo compartieron su experiencia en sanar las heridas del abuso y la violencia. Estos esfuerzos, junto con el movimiento general hacia el autogobierno, prometen resultados alentadores. Para los profesionales de la salud ambiental es de gran beneficio trabajar con los líderes tradicionales, puesto que conocen la comunidad y frecuentemente se les tiene una gran confianza, por lo tanto, son muy efectivos como agentes mediadores de cambios.

Ejercicio de estudio

- ¿Cómo se relacionan las actividades y la salud humanas con el desarrollo sustentable?
- ¿Cuáles son las diferencias en la salud y los patrones de enfermedad entre países desarrollados y en desarrollo? ¿Cuáles son las causas de estas diferencias?
- ¿Qué diferencias hay entre los géneros en los riesgos ambientales? ¿Cuál es el papel de la mujer en el desarrollo sustentable?
- ¿Cuáles son las metas de salud ambiental que tienen particular importancia para la población aborigen de su país? ¿Cómo se relacionan las actividades humanas y la salud humana con el desarrollo sustentable?

1.7 Impacto de los factores ambientales sobre la salud

Aunque está claro que el ambiente en que las personas viven tiene una enorme influencia sobre su salud, es difícil de cuantificar cómo la situación de salud en el país puede ser mejorada por modificación de su ambiente. Abastecer agua y alimentos en cantidades adecuadas y de calidad aceptable y quebrar la cadena oral-fecal, son esenciales para reducir las enfermedades gastrointestinales. Éstas habían declinado ya significativamente en la mayor parte de Europa y América del Norte antes de la introducción de ciertas drogas terapéuticas y la terapia de rehidratación oral. Igualmente, mientras la inmunización y el uso de drogas modernas han contribuido a la disminución dramática de la mortalidad por enfermedades respiratorias infecciosas, la reducción del hacinamiento, el mejoramiento total en la vivienda y la alimentación han jugado el papel principal. El ambiente también ha jugado un papel indirecto en la reducción de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y muchas otras enfermedades crónicas, incluyendo la cirrosis hepática, las úlceras gástricas, la diabetes y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

El aumento brusco del cáncer de pulmón y la disminución constante del cáncer de estómago se muestran como las tendencias más importantes en el cáncer, lo primero debido principalmente al mayor hábito de fumar, lo segundo debido posiblemente a cambios en la conservación de los alimentos y la cantidad de frutas y vegetales en la dieta. No es posible evaluar la carga de cáncer atribuido a factores ambientales exceptuando en casos como la exposición ocupacional (p. ej.: al asbesto, al cloruro de vinilo y al benceno), la esquistosomiasis urinaria que tiene un alto riesgo de cáncer vesical, o la hepatitis B, que se asocia al cáncer del hígado. Realmente los factores de mayor significación para la población en general son el consumo de alcohol y tabaco, la composición de la dieta y la conducta sexual. El papel de las radiaciones ionizantes en la inducción de cánceres es de varios tipos y está bien establecido, pero aún sólo en un pequeño porcentaje del total. La exposición al componente ultravioleta de la luz solar es responsable de un número significativo de cáncer de la piel. Se estima que una pequeña fracción, quizás un 5 % del total de los cánceres en la población general se debe a riesgos químicos ambientales. La variedad de sustancias químicas producidas y usadas en la vida cotidiana y lanzadas al ambiente está en constante aumento y la exposición a ellas es de creciente interés.

La Tabla 1.5 muestra un estimado de la carga global de enfermedad (GBD, por sus siglas en inglés) de ambientes seleccionados en 1990 y el potencial de reducción mediante intervenciones ambientales (Banco Mundial, 1993). Un estimado de 36 millones de DALYs, o 3% de GBD son prevenibles con intervenciones conocidas y factibles en los ambientes de trabajo. Adicionalmente otras in-

Tabla 15 Estimado de la carga global de enfermedad (GBD) en ambientes riesgosos ~~ambientales~~ (1990) y potencial mundial de reducción mediante intervenciones en el ~~ambiente de trabajo~~ y exterior. (Fuente: Banco Mundial, 1993.)

1. Tipo de ambiente y principal relación con la enfermedad ^a	2. Carga por enfermedades (10 ⁶ DALYs/año)	3. Posible reducción por intervenciones factibles ^b (%)	4. Carga eliminada por la intervención (10 ⁶ DALYs/año)	5. Daño eliminado por 1000 hab. (10 ⁶ DALYs/año)
Ocupacional	318	—	36	7.1
Cáncer	79	5	4	0.8
A. neuropsiquiátricas	93	5	5	0.9
Respiratorias crónicas	47	5	2	0.5
Músculo-esqueléticas	18	50	9	1.8
Lesiones accidentales	81 ^c	20	16	3.1
Aire urbano	170	—	8	1.7
Infec. respiratorias agudas	123	5	6	1.2
Enf. respiratorias crónicas	47	5	2	0.5
Transporte				
Lesiones por vehículos de motor	32	20	6	1.2
TOTAL	473^d	—	5	01.0

^a Enfermedades cuya relación con el ambiente ha mostrado tener evidencias sustanciales. ^b Estimados derivados de la eficacia de las intervenciones y las cargas globales de enfermedad que ocurren entre los expuestos. ^c Se sustraen las lesiones por vehículos de motor. ^d Se hace un ajuste para eliminar el doble conteo.

tervenciones serán factibles en el futuro. Estas pérdidas son causadas cada año por lesiones y muertes en trabajos con alto riesgo y por enfermedades crónicas debidas a la exposición a sustancias tóxicas, ruido, estrés y patrones de trabajo que producen incapacidad física.

Con respecto a la contaminación del aire en exteriores, se estima que disminuyéndola sería posible prevenir el 5% de todas las enfermedades respiratorias agudas y enfermedades respiratorias crónicas; estas reducciones podrían eliminar un estimado de 8 millones de DALYs cada año, o 0.6 % de la GBD.

En grupos especialmente vulnerables los efectos e impactos locales pueden ser mucho mayores. Por ejemplo, las concentraciones de plomo en aire son más altas en ambientes urbanos donde se añade plomo a la gasolina que se utiliza en vehículos automotores. Los niveles elevados de plomo en niños se han asociado con daño en el desarrollo neuropsicológico, con pobre desempeño intelectual y con trastornos de la conducta. También se estima que las enfermedades relacionadas con el saneamiento insuficiente, inadecuado suministro de agua, mala disposición de desechos sólidos, falta de alcantarillado, elevada contaminación dentro de la vivienda y hacinamiento, son responsables de cerca de 30 % del total de la carga por enfermedad (Tabla 1.6). Modestas mejoras en los ambientes domésticos podrían eliminar hasta 25 por ciento de esa carga, en su mayor parte como resultado de reducir la diarrea y las infecciones respiratorias.

1.8 Vinculación entre la salud ambiental y ocupacional

1.8.1 IMPORTANCIA DE LA FUERZA DE TRABAJO

La fuerza de trabajo de un país es la columna vertebral de su desarrollo. Una fuerza de trabajo saludable, bien entrenada y motivada aumenta la productividad y genera las riquezas que son necesarias para la buena salud de la comunidad. Los trabajadores lesionados y enfermos, aparte de ser una fuente importante de morbilidad para ellos mismos y su familia, afectan la economía como un todo y pierden días de trabajo debido a su enfermedad o lesiones.

El ambiente en el lugar de trabajo generalmente involucra exposiciones más altas y daño adicional si se compara con el ambiente residencial. Cada año se informa aproximadamente sobre 100 millones accidentes de trabajo y 200 000 muertes ocupacionales, además de los millones de casos de enfermedades debido a la exposición crónica al ruido, agentes infecciosos, riesgos bioquímicos y tóxicos químicos. La fuerza de trabajo, por lo tanto, requiere de una protección particular de su salud a fin de mantener la productividad, participación social y seguridad personal. La enciclopedia de la OIT sobre seguridad y salud ocupacional es una buena fuente de información sobre la salud de los trabajadores.

La OMS (1997) publicó una revisión de las relaciones entre desarrollo, ambiente y salud, en la cual la "fracción ambiental" de DALYs global se calculó para una enfermedad o grupo de lesiones. Esta fracción tuvo un rango entre el 10 y el 90 % (Tabla 1.7) y el estimado aproximado de la contribución ambiental a la carga global de enfermedad y lesiones alcanzó un 23 % (OMS, 1997).

1.8.2 VÍNCULOS ENTRE LA SALUD AMBIENTAL Y LOS RIESGOS OCUPACIONALES

La razón principal para vincular los ambientes ocupacionales y generales cuando se tratan intereses de salud es que la fuente del peligro es frecuentemente la

Tabla 1.6 Estimado de carga por enfermedades debido a condiciones pobres del ambiente doméstico en países en desarrollo (1990) y potencial de reducción mediante mejoras en los servicios domiciliarios. (Fuente: Banco Mundial, 1993.)

Principales enfermedades debidas a condiciones pobres en ambiente doméstico ^a	Problemas ambientales relevantes	Carga por enfermedad en países en desarrollo (10 ⁶ DALYs/año)	Reducción posible por intervenciones factibles % ^b	Carga eliminada por intervenciones factibles (10 ⁶ DALYs/año)	Daño eliminado por 1000 hab. en DALYs/día
Tuberculosis	Hacinamiento	46	10	5	1.2
Diarrea ^c	Saneamiento, suministro de agua e higiene	99	40	40	9.7
Tracoma	Suministro de agua e higiene	3	30	2	0.3
Enfermedades tropicales ^d	Saneamiento, disposición de residuales, eliminación minación de criaderos de vectores alrededor de la de la vivienda	8	30	2	0.5
Parasitismo intestinal	Saneamiento, suministro de agua e higiene	18	40	7	1.7
Infecciones respiratorias	Contaminación del aire de la vivienda, hacinamiento	119	15	18	4.4
Enfermedades respiratorias crónicas	Contaminación del aire en la vivienda	41	15	6	1.5
Cáncer del tracto respiratorio	Contaminación del aire en la vivienda	4	10	^e	0.1
TOTAL		338	—	79	19.4

Nota: El grupo de países en desarrollo lo integran: África Sub-sahariana, India, China, otros países asiáticos, Latinoamérica y el Caribe y Medio Oriente. ^a Enfermedades cuya relación con el ambiente ha mostrado tener evidencias sustanciales. ^b Estimados derivados de la eficacia de las intervenciones y las cargas globales de enfermedad que ocurren entre los expuestos. ^c Incluye diarrea, disentería y fiebre tifoidea. ^d Se hace un ajuste para eliminar el doble conteo. ^e Menos de uno.

Tabla 1.7 Producción de la carga global de enfermedad en DALYs asociado con exposiciones ambientales.

	DALYs globales (miles)	Fracción ambiental (%)	DALYs ambientales (miles)	% de mortalidad de DALYs todas las edades	0 a 14 años
Infecciones respiratorias agudas	116 696	60	70 017	5	4.5
Enfermedades diarreicas	99 633	90	89 670	6.5	6.1
Infecciones prevenibles por vacunas	71 173	10	7 117	0.5	0.49
Tuberculosis	38 426	10	3 843	0.3	0.04
Malaria	31 706	90	28 535	2.1	1.8
Lesiones no intencionales	152 188	30	45 656	3.3	1.6
Lesiones intencionales	56 459	N.E.	N.E.	1.1	0.08
Salud mental	144 950	10	14 495	1	0.12
Enfermedades cardiovasculares	133 236	10	13 324	1.3	0.11
Cáncer	70 513	25	17 628	2.2	0.57
Enfermedades respiratorias crónicas	60 370	50	30 185	23	15.4
Total de esas enfermedades	975 350	33	320 470		
Otras enfermedades	403 888	N.E.	N.E.		
Total de enfermedades	1 379 238	(23)	(320 470)		

N.E.: no estimadas. Fuente: OMS, 1997; DALYs de Murray y López, 1996.

misma. Un enfoque común puede funcionar eficientemente en variados escenarios, particularmente cuando se selecciona una tecnología química para la producción. Un ejemplo es el uso de pinturas con base en agua en vez de pinturas que contienen disolventes orgánicos potencialmente tóxicos. Otro ejemplo es el control de plagas con productos que no contengan sustancias químicas tóxicas.

Sustituir una sustancia por otra que sea menos tóxica tiene buen sentido en salud ocupacional. Sin embargo, si la nueva sustancia no es biodegradable o si daña la capa de ozono, no sería una solución apropiada para controlar la exposición; ello sería sólo trasladar el problema a otra parte. Los clorofluorocarbonos, ahora ampliamente usados como refrigerantes en vez de la sustancia más agu-

damente peligrosa, el amoníaco, es el ejemplo clásico que se conoce ahora de una sustitución impropia con respecto al medio ambiente. Los CFC son la causa principal de deterioro del ozono estratosférico (ver sección 11.3).

1.8.3 ENFOQUES COMUNES Y RECURSOS HUMANOS

El entrenamiento y conocimiento científico requerido para evaluar y controlar peligros ambientales que representan riesgos para la salud son, en su mayoría, las mismas habilidades y conocimientos requeridos para los riesgos sobre la salud dentro del lugar de trabajo. La toxicología, epidemiología, higiene, ergonomía, seguridad e ingeniería ocupacional son las ciencias básicas que subyacen en esos campos. Puede tener un buen sentido que los mismos profesionales cuiden ambas áreas, especialmente en países con recursos escasos.

1.8.4 EL LUGAR DE TRABAJO COMO VIGILANTE DE LOS PELIGROS AMBIENTALES

La identificación de los peligros ambientales para la salud ha surgido frecuentemente de observaciones de afectaciones a la salud de los trabajadores. Indiscutiblemente es en el lugar de trabajo donde mejor se entiende el impacto de las exposiciones industriales.

Para conducir un estudio epidemiológico es necesario definir la población expuesta, la naturaleza y nivel de la exposición, así como también el efecto específico sobre la salud. Es generalmente más fácil identificar a los miembros de una fuerza de trabajo que a los miembros de una comunidad, particularmente en una comunidad que es transitoria. También, el resultado de los niveles altos de exposición típica de la fuerza de trabajo son casi siempre más fáciles de delinear que los cambios más sutiles atribuibles a las pequeñas exposiciones.

La información de efectos sobre la salud ocupacional en muchas exposiciones tóxicas (incluyendo metales como plomo, mercurio, arsénico y níquel, así como carcinógenos bien conocidos como el asbesto) se ha usado para calcular el riesgo para la salud de una comunidad más amplia. Con respecto al cadmio, por ejemplo, desde 1942 comenzaron a aparecer casos de osteomalacia con fracturas múltiples entre trabajadores en una fábrica francesa que producía baterías alcalinas. Durante los decenios de 1950 y 1960 se consideró la intoxicación por cadmio como una enfermedad ocupacional estrictamente. Sin embargo, el conocimiento adquirido desde el lugar de trabajo ayudó a lograr el reconocimiento de que la osteomalacia y la enfermedad del riñón que ocurría en el Japón en ese momento (Itai-Itai) era, desde luego, debida a la contaminación del arroz por el riego del suelo con agua contaminada con cadmio desde una refinería del metal y la mina. Así, la epidemiología ocupacional ha sido capaz de hacer una contribución sustantiva al conocimiento de los efectos de la exposición ambiental.

1.8.5 EXPOSICIÓN TOTAL

Desde un punto de vista estrictamente científico hay la necesidad de considerar las exposiciones totales (ambiental y ocupacional) a fin de verdaderamente evaluar los impactos sobre la salud y establecer relaciones dosis-respuesta. La exposición a plaguicidas es un ejemplo clásico donde la exposición ocupacional puede ser complementada por una exposición ambiental considerable a través del alimento y el agua, y mediante exposición no ocupacional aerotransportada. En Centroamérica, por ejemplo, algunos algodoneros que usan plaguicidas no solamente tienen poco acceso a la ropa protectora, sino que viven muy cerca de los campos de algodón, muchos de ellos en viviendas temporales sin paredes para la protección contra los plaguicidas rociados por avión. Los trabajadores también se lavan frecuentemente en los canales de riego que contienen residuos de plaguicidas, resultando esto en un aumento de la exposición (Michael *et al.*, 1985). Para comprender la relación entre la exposición a plaguicidas y cualquier efecto reportado sobre la salud, todas las fuentes de exposición deben tomarse en consideración.

1.8.6 CONSISTENCIA EN ESCENARIOS ESTÁNDAR Y MAYOR INCENTIVO PARA LA PREVENCIÓN

Las normas ambientales de salud son comúnmente más estrictas que las normas de salud ocupacional. Como un ejemplo, los valores guía recomendados por la OMS para productos químicos seleccionados se presentan en la Tabla 1.8. El razonamiento para la diferencia es generalmente que la comunidad consiste de poblaciones sensibles, incluyendo los muy viejos, los niños pequeños, los enfermos y las mujeres embarazadas, mientras que la fuerza de trabajo es por lo menos suficientemente saludable para trabajar. Con frecuencia también se argu-

Tabla 1.8 Comparación entre normas OMS de salud para el aire en lugares de trabajo y de calidad del aire en el ambiente general.

Sustancia química	Norma en lugares de trabajo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8 horas)	Norma en ambiente general ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ anual)
Plomo	30-60	0.5-1.0
Cadmio	10	0.01-0.02
Manganeso	300	1
Mercurio	50	1
Formaldehído	500	100 (24 horas)
Dióxido de nitrógeno	900	150 (24 horas)
Dióxido de azufre	1300	50

Fuente: OMS, Normas de Calidad del Aire, 1987a

menta que el riesgo es más “aceptable” para la fuerza de trabajo, porque estas personas se benefician por tener un trabajo y están, por lo tanto, más dispuestas para aceptar el riesgo. Hay muchas discusiones éticas, así como también científicas, alrededor de las normas. Vincular la salud ocupacional y ambiental puede ser una contribución positiva para aclarar estas controversias. Al respecto, estrechar la conexión entre la salud ocupacional y ambiental puede facilitar la mayor consistencia en el enfoque de las normas establecidas.

Aunque el lugar de trabajo es comúnmente el sitio de las exposiciones más nocivas, el impacto de estos peligros sobre el público general ha sido con frecuencia una fuerza importante para estimular los esfuerzos de mantener la limpieza dentro del local de trabajo y en la comunidad circundante. Por ejemplo, el descubrimiento de niveles altos de plomo en la sangre de trabajadores por un higienista industrial en una fundición principal en Bahía, Brasil, condujo a investigaciones sobre el plomo en la sangre de niños en áreas residenciales cercanas (Nogueira, 1987). El saber que los niños tuvieron niveles altos fue un motivo importante para la compañía, que tomó acciones para reducir las exposiciones ocupacionales, así como también las emisiones principales desde la fábrica, aunque los trabajadores en la fundición todavía soportan exposiciones considerablemente más altas que las que serían toleradas por la comunidad general. Para más información, ver Yassi y Kjellstrom (1997) en la enciclopedia de seguridad y salud ocupacional de la OIT.

1.9 Obstáculos y oportunidades para resolver problemas ambientales de salud

1.9.1 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

El impacto de las personas sobre el ambiente está relacionado con su número y sus niveles de consumo. Ambos se expanden independientemente y ambos dirigen su presión creciente sobre el ambiente como un suministrador de recursos y un depósito de desechos. Los recursos limitados han hecho que el desarrollo en los países más pobres del mundo sea más difícil, con la creciente demanda de agua, alimento y energía para el uso doméstico en proporción directa al número de usuarios. Mientras tanto, las personas se mueven cada vez más a las áreas urbanas donde la infraestructura es rara vez capaz de soportar el peso del flujo de esos nuevos ciudadanos. En los países templados y subárticos, las necesidades de energía pueden ser mayores que en otras partes del mundo a causa del clima. Sin embargo estos países son, generalmente, altamente desarrollados y su riqueza (que hasta recientemente en muchos de ellos no se acompaña por un interés genuino por el ambiente ni por la necesidad de la conservación de los recursos) ha magnificado los problemas globales.

Las diferentes áreas del mundo han experimentado tasas diversas de crecimiento de la población, pero la tasa ha caído en todos lados excepto en África, donde la declinación es de esperar que comenzará pronto. No obstante, la población mundial, que era 5300 millones en el 1990, se espera exceda los 7000 millones en el año 2010, y los 8000 millones en el año 2020. A causa de las diferencias, la proporción de la población del mundo en América del Norte y Europa ha disminuido, mientras que en otras partes se ha expandido o permanecido estable (Figura 1.11). Como las proyecciones se basan en las tendencias esperadas en nacimientos y muertes, los ajustes a las mismas serán necesarios tan pronto la información llegue a estar disponible. Los avances y mejoras en la provisión de salud pública pueden alterar el modelo de mortalidad; la pandemia de SIDA tendrá importancia máxima, especialmente en África donde niños y adultos jóvenes son la mayoría de los afectados, y donde los cambios en el estilo de vida (hábitos reproductivos y dietéticos, el tabaco, el alcohol, y el consumo de drogas) pueden alterar también las proyecciones para la población.

Una tendencia general evidente en la mayoría de los países en los últimos 40 años ha sido el rápido crecimiento de la población urbana. Esto tiene implicacio-

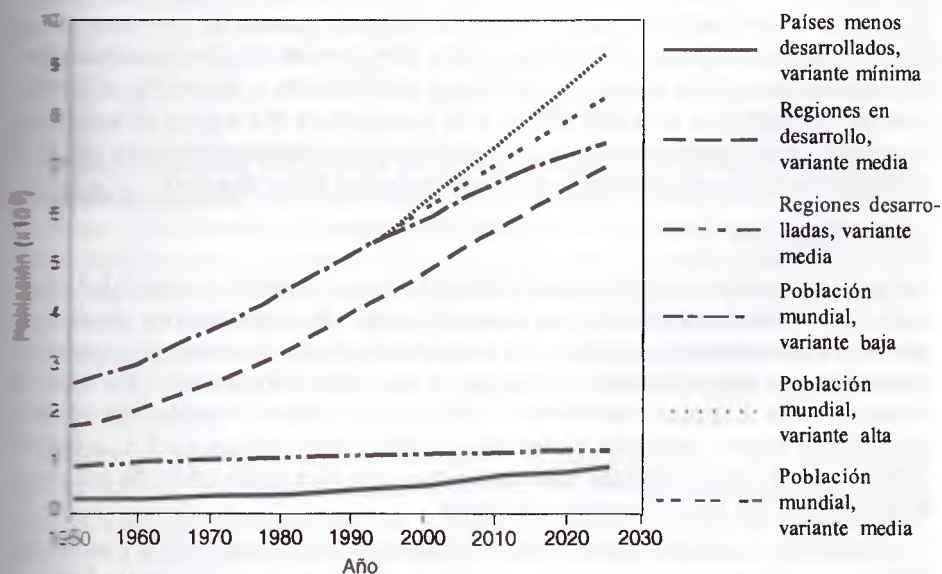


Figura 1.11 La población mundial, tendencias y proyecciones.
(Reimpresa de OMS, 1992a).

nes importantes para la salud y el ambiente. La concentración de la producción en áreas urbanas trae muchas ventajas de costo en la gestión de los desechos. También, el costo *per capita* de agua entubada, muchos tipos de saneamiento, la educación, la salud pública y otros servicios, es también menor en poblaciones concentradas. El crecimiento de las poblaciones urbanas puede estimular también el desarrollo agrícola y reducir la presión en la población rural. Sin embargo, sin políticas efectivas, estas potenciales ventajas de la urbanización pueden ser dejadas atrás por las muchas desventajas. El crecimiento urbano comúnmente trae considerables problemas de salud y ambientales, especialmente para los grupos más pobres.

El movimiento de la población a través de las fronteras también constituye un componente importante del modelo demográfico. Los migrantes son conducidos comúnmente por la necesidad económica hacia países donde hay una potencialidad mayor para el empleo o la posibilidad de encontrar nuevas tierras. Cada vez más, los refugiados políticos han contribuido a movimientos emigrantes. También, el cambio ecológico, tal como la sequía, ha forzado la migración. Mientras el número total de migrantes representa una fracción pequeña de la población mundial, ellos pueden tener una influencia importante sobre los recursos y la estructura de la población anfitriona, especialmente cuando los sucesos ambientales o políticos imprevistos ocasionan un número grande de personas que se mueven al país colindante. Estos migrantes se enfrentan frecuentemente a severas afectaciones de la salud y a problemas ambientales y raramente se benefician de los servicios de salud básica y de la cobertura del seguro de salud. Sus condiciones de vivienda son comúnmente de calidad ambiental inferior a la de la población anfitriona, resultando un efecto negativo sobre su salud.

1.9.2 POBREZA

La pobreza ha sido definida por el Banco Mundial como la incapacidad de un individuo o núcleo familiar para lograr un nivel de vida mínimo. Ambos, el nivel de prosperidad en un país y la distribución de los recursos en él determinan el nivel y naturaleza de la pobreza. La asociación entre pobreza y salud es fuerte y obvia. El pobre comúnmente tiene muchas menos expectativas de vida, mortalidad infantil más alta y más alta incidencia de incapacidad. Los pobres sufren más de enfermedades transmisibles y una alta proporción de sus vidas transcurre en un estado precario de salud.

El número de personas pobres en un país determinado se estima a partir del número de personas con ingresos por debajo de un nivel definido (la línea de pobreza). El Banco Mundial estima que en 1985 había 1116 millones de personas viviendo por debajo de la línea de pobreza, devengando unos \$370 US por perso-

al año. La línea de pobreza extrema se considera por debajo de \$275 US por persona al año y había 634 millones de personas viviendo a ese nivel en el mundo en 1985 (ver Tabla 1.9).

Tabla 1.9 Estimados del Banco Mundial del estado de la pobreza en países en desarrollo en 1985. (Fuente: Banco Mundial, 1990.)

Región	Indicadores sociales				
	Núm. de pobres (10 ⁶)	Población debajo de línea de pobreza (%)	Mortalidad en <5 años x 1000 N.V.	Expectativa de vida	Niños en enseñanza primaria (%)
África Sub-Sahariana	180	47	196	50	56
Asia del Este	280	20	96	67	96
China	210	20	58	69	93
Asia del Sur	520	51	172	56	74
India	420	55	199	57	81
Europa del Este	6	8	23	71	90
Mediterráneo del Este y Norte de África	60	31	148	61	75
América Latina y el Caribe	70	19	75	66	92
Todos los países en desarrollo	1 116	33	121	62	83

Definir la pobreza únicamente por el nivel de ingreso personal, sin embargo, no puede representar adecuadamente todos los aspectos de salud. Asimismo, crear una línea de pobreza internacional única con base en el ingreso *per capita* puede confundirnos, ya que no toma en cuenta las suficientes diferencias entre países y el ingreso necesario para lograr un nivel de vida adecuado. Además, las variaciones en el costo de la vida entre áreas dentro de países son tales que en algunas personas con ingresos bien altos la línea de pobreza puede tener normas de vida muy inadecuadas, mientras alguien viviendo en pobreza puede tener normas adecuadas.

Una mejor manera de calcular el número de personas que vive en la pobreza está en evaluar el número que carece de un nivel de vida mínimo, incluyendo adecuado abastecimiento alimentario, agua suficiente y segura, refugio seguro, acceso a la educación y la salud pública y, en asentamientos de alta densidad, provisión para la remoción de desechos domésticos. Con estos criterios se ha estimado que 2200 millones de personas viven en la pobreza en el mundo en desarrollo.

Introducción general

Nueve de cada diez de esas personas no tienen acceso al agua potable y **la mayoría** no tiene servicios de atención primaria de salud pública. En la **mayoría** de las ciudades de los países en desarrollo, entre una y dos terceras partes de **todos** los habitantes viven en asentamientos informales con inadecuada o **ninguna** **infraestructura** de servicios. Igualmente, en los países más ricos, una **proporción** de la población sufre los efectos adversos sobre la salud por la **carencia física**. Algunos distritos y ciudades sufren no sólo de niveles altos de desempleo, **particularmente** entre la gente joven, sino también hay mala calidad de **alojamiento** y problemas sociales. En ellos la tasa de mortalidad infantil tiende a ser **significativamente** más alta y la expectativa de vida inferior al promedio.

Al principio del capítulo se señaló el aumento total en la expectativa de vida. Aquí es necesario mencionar que la brecha en la expectativa de vida entre los países menos desarrollados (43 años) y muy desarrollados (78 años) es muy grande; para el año 2000 la brecha será de 37 años. También, aún con las mejoras que se han hecho globalmente, un cambio de condiciones podrá resultar en retrocesos dramáticos. Un ejemplo llamativo de esto es el descenso en la expectativa de vida en Rusia a partir de 1990 (WRI, 1996).

1.9.3 PATRONES DE CONSUMO

Uno de los obstáculos importantes para progresar en la solución de los problemas de salud ambiental es la diferencia en los patrones de consumo entre países diferentes, y entre diferentes grupos dentro de los países. El consumo muy alto de energía y recursos naturales por los pocos países más ricos y los grupos más ricos dentro de esos países no puede mantenerse. Si la población de China lograra la misma densidad de automóviles por habitante que EUA, la producción de gases de efecto invernadero, la contaminación del aire y los otros problemas relacionados con el tránsito crearían una crisis importante en la salud. Los gases de efecto invernadero contribuirían de inmediato al problema global de un cambio climático (ver Sección 11.4).

El desarrollo es visto frecuentemente como si el pobre alcanzase el estilo de vida y nivel económico del rico. Claramente, las grandes brechas en la salud y bienestar entre grupos de población y los países no es equitativa, pero ¿podría ser la meta para las futuras generaciones copiar al rico? o ¿debe encontrarse un **nivel** saludable y sustentable de desarrollo económico? El desafío para cada **sociedad** y la comunidad global es establecer los límites de consumo que hagan **posible** satisfacer las necesidades básicas de toda la población, mientras las **oportunidades** para mejoras personales en el estilo de vida se mantengan.

Las **innovaciones** tecnológicas ofrecen la esperanza para expandir “la buena

vida" a todos. El mejoramiento en la eficiencia del combustible de los automóviles y el desarrollo de convertidores catalíticos para el control de la contaminación son ejemplos de tales innovaciones. Los automóviles eléctricos pueden ser el próximo umbral de avance tecnológico en relación al transporte, pero la raíz del problema está en los sistemas de transporte que fomentan en las personas el uso de automóviles cada vez más eficientes y alternativas para eliminar la contaminación. El desarrollo de la tecnología de información reducirá la necesidad de viajar. Quizás un nuevo enfoque más completo para vivir y trabajar se desarrollará con mucha más eficiencia energética.

1.9.4 POLÍTICAS MACROECONÓMICAS

Las políticas macroeconómicas tienen efectos importantes directos e indirectos sobre la salud y el ambiente. Influyen en el uso y degradación de recursos naturales porque pueden afectar la demanda de consumo y los precios de estos recursos. En la mayoría de los casos, las políticas macroeconómicas son sentidas más directamente a nivel del poder adquisitivo del individuo. Por ejemplo, pueden producir cambios en la calidad y cantidad de la alimentación, así como en el estado nutricional y en la susceptibilidad a la enfermedad.

El crecimiento económico nacional se ha reducido mucho en la mayoría de los países en años recientes. Los cambios económicos globales, primariamente el descenso en el crecimiento de la economía mundial, cambios adversos en los términos de comercio para algunos países, y una carga aumentada de deuda externa provocada por el alza de la tasa de interés real han contribuido a la declinación. El Fondo Monetario Internacional (FMI) ha requerido a muchos países a que implementen programas estructurales de ajuste (comúnmente reducción en gastos públicos, incluyendo la salud y las relacionadas con los servicios) antes de proveer asistencia económica. Las obras públicas, tales como el abastecimiento de agua, los alcantarillados y los desagües entubados, que requieren una inversión grande de capital, frecuentemente reciben los mayores recortes. Por ejemplo, en el África Sub-sahariana el presupuesto de los servicios sociales cayó 26% entre 1980 y 1985, y en América Latina 18%. Los gastos para la salud por persona han declinado en la mayoría de los países desde 1980. La mayoría de los expertos reconocen que puede haber efectos adversos sobre la nutrición y la salud. Sin embargo, hay mucha incertidumbre sobre el impacto real, y se reconoce generalmente que el ajuste estructural puede afectar adversamente el ambiente y la salud.

1.10 El papel del profesional de salud ambiental

1.10.1 USTED PUEDE HACER LA DIFERENCIA

Enfrentados con todos estos problemas y desafíos, es fácil desesperarse por lo **poco** que un profesional puede hacer para mejorar las cosas. Pero hay buenas **razones** para el optimismo. Hay soluciones a la mayoría, si no todos, de estos problemas. Este libro puede orientar hacia tales soluciones. El papel de los profesionales de la salud ambiental consiste en aplicar sus conocimientos y la experiencia para ayudar a la comunidad a comprender los riesgos ambientales para la salud, y para analizar los enfoques técnicos y sociales para reducir o eliminar las exposiciones humanas y su impacto sobre la salud.

Hay ejemplos numerosos de cómo un profesional, trabajando inicialmente solo o con unos pocos colegas, ha identificado un problema, dado la alarma y persistido en las acciones e investigaciones necesarias para conseguir su solución. Unir las fuerzas en una etapa temprana con profesionales de otras disciplinas ayudará a investigar y analizar el problema desde todos los ángulos y para implementar la solución tan eficientemente como sea posible.

Este libro mostrará cómo detectar y enfocar los problemas y la posible solución para lograr la salud ambiental. No se puede proveer toda la información específica requerida sobre cada peligro, pero se indicará donde encontrar la información adicional. Por observación, investigación, análisis y actuación en asociación con otros profesionales y la comunidad, cada individuo puede hacer la diferencia.

1.10.2 EL GRUPO MULTIDISCIPLINARIO

En principio, casi todo miembro de la sociedad debería tener algún entrenamiento en materia de salud ambiental. La mayoría de este entrenamiento general podría ocurrir en la escuela y a través de la educación informal en el caso de casi todos los adultos. Para cualquier aspecto determinado de salud ambiental hay niveles claramente diferentes de pericia requerida, desde los asistentes menores hasta un profesional especializado. Quién debe entrenarse al nivel profesional depende de las necesidades nacionales en la salud ambiental, las brechas actuales en la fuerza de trabajo y los recursos disponibles. Muchas de las descripciones siguientes se adaptaron de las *Directivas sobre planificación, educación y capacitación para el control de peligros ambientales sobre la salud: Una contribución a la capacitación, construyendo a nivel nacional y subnacional*, por D.L. Pisaniello, A.J. McMichael, A. Woodward.(OMS, 1993.)

Las disciplinas son las herramientas intelectuales que pueden aplicarse para resolver problemas ambientales de salud; los profesionales son los grupos de

trabajadores de la salud, generalmente definidos por la disciplina, que existen para avanzar en el desarrollo de esa disciplina. En muchos países en desarrollo, la especialización no puede ser realista, y una persona puede responsabilizarse con tareas que requieren habilidades de varias disciplinas. Mientras la fortaleza y el carácter de las profesiones varía de un país a otro, puede ser útil en cualquier escenario apreciar la gama de disciplinas pertinentes a la salud ambiental. Algunos ejemplos ponen de manifiesto, como se indica a continuación, que ninguna disciplina es más importante que otra.

El funcionario de salud ambiental

También llamados inspectores de salud pública o sanitaristas, los funcionarios de salud ambiental se ocupan generalmente de la vigilancia pública de la salud y la protección del ambiente, y cómo éste impacta la salud. La mayoría de los funcionarios ambientales de salud son empleados del gobierno a nivel local y contribuyen al control de enfermedades infecciosas y a la inmunización, imponiendo la ley con respecto a los establecimientos alimentarios, la calidad y seguridad alimentaria, las normas de vivienda y la eliminación segura de desechos domésticos e industriales. En casos de crisis como inundaciones o sismos, la acción inmediata debe tomarse para impedir el brote de enfermedades que seguiría inevitablemente al consumo de agua contaminada o a la interrupción de los sistemas de eliminación de desechos. El funcionario de salud ambiental es multidisciplinario, las habilidades son muy valiosas en su gestión en situaciones de desastres. Los funcionarios ambientales de salud están en contacto frecuente con el público. Realmente el entrenamiento básico de estos profesionales, usualmente requiere de un considerable período de experiencia de trabajo durante el cual aprenden como intervenir directamente y responder a las necesidades de la población.

El técnico de salud ambiental

Realiza, esencialmente, las mismas tareas que el funcionario de salud ambiental, pero a un nivel más bajo de responsabilidad y supervisado por un funcionario calificado. Se le han dado distintas denominaciones: inspector de alimentos, de vivienda, oficial de control de plagas, etc.

El inspector ambiental

Los inspectores ambientales, quienes frecuentemente tienen antecedentes de conocimientos de química o ingeniería, se ocupan de la aplicación de regulaciones ambientales y la provisión de consejo. Tales regulaciones comúnmente

conciernen a las emisiones atmosféricas acumuladas, las emisiones de ruido, la descarga de efluentes, la eliminación de desechos líquidos, el tratamiento de desechos sólidos y el volumen, transporte y el almacenamiento de sustancias químicas.

El epidemiólogo

La epidemiología ambiental puede concebirse como la estructura para abordar la tarea de proteger una población contra peligros ambientales para la salud. A nivel nacional o provincial, se requiere pericia en epidemiología ambiental para planificar y efectuar estudios importantes, para dar consejo experto a agencias de gobierno y de organizaciones no gubernamentales, y para enseñar epidemiología en una variedad de planes de entrenamiento. A nivel local, muchos oficiales de salud pública necesitan desarrollar conocimientos sobre cómo usar la epidemiología en su trabajo diario. El personal de ingeniería ambiental, de seguridad ocupacional e higiene, de atención médica primaria y otras personas con responsabilidades particulares (p. ej. trabajadores, los responsables de protección e higiene en la industria) necesitan por lo menos una comprensión básica de los principios epidemiológicos. Con respecto a la investigación epidemiológica, es importante destacar que la recolección de datos no sesgados y precisos es importante, pero no es un fin en sí mismo. Es aún más importante formular las preguntas pertinentes para la investigación, y poner en práctica los resultados. Un epidemiólogo puede definirse como un trabajador de salud que estudia la ocurrencia de enfermedad u otros eventos o condiciones relacionadas con la salud en poblaciones definidas. El epidemiólogo no necesita ser médicamente muy calificado, pero necesita ser capaz de vincular creadoramente su trabajo con el de otras disciplinas, incluyendo la medicina, la biología y las ciencias sociales. El epidemiólogo debe ser capaz de perfeccionar el uso de datos observacionales y la información rutinaria recogida. En la práctica, las funciones de la epidemiología son extensas y pueden incluir la vigilancia del daño sobre la salud, colaborar en la investigación con especialistas médicos clínicos y trabajadores de campo, y el estudio de la salud relacionada con los comportamientos en el hogar y el trabajo.

El ergonomista

La ergonomía integra conocimientos derivados de las ciencias humanas para adaptar trabajos, sistemas, productos y ambientes a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de las personas. La ergonomía surgió como una disciplina durante la Segunda Guerra Mundial cuando el operador humano se convirtió

en el nexo más débil en los sofisticados sistemas militares modernos. Después de la guerra, la disciplina continuó creciendo para enfrentar el desafío de aplicaciones civiles. Hoy, la ergonomía comprende una diversidad de intereses incluyendo la ciencia cognoscitiva, confiabilidad humana, fisiología ocupacional, interacción hombre-computadora, gestión y diseño organizativo. A causa de la variedad de estos factores, personas con muchos antecedentes diferentes puede estar involucrados en la práctica e investigación ergonómica. Los ergonomistas pueden ser fisiólogos, psicólogos, fisioterapeutas, etc. El ergonomista comúnmente trabaja en equipos multidisciplinarios. Por ejemplo, un fisioterapeuta y el psicólogo pueden trabajar junto con ingenieros para diseñar un "usuario amistoso", pizarra de instrumentos y panel de control para una aeronave, o un buque grande de contenedores.

El físico de la salud

Los físicos de la salud han aplicado su conocimiento y experimentado en materia de seguridad radiológica. Comúnmente, los profesionales vienen con antecedentes básicos de física. Aquellos que trabajan principalmente con ambientes radioquímicos, generalmente tienen antecedentes de química, mientras que los ingenieros nucleares de seguridad comúnmente tendrían una calificación básica en ingeniería. Los técnicos, sin el requisito formal de la universidad, pueden operar en aspectos más estrechos de protección de radiaciones en la industria. En la mayoría de los países el campo de seguridad de las radiaciones es frecuentemente muy regulado. Consiguientemente, una función importante de estos especialistas es el cumplimiento de regulaciones sobre radiaciones, en lo que concierne a la vigilancia y control de la radiación personal y ambiental, inspección y registro acumulado, y calibración de instrumentos. Los físicos colaboran con otros profesionales de salud, p. ej. médicos e higienistas, en la evaluación y control de radiaciones ionizantes y no ionizantes.

El analista político de la salud

Frecuentemente las agencias de gobierno contratan individuos especialmente entrenados para que los aconsejen sobre las políticas que necesitan ser desarrolladas o ajustadas a problemas actuales de dirección. Estos individuos pueden tener antecedentes en economía, sociología, administración, legislación, o una variedad de otras disciplinas relacionadas con las políticas de salud.

El científico analítico de laboratorio

Los científicos analíticos de laboratorio incluyen un grupo amplio de profesio-

Introducción general

nales que tienen que ver con el análisis ambiental (alimentos, agua, suelo, aire) y muestreos en humanos. Este grupo puede incluir también técnicos especializados responsables de pruebas para conocer la función pulmonar, probando y controlando la calibración y mantenimiento del equipo, y otros. El laboratorio clínico de química mide cambios químicos en el cuerpo en interés del diagnóstico, la terapia y el pronóstico de enfermedades. El trabajo principal de esos tecnólogos consiste en el ensayo de diversos agentes químicos en sangre, orina y otros fluidos o tejidos. En el contexto ambiental de la salud, puede significar pruebas de función hepática o renal, alteración de enzimas, etc. Los laboratorios de microbiología se preocupan principalmente por aspectos como la contaminación alimentaria con micotoxinas y bacterias, la contaminación del agua con protozoos, etc. Los químicos analíticos se responsabilizan del análisis de muestras ambientales, por ejemplo: asbesto, sílice, etc., y muestreos biológicos para metales pesados, plaguicidas y otros.

El higienista ocupacional

La higiene ocupacional (también llamada higiene industrial) es la disciplina de la salud que se ocupa de reconocer, evaluar y controlar los peligros en el ambiente de trabajo con el objetivo de proteger la salud de los trabajadores y su bienestar, salvaguardando a la comunidad general. En varios países, los higienistas ocupacionales tienen que ver, ahora y cada vez más, con materias de la salud ambiental fuera del lugar de trabajo. El higienista ocupacional, aunque básicamente entrenado en ingeniería, física, química o biología ha adquirido, comúnmente por estudios de posgrado y su experiencia, un conocimiento de los efectos sobre la salud de diversos agentes a diferentes niveles de exposición. El higienista ocupacional está dedicado a la vigilancia y control de los métodos analíticos requeridos para detectar el alcance de la exposición, y a la ingeniería y otros métodos usados para el control de riesgos. Mientras se ha estimado que hay por lo menos 15 000 higienistas ocupacionales profesionales en el mundo, la ley en muchos países no define la función de este profesional, considerando que las regulaciones se conocen, así como la calificación y el papel de los ingenieros de seguridad, médicos y enfermeras.

Las enfermeras de salud ocupacional

Tradicionalmente, el papel de la enfermera de salud ocupacional ha sido la atención primaria. Hoy en día, con el mayor entrenamiento y el aumento en número, su papel ha evolucionado y se ha expandido apreciablemente. Las di-

versas funciones incluyen la rehabilitación de trabajadores lesionados o enfermos, la educación para la salud, el tratamiento, el control ambiental, la prevención de daños y servicios de administración de salud. De todos los profesionales de la salud ambiental y ocupacional, las enfermeras son comúnmente las más numerosas. Hay frecuentemente diversos grados dentro de la profesión. Cada vez más, el énfasis es sobre la prevención de la enfermedad y el daño mediante el control ambiental, aunque para la mayoría de las enfermeras, la atención primaria sea todavía la actividad que más tiempo consume.

El médico de salud ambiental y ocupacional

Las medicinas ocupacional y ambiental se conciben en su mayor parte como el mantenimiento de la salud y la medicina preventiva, y tienen mucho en común. Desde luego, en un número creciente de países los títulos de cuerpos profesionales pertinentes se han cambiado formalmente para unir las dos ramas de la medicina. Los médicos ocupacionales efectúan vigilancia de la salud de trabajadores y el diagnóstico, gestión e investigación de enfermedades ocupacionales (ver Capítulo 10). El trabajo también involucra la educación para la salud de los trabajadores, la evaluación de peligros ocupacionales, la recomendación de precauciones de seguridad y análisis estadístico de datos epidemiológicos.

El inspector de seguridad y salud ocupacional

Tradicionalmente, en muchos países estos inspectores se reclutaron de los rangos de mecánicos, por ejemplo: trabajadores de calderas, electricistas, etc., principalmente con el objetivo de imponer regulaciones de seguridad en la construcción de fábricas e industrias. Aunque estas funciones se efectúan todavía, hay una tendencia mundial hacia un inspector más profesional, es decir inspectores que tengan tercer nivel educacional, tal como un grado de ciencia o ingeniería. Además, en algunos países los inspectores pueden dedicarse al monitoreo de la exposición personal o a proveer consejo sobre el control de la exposición.

El ingeniero sanitario

La ingeniería sanitaria es una amplia área que incluye el abastecimiento de agua, la recolección, tratamiento y eliminación de desechos, el control de la contaminación del aire y la inspección sanitaria de la planificación de la ciudad. En un sentido general, la ingeniería sanitaria tiene preocupación con la adaptación del ambiente diseñando medios con los requerimientos de salud. El ingeniero sanitario tiene un papel central en la solución de problemas relacionados con el agua y el saneamiento.

El profesional de seguridad

La seguridad ocupacional es un área multidisciplinaria. Los profesionales de seguridad (también llamados ingenieros de seguridad) provienen de diferentes disciplinas, por ejemplo ingeniería, psicología, etc. Pueden servir como ingenieros, gerentes o consultores, pero deben tener una comprensión completa de los factores causantes que contribuyen a la ocurrencia de accidentes y combinar esto con sus conocimientos, motivación, comportamiento y la comunicación a fin de idear métodos y procedimientos para controlar peligros.

Los estadísticos

Los bioestadísticos se dedican a la aplicación de la estadística a temas de la salud (la ciencia y arte de recolectar, resumiendo y analizando datos que están sujetos a la variación aleatoria). Colaboran con epidemiólogos, personal de registro y otros profesionales ambientales de la salud cuyo trabajo involucra mediciones, investigación y análisis de datos.

El toxicólogo

Los toxicólogos son los científicos que estudian los efectos adversos de los agentes químicos sobre los organismos vivos. El especialista en toxicología adquiere conocimientos con muchos años de experiencia y se requiere frecuentemente que interprete datos experimentales en animales y los generados en otros laboratorios con el objeto de predecir los efectos adversos que siguen a la exposición de humanos. Los toxicólogos investigadores tienen habilidades en la manipulación y manejo animal, *in vivo* e *in vitro*, probando y haciendo diseños experimentales. Los toxicólogos reguladores aconsejan a las autoridades de gobierno sobre la regulación de exposiciones públicas y ocupacionales. Frecuentemente los toxicólogos están envueltos también en la evaluación de riesgos en el terreno.

Preguntas de estudio

- ¿Cuál es el problema de salud ambiental más importante en su trabajo profesional?
- En la comunidad donde usted vive ¿cuáles profesionales pueden ser consultados por la comunidad? Haga un listado.

Capítulo 2

NATURALEZA DE LOS PELIGROS PARA LA SALUD AMBIENTAL

Objetivos de estudio:

Después del estudio de este capítulo usted será capaz de:

- Entender las diferencias entre peligro y riesgo.
- Entender la lógica de los diferentes métodos de clasificación de peligros ambientales.
- Describir un esquema para la identificación del nivel de peligro y toxicidad;
- Indicar por qué el conocimiento de la toxicología, microbiología o las propiedades físicas de un peligro ambiental es esencial en la determinación del enfoque más apropiado para su estimación de riesgo (Por ejemplo. Un enfoque diferente para irritantes agudos carcinogénicos en comparación con los irritantes agudos no carcinogénicos, etc.).
- Identificar métodos investigativos experimentales diferentes.
- Indicar los procesos de biotransformación de importancia biológica;
- Listar las características básicas de los peligros químicos, físicos, biológicos, mecánicos y psicosociales.

2.1 Peligros y riesgos

2.1.1 DEFINICIÓN DE PELIGRO Y RIESGO

Es fundamental para la protección de la salud humana y el ambiente, la estimación de los riesgos a la salud debido a peligros ambientales específicos. Se han desarrollado el marco de trabajo y los métodos conducir tales estimaciones para problemas de salud ambiental. Antes de proceder a los Capítulos 3 y 4 donde son presentados los enfoques para estimar y manejar los peligros a la salud ambiental, es importante la comprensión de la definición de peligro así como también la apreciación de ejemplos de varios tipos de peligro. Esa es la intención de este capítulo.

Un *peligro* es definido como “un factor de exposición que puede afectar a la salud adversamente” (Last, 1995). Es básicamente una fuente de daño. Es un término cualitativo que expresa el potencial de un agente ambiental para dañar la salud de ciertos individuos si el nivel de exposición es lo suficientemente alto y/o si otras condiciones se aplican. Un *riesgo* es definido como “la probabilidad de que un evento ocurra, por ejemplo, que un individuo llegará a estar enfermo o muerto dentro de un período de tiempo o edad determinado; la probabilidad de un resultado (generalmente) desfavorable” (Last, 1995). Es la probabilidad cuantitativa de que un efecto a la salud ocurrirá después de que un individuo ha sido expuesto a una cantidad específica de un peligro.

2.1.2 LOS TIPOS DE PELIGROS A LA SALUD AMBIENTAL

Los peligros ambientales que tienen un efecto directo sobre la salud humana pueden aparecer tanto de fuentes naturales como antropogénicas (causadas por el hombre). Se incluyen los peligros biológicos (bacterias, virus, parásitos y otros organismos patogénicos), peligros químicos (tales como metales tóxicos, contaminantes del aire, disolventes y plaguicidas) y peligros físicos (radiación, temperatura y ruido). La salud puede también estar profundamente afectada por peligros biomecánicos (peligros de daños en los lugares de trabajo, en la agricultura, el hogar, en los deportes y por vehículos automotores) y peligros psicosociales (estrés, ruptura del estilo de vida, discriminación en el lugar de trabajo, efectos de cambios sociales, marginalización y desempleo).

En una escala global, los factores ambientales incluyendo el hacinamiento, la pobre sanidad y el amplio uso de plaguicidas íntimamente involucrados a la transmisión de agentes infecciosos han tenido una profunda contribución a la ocurrencia de enfermedades. Como se discutió en el Capítulo 1, cuando las enfermedades infecciosas son eliminadas o reducidas en algunos ambientes, otros factores ambientales causando enfermedades en humanos (ejemplo, sustancias químicas, radiaciones ionizantes, luz ultravioleta) llegan a ser importantes de forma creciente. Algunos peligros modernos y tradicionales son mostrados en la Tabla 2.1.

El estudio de los peligros para la salud ambiental puede ser enfocado de varias formas. Una es examinando la *naturaleza del peligro*, el cual puede ser biológico, químico, físico, mecánico o psicosocial. O puede ser estudiado por subtipos dentro de estas categorías. Los peligros biológicos pueden por ejemplo ser divididos en virus, bacterias, parásitos, etc. El estudio de los peligros a la salud ambiental puede ser organizado también por *rutas de exposición*: aire, agua, suelo, que a su vez pueden subdividirse, por ejemplo, agua subterránea contra agua superficial contra agua potable, etc. Otra forma es realizar el enfo-

Tabla 2.1 Ejemplos de peligros tradicionales para la salud contra peligros modernos.

Peligros tradicionales	Peligros modernos
Enfermedades por vectores	Humo del tabaco
Agentes infecciosos	Alcohol
Viviendas y refugios	Peligros por transporte
Agua potable y sanidad	Contaminación ambiental
Contaminación del aire interior proveniente de cocinas	Contaminación del aire exterior proveniente de la industria y los automóviles
Deficiencias dietarias	Uso de sustancias químicas
Reproducción	Peligros ocupacionales
Peligros de daño en la agricultura	Dieta desbalanceada

que de acuerdo al *ambiente* donde ocurren los peligros, por ejemplo el hogar, el trabajo, la escuela o las comunidades. La Tabla 2.2 suministra la estructura de los peligros biológicos, químicos y físicos por rutas de exposición y factores relacionados.

El enfoque sobre la naturaleza del peligro es clásico en ambientes académicos. Los microbiólogos tienden a enseñar las características de los peligros biológicos; los toxicólogos discuten los efectos a la salud de las sustancias químicas, los físicos de la salud enseñan las implicaciones de las radiaciones sobre la salud humana; los ergonomistas discuten los peligros biomecánicos y los psicólogos discuten los resultados psicosociales.

Si uno se hace sensible a los peligros ambientales y a la comprensión de su naturaleza, es esencial tener algunos conocimientos de las ciencias microbiológicas, toxicológicas, físicas de la salud y psicosociales básicas de la salud ambiental. Este capítulo introduce el asunto de la salud ambiental de acuerdo a la naturaleza de los peligros y traza los resultados básicos en estas áreas. (La fisiología básica se necesita para comprender los efectos de los peligros ambientales sobre la salud humana que pueden ser encontrados en algún texto de fisiología). Por otra parte las perspectivas de salud pública pueden ser más fácilmente fomentadas sobre el enfoque de las rutas de exposición. La contaminación del aire, por ejemplo, tiende a ser estimada y manejada por un grupo diferente de profesionales de la salud pública que la contaminación del agua o de los desechos peligrosos. Este último enfoque, permite la defensa de la comunidad en su conjunto. La mitad de los capítulos de este libro presentan los peligros de acuerdo a sus rutas de exposición (aire, agua, alimentos).

Tabla 2.2 Peligros biológicos, químicos y físicos por rutas de exposición.

	Biológicos	Químicos	Físicos
Aire			
Agente/Fuente	Microorganismos	Humo, polvo, partículas	Radiaciones, ruido
Rutas	Exhalaciones, tos	Aire contaminado	Clima
Factores vectoriales	Inhalación, contacto	Ingestión, contacto	Exposiciones no resguardadas
Agua			
Agente/Fuente	Microorganismos, materia orgánica en descomposición	Descargas, vertederos, lixiviados	Radiación
Factores vectoriales	Insectos, roedores caracoles; excreta de animales; cadena alimentaria	Alimentos y agua contaminados	Accidentes; contaminación del agua y alimentos
Rutas	Mordeduras, ingestión, contacto	Ingestión, contacto	Ingestión, contacto
Tierra			
Agente/fuente	Organismos del suelo	Sólidos, líquidos	Radiación
Factores vectoriales	Materia orgánica en descomposición, que puede convertirse en fuente de vectores	Contaminación de alimento y agua alimentos	Accidentes; contaminación del agua y alimentos
Rutas	Contacto, picadas	Ingestión, contacto	Contacto, ingestión

Los diferentes peligros pueden también ser descritos en el contexto de la agricultura, asentamientos, industria, etc. Este enfoque permite tratar los resultados ambientales como problemas en la comunidad y el desarrollo económico. Los últimos capítulos analizan sus impactos ambientales y los métodos de prevención en relación a ambientes y resultados de desarrollo (urbanización, uso de la energía, industrialización, problemas globales).

2.2 Peligros biológicos

2.2.1 TIPOS DE PELIGROS BIOLÓGICOS

Los peligros biológicos incluyen todas las formas de vida (así como los productos no vivientes que ellas producen), las cuales pueden causar efectos adversos a la salud. Estos peligros son las plantas, los insectos, los roedores y otros animales, hongos, bacterias, virus y una amplia variedad de toxinas y alérgenos. Otro tipo de peligro biológico que ha recibido mucha atención son los *priones* (partículas de proteína), que se han relacionado con numerosas enfermedades incluyendo la enfermedad Creutzfeldt-Jacob. (Esto será discutido en el Capítulo 7).

Aunque los organismos superiores tales como las serpientes, los animales salvajes y el ganado pueden atacar a los humanos y causar envenenamiento o daño, estos tipos específicos de peligros biológicos no serán discutidos en detalle aquí, a pesar de que son de importancia considerable en muchas comunidades. Nosotros nos concentraremos sobre los efectos en la salud por exposición a microorganismos y parásitos y aquellos factores biológicos que tienen un papel en el ciclo de vida de estos organismos.

Los *microorganismos* están usualmente divididos en bacterias, virus y agentes protozoarios, como las amibas. Las bacterias y los protozoarios pueden vivir y multiplicarse fuera de otras células vivientes y pueden por lo tanto sobrevivir y multiplicarse por largos períodos de tiempo en los alimentos o en el agua mientras que haya suficientes nutrientes para ellos. Los virus, por otra parte, no pueden multiplicarse fuera de otras células vivientes. Para sustentar su ciclo de vida, los virus necesitan entrar en las células humanas o en la célula de un animal o insecto. Muchas enfermedades causadas por microorganismos son debidas a la transmisión directa de una persona a otra, pero éstas no están normalmente incluidas como peligros a la salud ambiental. Éstas incluyen todas las enfermedades transmitidas sexualmente y muchas de las enfermedades infecciosas de la niñez. Los microorganismos de mayor importancia para la salud ambiental son citados en la Tabla 2.3, donde también se indica la mortalidad global por las infecciones y las enfermedades parasitarias. Las cinco enfermedades que más mortalidad ocasionan en el mundo son las infecciones respiratorias agudas, la diarrea, la tuberculosis, la malaria y el sarampión.

Tabla 2.3 Número global de muertes estimadas a partir de enfermedades infecciosas y parasitarias, 1993. (Fuente: WHO, 1995a.)

Enfermedad/Condición	Número de muertes (miles)
Infecciones agudas del tracto respiratorio	
bajo en niños menores de cinco años	4 110
Diarreas en niños menores de cinco años, incluyendo la disentería	3 010
Tuberculosis	2 709
Malaria	2 000
Sarampión	1 160
Hepatitis B	933
SIDA	700
Tosferina	360
Meningitis bacteriana	210
Esquistosomiasis	200
Leishmaniasis	197
Sífilis congénita	190
Tétanos	149
Anquilostomiasis	90
Amibiasis	70
Ascariasis (gusano redondo)	60
Tripanosomiasis africana (enfermedad del sueño)	55
Tripanosomiasis americana (enfermedad de Chagas)	45
Oncocercosis (ceguera de río)	35
Meningitis	35
Rabia	35
Fiebre amarilla	30
Dengue/dengue hemorrágico	23
Encefalitis japonesa	11
Tremátodos transmitidos por los alimentos	10
Cólera	6.8
Poliomielitis	5.5
Difteria	3.9
Lepra	2.4
Peste	0.5
Total	16 445

Algunos microorganismos y parásitos que causan enfermedades humanas necesitan crecer dentro del cuerpo humano. Cuando la enfermedad puede difundirse de una persona a otra, es llamada una enfermedad infecciosa o transmisible. La transmisión puede ser *directa* –por contacto entre dos personas, como

ocurre con las enfermedades transmitidas sexualmente— o puede ser *transmitida por el aire*, como el catarro común. Una persona infectada exhala los microorganismos que causan el catarro, y otras personas inhalan el aire contaminado. La transmisión puede tener lugar también a través de *vehículos* diferentes al *aire* (objetos o materiales que han sido contaminados con el agente biológico causal de la enfermedad), por ejemplo agua o alimentos contaminados con *helminthos* (lombrices) procedentes de otra persona.

Finalmente, la transmisión también puede ocurrir a través de vectores, *mecánicos* (animales o insectos que portan los microorganismos o agentes biológicos en su superficie y los trasladan de forma mecánica, como por ejemplo la mosca doméstica), o *biológicos* (aquellos artrópodos en cuyo organismo el agente biológico o causal se multiplica, desarrolla una etapa de su ciclo vital antes de ser infectante, o ambos), para lo cual debe transcurrir un período de incubación (*extrínseco*), luego de lo cual puede transmitir la forma infectante del agente biológico a una persona a través de la picadura; por ejemplo, la malaria por mosquitos del género *Anopheles*, el tifo exantemático por el piojo del cuerpo, o la peste por la pulga de la rata.

Debe diferenciarse el concepto de vector del término *reservorio* (de agentes infecciosos). Éste último es cualquier ser humano, animal, artrópodo, planta, suelo (o combinación de estos), donde normalmente vive y se multiplica un agente infeccioso, y del cual depende para su supervivencia o perpetuación, y donde se reproduce de manera que pueda ser transmitido a un huésped susceptible. Por ejemplo, la rata es el reservorio de los agentes biológicos causales de la peste, el tifo murino o la leptospirosis.

Otras bacterias y parásitos producen toxinas que pueden causar enfermedades a través de la acción venenosa de la toxina más que por la infección. La diferencia es importante. La enfermedad causada por la ingestión de una toxina no puede ser difundida de persona a persona pero las medidas preventivas tomadas contra su difusión son similares a las tomadas en el caso de las infecciones (preparación higiénica de los alimentos y adecuada cocción.)

2.2.2 LA DIFUSIÓN DE LOS PELIGROS BIOLÓGICOS

El agua contaminada por excretas humanas es la principal vía para la difusión del cólera, la fiebre tifoidea, la disentería, otras enfermedades diarreicas, la hepatitis y la esquistosomiasis. La higiene inadecuada, la descarga de residuales no tratados en el agua superficial y las malas prácticas higiénicas son blancos importantes para acciones preventivas en todos los países. En los países desarrollados, con tratamientos de las aguas y los residuales más o menos completos, las enfer-

medades diarreicas transmitidas por el agua son prevenidas eficientemente, pero el costo es de miles de millones de dólares cada año. El hacinamiento y la mala ventilación en las casas contribuyen a la proliferación de enfermedades transmitidas por el aire como la tuberculosis, el sarampión, la influenza, la neumonía, la tos ferina y la meningitis cerebro-espinal. La crianza no higiénica de animales ayuda a transmitir las denominadas *zoonosis* (enfermedades de animales que pueden también afectar a los humanos). La contaminación del suelo y del agua contribuyen a las enfermedades transmitidas por insectos y roedores, tales como la malaria, esquistosomiasis, filariasis, fiebre amarilla, peste, tifo y tripanosomiasis, mientras que las aguas estancadas, las viviendas insalubres y los basureros son sitios que fomentan la reproducción de insectos y directamente sustentan los vectores de enfermedades como roedores e insectos. Esto además contribuye a la dispersión de la malaria, la enfermedad transmitida por vectores más mortífera a nivel mundial (Tabla 2.3).

Muchos de los parásitos causan las llamadas “enfermedades tropicales”, las que ocurren casi exclusivamente en las zonas tropicales. Para la mayoría de estas enfermedades la razón de su confinación geográfica es que la difusión de la enfermedad es dependiente de un insecto como vector, el cual sólo puede sobrevivir en ciertos climas. Entre las enfermedades más importantes causadas por parásitos están la malaria, la esquistosomiasis, la filariasis y la dracunculiasis (enfermedad del gusano de Guinea).

Los cambios ambientales y los disturbios al balance de los hábitats naturales pueden tener efectos profundos sobre las enfermedades infecciosas. Nuevas enfermedades tales como una reportada en Zaire en 1995, causada por el virus Ebola, ha emergido últimamente. Otras, como la producida por hantavirus, la fiebre Rift Valley, y el cólera, han re-emergido en asociación con los cambios ambientales (ver WRI/UNEP/UNDP/World Bank, 1996 y Capítulo 11 para discusión adicional).

2.2.3 RUTAS DE EXPOSICIÓN

Las principales rutas de exposición para peligros biológicos son el aire, el agua y los alimentos. Algunos parásitos entran al cuerpo a través de la piel (por ejemplo, el de la esquistosomiasis) y otros son transferidos al cuerpo humano por mordeduras de insectos (por ejemplo, la malaria). Las bacterias y los parásitos pueden también difundirse de suelos contaminados a la piel o a través del polvo al aire y eventualmente infectar a una persona.

La difusión de los microorganismos a través del aire ocurre principalmente con las enfermedades respiratorias y es con frecuencia debida a pequeñas gotas creadas mientras se tose o se estornuda. Un ejemplo bien conocido es el catarro

común. No es siempre considerado un problema en salud ambiental pero pudiera ser colocado en esa categoría, debido a que las condiciones ambientales tales como el hacinamiento o la carencia de ventilación en espacios confinados contribuyen a la difusión del virus por la vía aérea. Otros ejemplos de exposición aérea a microorganismos pudieran ser los de la bacteria de la tuberculosis y la bacteria de la enfermedad de los legionarios. Esta última puede crecer en los sistemas de aire acondicionado con poco mantenimiento (en el agua de enfriamiento) y puede difundirse a un edificio completo.

El problema biológico de salud ambiental más grande es la difusión de la bacteria fecal de una persona a otra a través del agua. Cuando el suministro de agua potable para una comunidad está contaminada con heces de una persona enferma, un gran número de personas que toman el agua pueden enfermarse y difundirse la enfermedad a través de las heces. El cólera es un ejemplo de una seria enfermedad de este tipo. Muchas diarreas líquidas severas son síntoma cardinal del cólera y la persona rápidamente puede deshidratarse y morir, a menos que el tratamiento dado reemplace la pérdida del líquido del cuerpo. Un número de otras bacterias o virus en el agua potable pueden también causar enfermedades diarreicas y son responsables por la alta mortalidad infantil en algunos países en desarrollo. El potencial para que este peligro de salud ambiental cause serias enfermedades también existe en países desarrollados, pero la filtración eficiente y la desinfección (cloración) del agua potable protege a las poblaciones. Con el objetivo de sostener la protección, es necesario mantener los sistemas para el suministro y la purificación del agua a un costo considerable. En casos de averías de los suministros de agua debido a desastres naturales (como los del gran terremoto en Kobe en 1995) o guerras (como los cortes de suministros de agua a Sarajevo en 1992 y 1995), uno de los mayores intereses es el brote de enfermedades transmitidas por el agua.

Otra ruta de exposición es la ingestión de alimentos la cual, como se mencionó es un medio importante para el crecimiento de bacterias. Los niveles bajos no infecciosos de bacterias en el agua pueden transformarse en niveles superiores infecciosos en los alimentos. El número de bacterias, virus, parásitos, requerido para causar una enfermedad específica en un individuo es denominada *dosis mínima infecciosa*. Las exposiciones por debajo de esta dosis no causarán infección. El crecimiento de bacterias en el alimento depende de tres factores: el tipo de alimento; la habilidad de la bacteria para crecer en este alimento y la más importante, la temperatura. El almacenamiento del alimento a temperatura ambiente puede conducir a una aglomeración peligrosa de las bacterias. A temperaturas por debajo de 4°C (40°F) o por encima de 60°C (140°F), el crecimiento es usualmente muy lento. (Un refrigerador debe idealmente mantener la temperatura por debajo de 4°C todo el tiempo).

El principal problema con los peligros biológicos sobre el suelo, es el de los *helminthos* (lombrices) de una persona infectada que defeca sobre éste. Las infecciones por lombrices intestinales son extremadamente comunes en áreas pobres de países en desarrollo, particularmente entre niños. Ellos juegan sobre el suelo y no es probable que tomen precauciones. En comunidades pobres donde las facilidades sanitarias son inadecuadas puede ser necesario (o más aceptable) defecar al aire libre sobre el suelo y el ciclo de la infección por la lombriz es mantenido. Las infecciones por la lombriz en animales domésticos u otros animales pueden también ser la fuente de este tipo de exposición. Además, el reuso de aguas residuales para irrigación puede causar problemas de infección entre los campesinos que cultivan la tierra irrigada, a menos que sean tomadas precauciones especiales.

2.2.4 DISTRIBUCIÓN, CRECIMIENTO Y MECANISMOS DE DEFENSA

Una vez que la persona ha sido expuesta a un agente biológico, este agente será distribuido a través de la sangre, linfa u otros fluidos corporales al órgano del cuerpo donde puede comenzar a crecer. Ciertas bacterias son muy específicas de los sitios donde pueden crecer y causar daño; por ejemplo el poliovirus puede crecer en los intestinos y causar diarreas (esta es la vía para que el virus se difunda), pero puede también crecer específicamente en ciertas células nerviosas en la columna vertebral y causar parálisis; los estreptococos (que son bacterias) pueden crecer en la garganta y causar amigdalitis severa (y de esta forma se difunden mediante la tos), pero pueden difundirse además a los riñones y al interior del revestimiento del corazón y causar fiebre reumática severa. Muchos virus, bacterias y parásitos también causan infecciones en el lugar del primer contacto con el organismo; por ejemplo el virus del catarro común es inhalado y causa infecciones en el tracto respiratorio superior, el estafilococo (también una bacteria) causa furúnculo en la piel y las lombrices intestinales causan la enfermedad de la lombriz en los intestinos después de que han sido ingeridas por el tracto gastro intestinal.

Afortunadamente, el cuerpo humano tiene un poderoso mecanismo de defensa contra los agentes biológicos, el sistema inmunológico. Este sistema incluye un número de células especializadas que identifican a los agentes infecciosos como intrusos que pueden causar daño y entonces los engloban o atacan con anticuerpos. De esta forma, alguna infección reconocida es retrasada por estos mecanismos y en muchos casos el paciente se recupera espontáneamente o no desarrolla los síntomas debido al sistema inmunológico que comienza a atacar al agente biológico tan pronto como entra al organismo. Un pequeño número de virus o bacterias pudieran por lo tanto ser detenidos en sus trayectorias antes de

que la infección y enfermedad ocurran. Las enfermedades peligrosas que se difunden rápidamente, tales como el cólera y el sarampión, con frecuencia tienen una baja dosis infectante. El nivel de dosis infectante mínima puede variar sustancialmente entre individuos y es, entre otros factores, determinada por las condiciones físicas y el estado nutricional (ver también el Capítulo 7).

Las bacterias y los parásitos pueden ser disminuidos y eliminados por medicamentos específicos (antibióticos). Cuando los medicamentos no están disponibles, el paciente puede aún recobrase debido a las defensas inmunológicas, pero para muchas enfermedades la disponibilidad de medicamentos efectivos cura con mayor probabilidad y mucho más rápido, por ejemplo para la tuberculosis, la amigdalitis por estreptococos y los helmintos intestinales. Para algunas enfermedades, tales como la meningitis el uso de antibióticos es esencial para salvar la vida de los pacientes.

Un aspecto importante en el crecimiento de las bacterias es que cuando se multiplican, algunas de ellas producen toxinas poderosas (sustancias químicas que causan daño a la salud). Por ejemplo, el aspecto más peligroso del cólera es el daño muy severo al revestimiento del intestino delgado causado por las toxinas producidas por la bacteria del cólera. Este daño produce grandes pérdidas del líquido del cuerpo (diarrea acuosa) lo cual amenaza la vida de las personas a menos que sea reemplazado por vía intravenosa. Similarmente, cuando las bacterias crecen en los alimentos, las toxinas pueden ser formadas y son tan poderosas que el envenenamiento es un riesgo a la salud más importante que la infección después que ha sido ingerido el alimento contaminado. Por ejemplo, el estafilococo produce una toxina que causa diarrea y vómito.

2.2.5 EFECTOS A LA SALUD

Cuando un organismo biológico se establece por sí mismo en el cuerpo de un huésped, tal como una persona, y causa enfermedad, a esto se le denomina una **infección**. Las infecciones pueden ocurrir en cualquier parte del cuerpo, pero ciertos organismos tienden a causar infección en ciertos órganos y por lo tanto causan enfermedades distintivas. Hay una tasa de mortalidad muy alta en bebés y niños cada año en países en desarrollo debido a enfermedades diarreicas. Esto es el resultado de la gran exposición a los peligros, la carencia de conocimientos a nivel familiar acerca de cómo tratar a un bebé enfermo y la carencia de servicios básicos de salud. En este grupo de edad un gran número de agentes que causan diarreas pueden estar involucrados, y aún virus comunes que tienen efectos pequeños sobre adultos, pueden ser fatales para los infantes. Para adultos, el cólera es el más peligroso, seguido por *Salmonella typhi* y *paratyphi*, *Salmonella* sp., *Shigella*, etc.

Las infecciones respiratorias son también muy comunes e importantes. De nuevo los bebés son particularmente vulnerables, pero muchos adultos (especialmente los ancianos) están en riesgo por la tuberculosis, neumonía, etc. El catarro común y una variedad de virus como el de la influenza tienen un gran impacto sobre nuestras vidas diarias (teniendo que perder días hábiles de trabajo, etc.) pero generalmente la recuperación ocurre en varios días.

Las enfermedades transmitidas sexualmente han tomado una nueva importancia debido al VIH/SIDA. Aunque el SIDA por sí mismo no es considerado como una enfermedad ambiental, bien puede influir en la ocurrencia de otras infecciones relacionadas con el ambiente. Debido al daño del VIH al sistema inmune y a las defensas del organismo contra otras infecciones, el SIDA ha promovido un resurgimiento de la tuberculosis. La resistencia a antibióticos se ha desarrollado entre muchas bacterias y parásitos. Las infecciones causadas por organismos resistentes pueden resultar difíciles de tratar y pueden extenderse a otros quienes no estarían expuestos si los tratamientos fueran exitosos. Algunos casos de tuberculosis, por ejemplo, han sido causados por pacientes con el bacilo de la tuberculosis resistente a los antibióticos porque fueron tratados de forma inadecuada, provocando entonces la infección a otras personas.

2.2.6 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Están disponibles métodos de laboratorio para identificar y cuantificar la ocurrencia de la mayoría de los virus, bacterias y parásitos en cualquier medio. La microbiología ha desarrollado estas herramientas, las cuales están constantemente perfeccionándose sobre la base de nuevos conocimientos acerca de la microestructura de los agentes biológicos, particularmente la estructura genética de sus ADN. En este sentido las muestras de heces de una persona con diarrea pueden ser probadas para identificar el agente específico responsable de la enfermedad. Si es probable que el agente aparezca en sangre pueden ser de valor los análisis de sangre. Algunos de ellos, como las especies de *Plasmodium* que ocasionan la malaria son fácilmente detectados utilizando un microscopio. Además la existencia de anticuerpos de microorganismos específicos puede indicar si existió una infección en el pasado.

Para cuantificar la concentración de virus en un material, las muestras son tomadas e insertadas en células vivientes donde los virus se reproducirán y eventualmente podrán ser cuantificados. Para cuantificar las bacterias, éstas se hacen crecer en un medio especial, tal como las *placas de agar*. Para los parásitos más grandes, el conteo directo bajo un microscopio puede bastar.

El personal clínico de salud normalmente puede llevar a cabo estas investigaciones sobre los materiales de los pacientes. En investigaciones de la salud am-

biental se miden con frecuencia los materiales ambientales blanco, tales como el agua potable, alimentos o suelo. El mismo tipo de herramientas para la identificación y cuantificación de la ocurrencia de los agentes biológicos es utilizado entonces sobre estos materiales. Una diferencia importante en el enfoque es el uso de indicadores de los agentes biológicos de interés. Por ejemplo, el monitoreo rutinario del agua potable usa mediciones de la bacteria *E. coli* para estimar si el agua tiene calidad aceptable o no. Estas bacterias no causan enfermedades normalmente ya que son comunes de la flora bacteriana intestinal normal. La razón de que ellas sean utilizadas como indicadores de la calidad de agua es que muestran si el agua ha sido contaminada por heces humanas, lo cual es la fuente más importante de bacterias causantes de enfermedades en el agua potable.

2.3. Peligros químicos

2.3.1 PELIGRO, RIESGO Y TOXICIDAD

Desde el comienzo del presente siglo, aproximadamente 10 millones de compuestos químicos han sido sintetizados en laboratorios. Alrededor del 1 % de estos compuestos químicos se producen comercialmente y se usan directamente (por ejemplo, plaguicidas y fertilizantes). Sin embargo, la mayoría son compuestos intermedios en la manufactura de productos para el uso humano. Prácticamente no existe un sector de la actividad humana que no utilice productos químicos, y por supuesto estos han producido muchos beneficios a la sociedad, tales como el efecto de los productos farmacéuticos en la salud humana, y de los fertilizantes en la producción de alimentos.

Todas las sustancias químicas son tóxicas en algún grado, siendo el riesgo a la salud una función de la severidad de la toxicidad y de la magnitud de la exposición. Sin embargo, la mayoría de estas sustancias no han sido adecuadamente probadas para determinar su toxicidad. Un estudio realizado por el Consejo Nacional de Investigaciones de los EUA encontró que sólo existe suficiente información que permita efectuar una evaluación completa del peligro para la salud, para menos de 2 % de las sustancias químicas producidas comercialmente, mientras que solamente para el 14 % hay suficiente información para sustentar una evaluación parcial del peligro.

Se han hecho algunos esfuerzos internacionales para intentar rectificar esta situación. Específicamente, en 1976 el PNUMA estableció el *Registro Internacional de Sustancias Químicas Potencialmente Tóxicas* (RISQPT), que tiene un banco de datos central computarizado con perfiles de datos para alrededor de 800 compuestos químicos. Están disponibles archivos especiales sobre manejo y disposición de desechos, compuestos químicos actualmente sometidos a ensayos de toxicidad y regulaciones nacionales de alrededor de 8 000 sustancias. En

1980 la OMS, el PNUMA y la OIT establecieron el *Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas* (PISSQ) para evaluar los riesgos para la salud humana y el ambiente de sustancias químicas específicas. El PISSQ publica sus evaluaciones en cuatro formas: los *Criterios de Salud Ambiental*, que se dirigen a expertos científicos; una pequeña y no técnica *Guía de Salud y Seguridad* para administradores, gerentes y tomadores de decisiones; las *Tarjetas Internacionales de Seguridad Química*, que sirven como una referencia rápida en el lugar de trabajo y las *Monografías de Información sobre Venenos* para uso médico.

Es importante diferenciar entre peligro y riesgo en el término toxicidad. La *toxicidad* de una sustancia se define como su capacidad inherente para causar daño a un organismo viviente (por ejemplo, una persona, animal o planta). Una sustancia altamente tóxica puede dañar a un organismo, aún cuando estén presentes pequeñas concentraciones en él. Una sustancia de baja toxicidad no producirá un efecto, a menos que la concentración en el órgano blanco sea suficientemente alta. Para que un compuesto químico se considere un riesgo debe existir exposición real o potencial al mismo. Un compuesto químico tóxico que se usa en un proceso totalmente cerrado, puede en sí mismo poseer la capacidad de inducir efectos adversos para la salud, pero no representa un riesgo para ésta ya que virtualmente no existe posibilidad de exposición. Los factores que deben ser considerados cuando se evalúa un riesgo producido por una sustancia tóxica incluyen la cantidad de sustancia absorbida (por ejemplo, la dosis), cómo metaboliza el organismo la sustancia, y la naturaleza y magnitud del efecto para la salud inducido a un determinado nivel de exposición (relación dosis-respuesta o dosis-efecto; ver Capítulo 3). La dosis, a su vez, depende de la vía de exposición, y de la magnitud, duración y frecuencia de la exposición. Asimismo, se debe considerar a los individuos de la población que puedan ser más sensibles a la toxina, y si el daño es o no permanente o reversible.

Por lo tanto, para identificar y categorizar el peligro de las sustancias químicas, se necesita conocimiento de: a) sus propiedades físicas y químicas, b) sus vías de entrada, c) su distribución y metabolismo, y d) los efectos que tienen en los sistemas corporales. Finalmente, es necesario conocer: e) cómo identificar los peligros químicos en sitios reales (ver también el Capítulo 3).

2.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

Existen numerosos sistemas de clasificación de las sustancias químicas. Para aquellas personas sin un conocimiento básico de química es útil clasificar las sustancias químicas en dos clases fundamentales: 1) sustancias químicas *inorgánicas* (que no contienen o tienen pocos átomos de carbono) y 2) sustan-

cias químicas *orgánicas* (que tienen una estructura basada en átomos de carbono). (El lector interesado en la estructura química específica de los diferentes compuestos debe consultar un manual de química).

1. Sustancias inorgánicas

a) Los *halógenos* son elementos que forman una sal por unión directa con un metal. Incluyen el flúor, el cloro, el bromo y el yodo. A temperatura y presión normales, el flúor y el cloro son gases, el bromo es líquido y el yodo es sólido. Cuando se ponen en contacto con el agua, ocurre una reacción que forma ácidos que irritan los tejidos. Como elementos individuales y compuestos, los halógenos tienen una toxicidad intrínseca. El primer síntoma de la inhalación de halógenos (excluyendo a los organohalógenos) es la irritación del tracto respiratorio, cuya severidad depende de la concentración. Los hidrocarburos clorados y fluorados, que se forman durante la reacción de los halógenos con los compuestos orgánicos, son discutidos posteriormente en el Capítulo 11, ya que el impacto de los hidrocarburos halogenados en la disminución de la capa de ozono es de gran importancia para el ambiente global.

b) Los *materiales corrosivos* incluyen a los compuestos alcalinos, tales como amoníaco, hidróxido de calcio, óxido de calcio, hidróxido de potasio, carbonato de sodio e hidróxido de sodio, entre otros. Estos causan una irritación corrosiva local de los tejidos, tales como la piel, los ojos y el tracto respiratorio. Estos efectos también pueden ser causados por ácidos. Los ácidos sulfúrico y crómico son sustancias químicas industriales comunes. Otros compuestos con efectos corrosivos o irritantes incluyen a los contaminantes comunes del aire, ozono y óxidos de nitrógeno. El ozono (O_3) es muy irritante para todas las membranas mucosas (por ejemplo, ojos, nariz y boca), mientras que el bióxido de nitrógeno es un irritante moderado. Ambos pueden propiciar ataques de asma.

c) Los *metales*, como el cadmio, cromo, cobre, plomo, magnesio, mercurio, níquel y arsénico, son tóxicos y persistentes en el ambiente. De estos, el cromo, cobre y magnesio son *metales esenciales*, ya que los organismos vivos los requieren (por ejemplo, el níquel es esencial para algunas bacterias y plantas). Tanto el destino ambiental como el nivel de toxicidad de los metales dependen fuertemente de la forma física y química. Los organismos vivos son capaces de cambiar la forma química, y por lo tanto, modificar los riesgos para la salud relacionados con la exposición a estas sustancias químicas. Por ejemplo, las bacterias son capaces de convertir los iones de mercurio en metilmercurio, que es soluble en grasas, y por lo tanto, puede acumularse en peces y entrar en la cadena alimentaria humana. De igual manera, algunos compuestos de plomo orgánico (derivados metílicos y etílicos, tales como el tetraetilo de plomo) son

solubles en disolventes orgánicos. Son utilizados como agentes antidetonadores en la gasolina. A causa de que los compuestos de plomo son neurotóxicos, su empleo ha sido suspendido en muchos países. Las posibilidades de que ocurra exposición aguda de la población son bajas, pero puede suceder. Algunos ejemplos incluyen a los niños que juegan en el suelo contaminado con operaciones de fundiciones o recuperación de baterías de plomo-ácido. El arsénico o el plomo pueden alcanzar niveles elevados en el suelo, o el niño puede ingerir tierra o fragmentos de pintura. Para la mayoría de estas sustancias químicas se han desarrollado *Criterios de Salud Ambiental*.

2. Compuestos orgánicos

a) Los *hidrocarburos* son básicamente una cadena de átomos de carbono, con hidrógeno ligado a estos. Los hidrocarburos *alifáticos*, tantos los de cadena corta como las parafinas (cadenas largas) provienen casi exclusivamente del petróleo, y se considera que son *saturados*. La saturación implica que no se pueden incorporar más átomos a la molécula, especialmente átomos de hidrógeno. Estos hidrocarburos incluyen (en orden, desde la molécula más pequeña a la mayor) metano, etano, propano, butano, pentano, hexano, heptano y octano, entre otros. El metano y el etano son gases y son relativamente inertes biológicamente, mientras que los hidrocarburos mayores que el etano (por ejemplo, propano, butano, etc.) son depresores del sistema nervioso central. La irritación de las membranas mucosas se incrementa del pentano al octano. Los hidrocarburos alifáticos de cadena larga se denominan parafinas, y se encuentran frecuentemente en forma de sólidos y ceras.

b) Las *olefinas* o hidrocarburos *insaturados* son moléculas que tienen uno o más doble enlaces entre átomos, que potencialmente pueden ser rotos, de forma que pueden ser incorporados átomos de hidrógeno a la molécula. Por lo tanto, no están saturados con átomos de hidrógeno. Estos hidrocarburos también se forman como subproductos del fraccionamiento del petróleo. Algunos hidrocarburos alifáticos insaturados son el etileno, propileno, 1,3 butadieno e isopreno.

c) Los hidrocarburos saturados e insaturados pueden ser también *alíciclicos* (por ejemplo, pueden tener forma circular, como el ciclohexano, el metil ciclohexano, y la turpentina). Aquí la cadena de hidrocarburos adopta una forma circular donde el último átomo de carbono se une al primero. En general, mientras más larga sea la cadena carbonada (ya sea saturada, insaturada o cíclica), más solubles en lípidos (grasas) serán. Los hidrocarburos insaturados son más reactivos y usualmente más tóxicos que los saturados.

d) Los hidrocarburos *aromáticos* contienen uno o más anillos de benceno. Un anillo de benceno es un hidrocarburo circular de 6 átomos de carbono, con

enlaces simples y dobles alternos. Por varias razones, el anillo bencénico es una estructura muy estable (por ejemplo, se necesita mucha energía para romper un anillo bencénico). Esta categoría de sustancias químicas es posteriormente clasificada dependiendo del número de anillos bencénicos y el tipo de uniones entre ellos en la molécula. Estos grupos son: i) benceno y sus derivados alifáticos y alicíclicos; ii) *polifenilos*, por ejemplo, dos o más anillos no condensados; y iii) *policíclicos*, dos o más anillos condensados. Los ejemplos de compuestos aromáticos incluyen el benceno, tolueno, estireno y naftaleno. Los hidrocarburos aromáticos actúan como irritantes primarios de las membranas mucosas y causan depresión del sistema nervioso central. Además, algunos poseen propiedades tóxicas específicas y carcinogénicas. Por ejemplo, el benceno (como un producto de biotransformación en forma de epóxido, ver Cuadro 2.1) tiene una toxicidad muy conocida para el sistema hematopoyético y capacidad para causar leucemia. En general mientras más anillos bencénicos tenga la molécula, es menos soluble y más persistente en el ambiente (no se rompe con facilidad). A causa de estas dos últimas características, estas sustancias químicas son con mayor posibilidad carcinógenos y ecotóxicos, aunque otras características de las moléculas (tal como su forma tridimensional) también pueden contribuir a su toxicidad.

Algunos tipos de compuestos orgánicos tienen *actividad similar a los estrógenos* (ver Cuadro 2.1). Esta acción causada por sustancias químicas exógenas se cree que ocurre a causa de la similitud espacial (geométrica) entre el tóxico y la hormona estrógena natural (endógena). Las consecuencias toxicológicas del uso de estrógenos para problemas menopaúsicos y para la prevención de éstos es un tópico de considerable controversia. Se han planteado hipótesis acerca de su vinculación al cáncer de mama y la infertilidad masculina (Davies *et al.* 1993, Sharpe y Skakkeback, 1993). Se requieren muchas investigaciones antes de que este aspecto pueda ser aclarado. Las sustancias químicas que interrumpen el sistema endocrino (disruptores endocrinos) son consideradas por algunos como los heraldos de una nueva ola de preocupación ambiental (ver *Nuestro futuro robado*, Coburn *et al.*, 1996).

e) Los *hidrocarburos halogenados* (hidrocarburos con al menos un átomo del grupo de los halógenos [flúor, cloro, bromo o yodo] unido) están entre las sustancias químicas más frecuentemente encontradas en la industria. Los ejemplos incluyen el clorometano, el diclorometano, el cloroformo y el tetracloruro de carbono. Las sustancias químicas de este grupo son ampliamente utilizadas para la limpieza en seco o como disolventes industriales (por ejemplo, el tricloroetileno) y en la producción de plásticos (por ejemplo, cloruro de polivinilo [PVC]). En general, mientras más largos y clorados son los compuestos, menos pueden ser

Cuadro 2.1 Xenoestrógenos

Los estrógenos forman una clase de hormonas esteroideas sintetizadas tanto por hombres como por mujeres. Estas hormonas desempeñan un papel importante en la reproducción humana, incluyendo la diferenciación sexual, el desarrollo de características sexuales femeninas secundarias, así como en el desarrollo y funcionamiento de los testículos. Las hormonas ejercen su acción mediante la unión a un receptor específico. Cuando una hormona se une a un receptor celular para formar un complejo llamado hormona-receptor, un número de reacciones tienen lugar, lo cual, eventualmente resulta en un efecto fisiológico. Para el desarrollo y funcionamiento normal, los niveles hormonales sanguíneos deben ser regulados de manera muy precisa. Esta regulación de los niveles hormonales se determina por la tasa de síntesis y eliminación metabólica. Este mecanismo de regulación se puede desajustar cuando los seres humanos u otros organismos están expuestos a sustancias químicas ambientales que también son capaces de unirse al receptor de estrógenos. En principio, hay dos posibles reacciones: 1) La unión del compuesto ambiental al receptor de estrógenos resulta en la misma respuesta celular. Esto es llamado *efecto imitador de estrógeno*; 2) La unión al receptor no resulta en una respuesta normal. Esto puede indicar que el xenoestrógeno, *no presente normalmente en el organismo*, ha bloqueado (permanentemente) el receptor, haciéndolo incapaz de interactuar con los estrógenos endógenos.

Los humanos pueden estar expuestos a los xenoestrógenos en muchas formas diferentes. Por ejemplo, la dieta humana contiene grandes cantidades de fitoestrógenos, tales como lignanos e isoflavonas. El efecto bloqueador de los estrógenos ha sido demostrado en mujeres que ingerían una dieta enriquecida con isoflavonas. Sin embargo, la mayoría de los fitoestrógenos son metabolizados y excretados por la orina en la misma forma que los estrógenos endógenos, y por lo tanto no se acumulan en el organismo. Sin embargo, puede ocurrir lo contrario con algunos otros xenoestrógenos, incluyendo los BPC, dioxinas y furanos. La exposición a algunos BPC ha sido correlacionada con una reducción de la motilidad y densidad de los espermatozoides. Además, después de una exposición *in utero*, se reportó un incremento de pérdidas de fetos, reducción del peso al nacer y efectos conductuales y de desarrollo, después de severos accidentes de intoxicación en Japón y Taiwán. Adicionalmente, la exposición ocupacional a compuestos estrogénicos (como Kepona) ha ocasionado una disminución del conteo y motilidad de espermatozoides, y una morfología anormal de los mismos.

Otros xenoestrógenos a los cuales los seres humanos pueden estar expuestos son los alquilfenoles, los ésteres de ftalato y el bisfenol -A. La preocupación acerca de estos compuestos se ha ido incrementando de manera considerable a causa de su gran distribución en el ambiente. En particular, la ingestión de ftalatos, que puede representar varios cientos de mg/kg por día fundamentalmente por el consumo de alimentos, puede resultar en efectos estrogénicos. La exposición más obvia a xenoestrógenos es por supuesto, la administración directa de hormonas, tales como el dietilestilbestrol (DES) cuyos efectos están bien documentados en la descendencia de mujeres que lo consumieron. En algunos países, las mismas hormonas pueden estar presentes en la carne y productos lácteos. La similitud en la estructura química entre el estradiol endógeno y los xenoestrógenos DES y DDT se muestra en la Figura 2.1 (ver Coburn *et al.*, 1996).

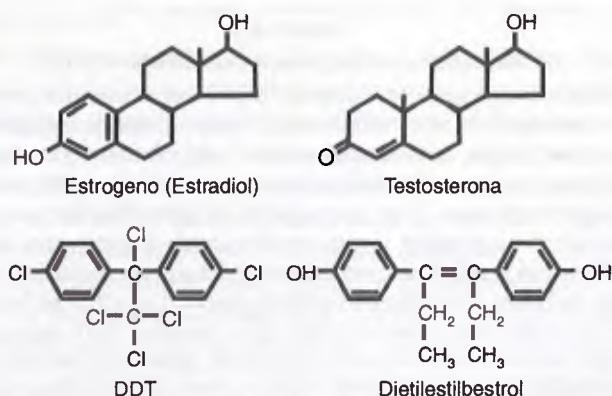


Figura 2.1 Estructura química del estradiol, del dietilestilbestrol y del DDT (Fuente: Colborn *et al.*, 1996).

rotos, y por lo tanto permanecen en el ambiente. Los hidrocarburos cíclicos clorados son dañinos ambientalmente a causa de que persisten por largos períodos y son consumidos y asimilados por la fauna silvestre. Además de que son persistentes en el ambiente, la bioacumulación de estos compuestos y su excreción en leche humana y animal constituye un riesgo para los lactantes (la bioacumulación será discutida en el Capítulo 7. Los contaminantes orgánicos persistentes se discuten más en el Cuadro 2.2). Los signos tóxicos de exposición en humanos son alteraciones del sistema nervioso central, retardo en el desarrollo de niños, depresión del sistema inmunológico y una erupción persistente de la piel llamada *cloracné*.

f) Los *alcoholes* son hidrocarburos en los cuales, al menos uno o más átomos de hidrógeno han sido sustituidos por un grupo hidróxilo (molécula compuesta de un átomo de oxígeno y uno de hidrógeno). Algunos alcoholes específicos son el metanol, el etanol, el propanol, etc., que son tóxicos para varios órganos, fundamentalmente el sistema nervioso central. Por ejemplo, el síndrome fetal alcohólico es un trastorno reconocido, en el cual la ingestión de etanol por la madre daña al niño antes del nacimiento. Los efectos crónicos de la ingestión de metanol incluyen visión borrosa y finalmente ceguera; esta situación es más común cuando el alcohol bebido procede de destilaciones de licor ilegales o contaminadas. Los alcoholes de alta masa molecular pueden producir dermatitis (por ejemplo, erupción de la piel).

Cuadro 2.2

Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) constituyen un grupo importante de sustancias químicas de interés ambiental. Son compuestos orgánicos anillados o con cadenas ramificadas, con frecuencia están muy clorados y son resistentes a la ruptura biológica, química y fotolítica. En consecuencia, los COP permanecen en el ambiente por muchos años. Estos son solubles en grasa (lípidos), se acumulan a lo largo de la cadena alimentaria y son con frecuencia tóxicos para los organismos vivos. Los efectos en la salud incluyen trastornos del sistema nervioso o inmunológico, o incremento del riesgo de algunos tipos de cáncer. Los COP incluyen la primera generación de plaguicidas organoclorados (por ejemplo, DDT, heptacloro, mirex y toxafeno); hidrocarburos aromáticos policíclicos, tales como pirenos y antracenos, que son generados en la combustión de carbón y otros combustibles fósiles; dioxinas y furanos, que son subproductos de algunos procesos químicos (por ejemplo, de la industria de pulpa y papel) o incineración de desechos; y los bifenilos policlorados (BPC) los cuales fueron producidos a gran escala para emplearlos como fluidos dieléctricos e hidráulicos, entre otras aplicaciones. Algunos de los COP mencionados constituyen grandes familias de sustancias químicas de productos relacionados denominados congéneres; por ejemplo, hay 209 BPC y 670 ó más toxafenos (ver Capítulo 11).

Contribución de Evert Nieboer, Universidad McMaster, Canadá.

g) Los *glicoles y derivados*, tales como el etilenglicol, tienen dos átomos de hidrógeno sustituidos por grupos hidróxilos, se utilizan como agentes anti-congelantes, y en seres humanos para producir efectos anestésicos y dérmicos. Otros tipos incluyen éteres que contienen uniones carbono-oxígeno-carbono, y compuestos epoxi, los cuales son éteres cíclicos. Además, existen cetonas, aldehidos y ácidos orgánicos; anhídridos, ésteres, cianuros y nitritos, compuestos de nitrógeno y compuestos misceláneos de nitrógeno orgánico. La información toxicológica sobre toda esta clasificación de sustancias químicas está disponible en los *Criterios de Salud Ambiental*.

Los *disolventes orgánicos* son ampliamente utilizados en la industria, y existe una exposición potencial alta de los trabajadores. La mayoría de estas sustancias químicas son tóxicas, persistentes en el ambiente, y se conoce o sospecha que sean carcinógenas (por ejemplo, benceno y tricloroetileno). Algunos de estos compuestos, como el benceno y el tolueno, están presentes en los productos de la combustión de materiales orgánicos, tales como en la combustión de neumáticos.

2.3.3 VÍAS DE EXPOSICIÓN

Las sustancias químicas pueden ser liberadas al ambiente en muchas formas diferentes. Esto incluye las sustancias químicas naturales liberadas durante los procesos geológicos y las liberadas por la minería y el dragado. También se incluyen los desechos de muchas fuentes industriales, agrícolas, comerciales y domésticas. La contaminación química puede ocasionarse además por la liberación no intencional de sustancias químicas durante la producción, almacenamiento y transporte de productos, tales como los de uso doméstico. El aire, el suelo, las aguas interiores y los océanos están sujetos a la contaminación química. La contaminación de los alimentos involucra la absorción de residuos químicos en la cadena alimentaria, así como el uso de sustancias químicas en el procesamiento de los alimentos. Las toxinas naturales (aflatoxinas, ocratoxinas y las alcaloides de pirrolizidina) también causan una variedad de enfermedades.

Las principales vías de exposición a las sustancias químicas son: inhalación, ingestión, absorción por la piel y los ojos, transferencia placentaria de la madre embarazada al feto, inoculación y penetración directa en los órganos blanco. En el ambiente no-ocupacional, la ingestión de sustancias químicas constituye la vía de exposición más común. En el ambiente laboral, a causa de la naturaleza de la exposición, la duración de la jornada laboral y las características de los compuestos, la inhalación es la vía de entrada más significativa, seguida de la absorción dérmica y la ingestión.

2.3.4 DISTRIBUCIÓN, METABOLISMO Y ELIMINACIÓN

Una vez que las sustancias químicas ingresan en el organismo, pueden ser metabolizadas, excretadas o acumuladas. La Figura 2.2 muestra las vías de absorción, distribución y excreción de sustancias potencialmente tóxicas. Usualmente, la absorción es más rápida por los pulmones, menos rápida por el tracto gastrointestinal y mucho menos a través de la piel.

Después de la inhalación de material particulado, el tamaño de partícula determina en que región del tracto respiratorio son depositadas, y por tanto, también donde ejercerán su efecto tóxico. Los gases, por otra parte, pueden llegar a los alveolos relativamente rápido, y por lo tanto pueden causar efectos en el sistema respiratorio. La exposición a material particulado es común en instalaciones industriales, dando como resultado enfermedades bien definidas, por ejemplo: silicosis (restricción y obstrucción pulmonar) debida a la inhalación de sílice cristalina; asbestosis (inflamación pulmonar/fibrosis) como consecuencia de la inhalación de fibras de asbesto; y cáncer pulmonar debido al asbesto, óxidos y sulfuros de níquel, compuestos de cromo (cromatos) y trióxido de arsénico. Para el desarrollo de estas enfermedades crónicas se requieren altos niveles de expo-

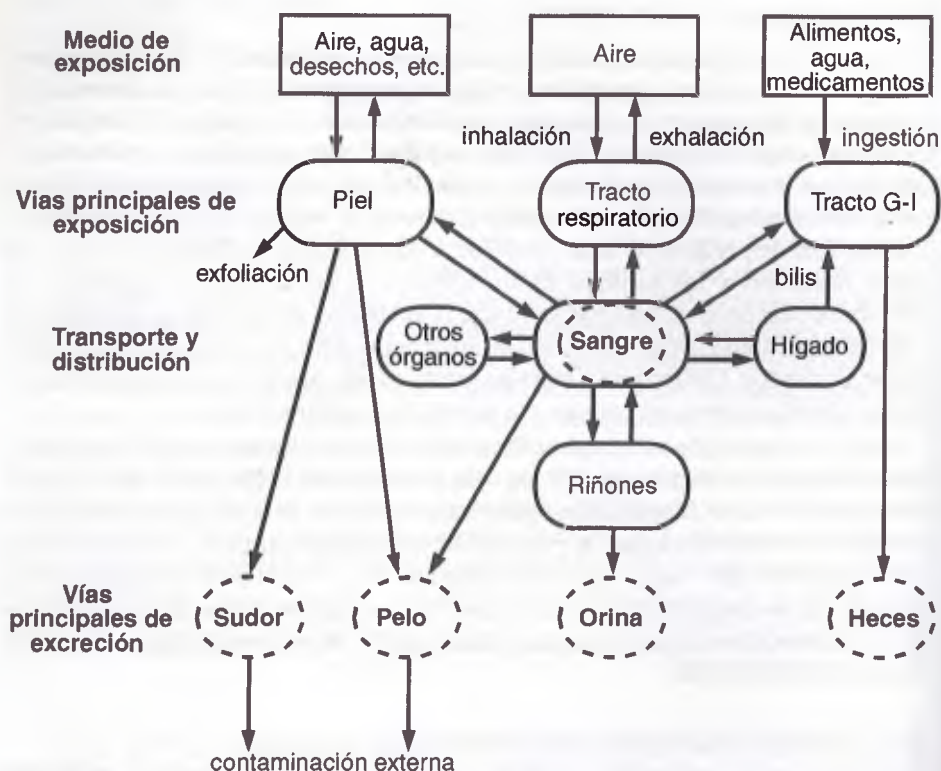


Figura 2.2 Rutas de absorción, distribución y excreción de sustancias potencialmente tóxicas. Las flechas indican cómo son transportadas las sustancias. Los medios útiles para el monitoreo biológico, están identificados por los círculos punteados.

sición durante un largo tiempo (típicamente 10 a 20 años). Además, las partículas contaminantes de diámetros inferiores o iguales a $10\ \mu\text{m}$ (la fracción PM_{10}) parecen estar vinculadas a un incremento de la mortalidad por cáncer de pulmón, o por enfermedad cardiopulmonar y por otras causas respiratorias. Estos efectos estuvieron fuertemente correlacionados con los sulfatos suspendidos y también se sospechó de la contribución de metales. En el Capítulo 5 se discute este aspecto con gran detalle.

Una vez que las sustancias químicas son absorbidas por los pulmones, la piel o el recto (supositorios), pueden entrar a la circulación sanguínea directamente y

ser distribuidos por todo el organismo de forma inalterada. Las sustancias químicas absorbidas en el estómago y en los intestinos (el tracto gastrointestinal) entran en la sangre y son transportadas por el sistema portal hepático hacia el hígado, donde pueden ser modificadas por una serie de reacciones. Este proceso de modificación en el hígado se conoce como *biotransformación*. Estas reacciones también se denominan de *detoxificación*, cuando la transformación disminuye la toxicidad o de *bioactivación* cuando la toxicidad se incrementa.

La biotransformación ha sido dividida en dos fases distintas. Las reacciones de Fase I dan como resultado la *funcionalización*, por ejemplo, el cambio de la sustancia química de forma que pueda ser *metabolizada* (por ejemplo, partes ya existentes en la sustancia). La función más común de la biotransformación es la conversión de los compuestos *hidrofóbicos* (que repelen al agua) a compuestos más *hidrofilicos* (con afinidad por el agua, por lo tanto solubles en ésta) a través de la introducción de grupos polares o cargados electrostáticamente (por ejemplo, OH, COOH, NH) (Figura 2.3). Algunas veces el proceso de biotransformación, especialmente la Fase I, da como resultado un compuesto químico más activo que pueda reaccionar con el ADN u otra estructura importante en la célula. Algunos compuestos carcinogénicos importantes, como el benceno requieren transformaciones de Fase I para activarse. Algunos de éstos sólo existen durante un corto tiempo, suficiente para producir un daño, y por lo tanto son difíciles de detectar o medir. Este proceso se ilustra en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3

Bioactivación del benceno

Muchas sustancias químicas carcinogénicas requieren bioactivación para ejercer su acción. Por ejemplo, durante el metabolismo de las aflatoxinas, cloruro de vinilo, benzo [a] pireno y benceno, se forman epóxidos, que son productos intermedios altamente reactivos. Estos epóxidos existen sólo por un periodo de tiempo muy corto debido a su alta inestabilidad y reactividad. Ya que los epóxidos son electrofilicos, reaccionan con grupos nucleofilicos, incluyendo aquellos de biomacromoléculas como proteínas y ADN. Como resultado de esta reacción, los procesos celulares pueden ser alterados y el código genético puede ser modificado. Como se discutirá posteriormente, los cambios en el código genético pueden eventualmente resultar en la formación de tumores y cáncer. En la Figura 2.3 se ilustra la formación química del epóxido a partir del benceno. Después de la formación de fenol, este producto final de la reacción de Fase I, será conjugado (acoplado) con el ácido glucurónico, un compuesto endógeno, para formar fenilglucurónido durante la Fase II. Con el fin de mostrar la similitud estructural entre los diferentes tipos de sustancias químicas que son transformadas a epóxidos reactivos, durante las reacciones de Fase I, las estructuras del cloruro de vinilo, así como su epóxido, también se muestran en la Figura 2.4.

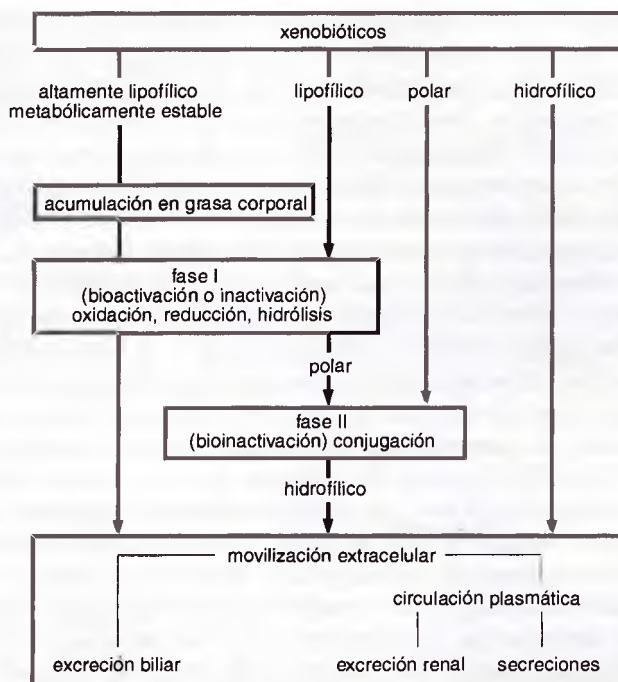


Figura 2.3 Metabolismo y excreción de sustancias potencialmente tóxicas.
(Adaptada de Niesink *et al.*, 1996).

Las sustancias químicas que sufren reacciones de Fase I y Fase II son normalmente aquellas solubles en grasa (lipofílicas) y que tienden a acumularse en los tejidos corporales y la leche, si no se convierten a una forma excretable. Algunas de estas sustancias pueden ser fraccionadas en componentes por las bacterias en el intestino, en donde son reabsorbidas para someterse a reacciones de Fase II. Las sustancias solubles en agua (y las sustancias polares disociadas cargadas electrostáticamente) van directamente a la circulación sanguínea de la cual pueden ser eliminadas en el aire expirado de los pulmones (si se vaporizan rápidamente), por los riñones y la orina (después de la ultrafiltración) y/o por secreción activa, en otros fluidos segregados como las lágrimas, saliva, leche o sudor. Si esta grasa se moviliza bajo condiciones de estrés la sustancia regresa a la sangre y causa una intoxicación aguda.

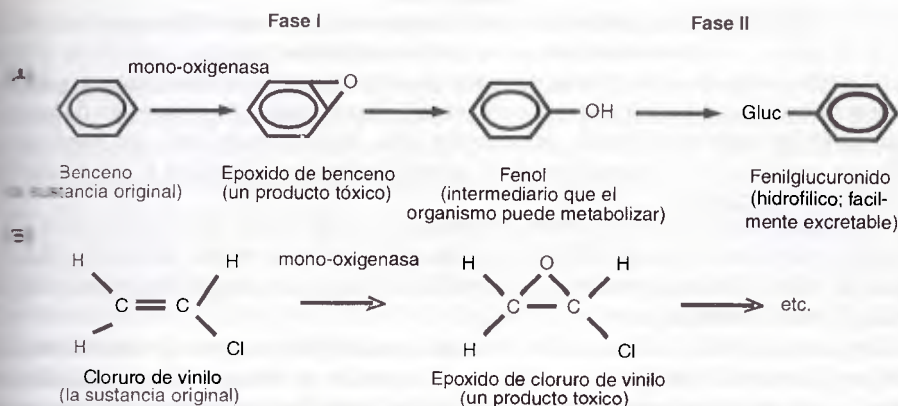


Figura 2.4 Formación de epóxidos durante el metabolismo del benceno (A) y del cloruro de vinilo (B) (Modificada de Niesink *et al.*, 1996).

2.3.5 TOXICIDAD SISTÉMICA Y ÓRGANO-ESPECÍFICA.

La toxicidad fue definida previamente como cualquier efecto perjudicial de una sustancia química o un medicamento en un órgano blanco. La *toxicidad sistémica* puede ser expresada como un efecto en los sistemas del organismo después que la sustancia química ha sido absorbida y distribuida por la sangre en todo el organismo, más que una reacción *local* simplemente, la cual afecta sólo el órgano donde la sustancia química tiene el primer contacto en el organismo. Algunos tóxicos ejercen sus efectos en órganos específicos, tales como el hígado, riñones, sistema nervioso, etc. (Cuadro 2.4). Pueden crear reacciones alérgicas a través de la alteración del sistema inmunológico, o pueden alterar el ADN, causando cáncer o defectos al nacer. La toxicidad sistémica y órgano-específica se discuten más ampliamente en el Cuadro 2.4. Otras formas en que las sustancias químicas pueden ser clasificadas, es de acuerdo a si el efecto ocurre inmediatamente (*agudo*), o es *crónico* (en un largo período de tiempo); y si el efecto es *temporal* o *permanente*.

2.3.6 TOXICIDAD REPRODUCTIVA Y DEL DESARROLLO

Varias sustancias químicas tóxicas tienen efectos en el sistema reproductivo, tanto masculino como femenino. Las exposiciones de interés pueden ocurrir antes de la concepción y posteriormente a ésta. Éstas pueden afectar la fertilidad, la función sexual y la libido, pero de interés particular son los efectos en el feto.

Cuadro 2.4.

Principales tipos de efectos sistémicos u órgano-específicos que pueden ser causados por las sustancias tóxicas

1. Toxicidad sistémica. Los efectos que resultan de la absorción de una sustancia química y su distribución a diferentes sistemas corporales. Los ejemplos de situaciones de toxicidad sistémica común incluyen la intoxicación seria, algunas veces fatal, que puede ocurrir por contacto con ciertos plaguicidas organofosforados (paratión) e inhalación de disolventes orgánicos.

a) Neurotoxicidad. La mayoría de las sustancias tóxicas actúan en el sistema nervioso central o periférico. Las alteraciones funcionales u orgánicas de los neurotransmisores pueden causar síntomas de excitación o parálisis (compuestos organofosforados, orgánicos clorados, metales, etc.).

b) Inmunotoxicidad. La función del sistema inmunológico asegura: i) mecanismos de defensa no específicos contra agentes, para los cuales no ha ocurrido sensibilización previa, y ii) mecanismos específicos y adaptativos dirigidos a agentes específicos, para los cuales el organismo había sido sensibilizado o infectado previamente. El organismo tiene mecanismos muy complicados para defenderse contra el ataque de virus y bacterias, y estos pueden ser dañados por la exposición a ciertas sustancias químicas. Un resultado puede ser un incremento sutil en la frecuencia de enfermedades virales, tales como influenza y catarros. Las reacciones inmunológicas dañadas pueden dar lugar a alergias. Las moléculas pueden reaccionar con otros componentes del organismo, alterando sus propiedades y por lo tanto, sus funciones biológicas. Esto puede resultar en que el sistema inmunológico trate a estos componentes como extraños. Pueden ser producidos anticuerpos que se unen a componentes del organismo anormalmente alterados y provocarse inflamación, ruptura de tejidos y otros efectos perjudiciales.

2. Toxicidad órgano-específica. Algunas sustancias químicas tienen especificidad para el órgano blanco (por ejemplo, dañan un cierto órgano con preferencia a otros) en ocasiones a causa de la biotransformación o bioconcentración. La vía de exposición puede ser también responsable del daño a un órgano específico.

a) Toxicidad hepática. La mayoría de las sustancias químicas son metabolizadas en el hígado. Por lo tanto, el hígado se convierte en el órgano blanco de muchas sustancias químicas. Los disolventes orgánicos (tetracloruro de carbono, cloroformo, etanol) y ciertos metales traza (cobre, cadmio) pueden causar un gran daño al hígado, caracterizado por fallas en el funcionamiento, necrosis, fibrosis y alteración de la estructura.

b) Toxicidad renal. La mayoría de los xenobióticos se eliminan por filtración glomerular y excreción tubular, mientras los elementos esenciales se reabsorben en los túbulos. Las sustancias químicas con toxicidad renal incluyen a los metales (por ejemplo, mercurio, cadmio y plomo).

c) Toxicidad dérmica. Las erupciones de la piel son una reacción común a las sustancias químicas. Las reacciones alérgicas pueden ocurrir en individuos sensibles, mientras que la irritación de la piel puede ocurrirle a cualquier individuo expuesto a una variedad de sustancias químicas irritantes. Algunas sustancias químicas producen un tipo característico de reacción dérmica que sirve de pista al tipo de exposición que el individuo ha experimentado. Con la mayoría no sucede esto.

Estos pueden incluir anomalías genéticas, interferencias en el desarrollo normal y envenenamiento del feto antes del nacimiento. Los resultados de este proceso pueden incluir defectos congénitos, fallas en el nacimiento y desarrollo normales, bajo peso al nacer, y abortos (espontáneos). La naturaleza del efecto depende del tipo y magnitud de la exposición, así como la coincidencia en tiempo de la exposición con respecto al desarrollo fetal. La Figura 2.5 muestra los períodos críticos de desarrollo fetal por sistema de órganos. Es importante considerar que los defectos de nacimiento y los efectos negativos pueden ocurrir aún sin exposición a sustancias químicas tóxicas; en ocasiones la única evidencia de la presencia de un riesgo reproductivo es que la frecuencia de estos efectos adversos en el nacimiento se incrementan. La extensión a la cual las sustancias químicas tóxicas contribuyen al nivel actual de problemas de salud relacionados con la reproducción es completamente desconocida, pero la frecuencia de defectos al nacimiento no parece estar en incremento.

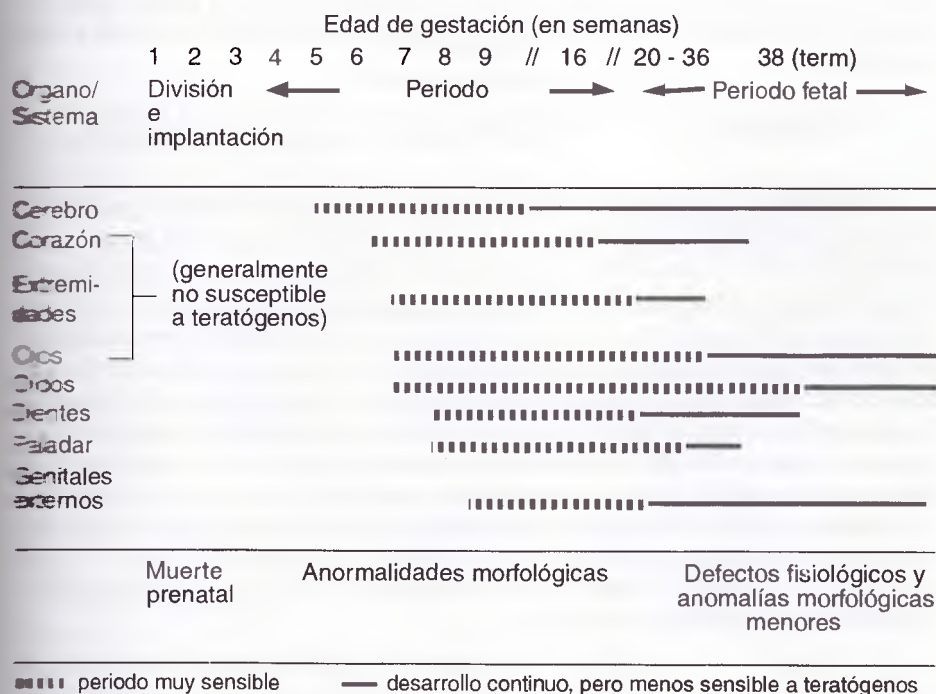


Figura 2.5 Períodos críticos en el desarrollo fetal en diferentes órganos o sistemas. (Reimpresa de Jedrykowski y Krzyzanowski, 1995.)

2.3.7 GENOTOXICIDAD Y CARCINOGENICIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

Los agentes químicos, físicos y biológicos pueden interactuar con el ADN, resultando en cambios estructurales y/o funcionales, los cuales pueden conducir a la alteración de los códigos e información genéticos. Este complejo proceso involucra mutación genética, alteración cromosómica (estructural y numérica) y/o reordenación genética, los que se describen brevemente en el Cuadro 2.5.

El cáncer se desarrolla como una consecuencia de múltiples eventos genéticos o no genéticos, que pueden conducir a una proliferación celular descontrolada. Aunque los pasos individuales son difíciles de distinguir, hay dos clases principales de agentes carcinogénicos:

- agentes que reaccionan previamente con el ADN; y
- agentes que tienen una reactividad principalmente no genética, y actúan por un mecanismo no genético.

En realidad, la carcinogénesis es un proceso complejo, que envuelve varias etapas en las cuales tienen lugar mecanismos genotóxicos y no genotóxicos. El proceso multifásico de carcinogénesis puede ser caracterizado por tres pasos principales:

1) iniciación —————> 2) promoción —————> 3) progresión

1. *Iniciación.* Las sustancias químicas mutagénicas, las radiaciones ionizantes y los virus pueden causar cambios en el ADN, creando una célula iniciada. El genotipo iniciado se considera como un estado potencialmente maligno, el cual puede ser transformado en una célula con una capacidad irrestricta de proliferación. Se considera que la iniciación está relacionada con la dosis, lo cual significa que una dosis creciente conduce a un número mayor de células iniciadas. Esto ocurre sólo en una pequeña proporción de la población de células blanco y con mayor frecuencia si las células en el tejido se están dividiendo rápidamente. Esto puede ser explicado por el hecho de que el ADN en la célula que se divide está menos protegido y por lo tanto es más susceptible a alteraciones químicas. Las células iniciadas no muestran cambios bioquímicos o conductuales reconocibles que las diferencien de las normales, ya que el daño no se expresa como un nuevo fenotipo. Sin embargo, el daño puede convertirse en un cambio permanente a menos que sea rápidamente reparado.

2. *Promoción.* Un promotor es una sustancia que no necesariamente causa el desarrollo de un tumor por sí misma, pero debido a su acción, permite que ocurra una mutación potencialmente carcinogénica. La sustancia promotora transforma a la célula iniciada en una célula activada anormal, que puede ser la pri-

mera célula de un tumor. Esta transformación resulta en una proliferación celular local que conduce frecuentemente a la formación de un tumor benigno. Como todo en toxicología, la dosis y la duración de la exposición son usualmente los factores clave, por lo cual en ciertas circunstancias un promotor puede ser generador de un tumor por sí mismo. En esta etapa, el tumor no es aún maligno. Algunos tumores pueden ser benignos, pero otros siguen hasta la siguiente etapa de progresión y se convierten en malignos.

3. *Progresión*. En esta etapa las células tumorales se convierten en malignas y la proliferación incontrolada resulta en la invasión de los tejidos adyacentes y en metástasis. Las *metástasis* ocurren cuando las células del tumor se rompen y son transportadas a otro lugar en el cuerpo para dar lugar a nuevas masas tumorales. Estas pueden desarrollarse más rápidamente que el tumor original, al cual se denomina tumor primario.

El potencial carcinogénico de un determinado agente se evalúa primeramente por la epidemiología humana y por estudios con animales de experimentación.

Cuadro 2.5

Tipos de genotoxicidad

Los eventos genotóxicos juegan un papel definido en los siguientes desórdenes:

- carcinogénesis, formación de tumores
- toxicidad del desarrollo (enfermedades genéticas hereditarias, malformaciones)
- otras enfermedades somáticas, tales como arterioesclerosis, cataratas, etc.

Los siguientes son tres tipos diferentes de efectos genotóxicos, los cuales son resultados de cambios inducidos en el material genético:

1. *Mutación genética*, es el resultado de cambios de uno o múltiples pares de bases (sustituciones, eliminaciones o inserciones) en el ADN, que alteran la información codificada en el genoma del ADN. Normalmente, el mecanismo de defensa celular puede reparar los daños del ADN, creando nuevamente su estructura original. La reparación, sin embargo, puede ser deficiente, conduciendo a cambios hereditarios.
2. Las alteraciones cromosómicas pueden ocurrir mediante daños causados por agentes genotóxicos, que conducen a aberraciones estructurales (rupturas, deleciones, translocaciones); y pérdida o ganancia de uno o más cromosomas, y en ocasiones cambios en el número de cromosomas. Los resultados de estos cambios también pueden conducir a muerte celular o cambios genéticos profundos.
3. Las *reorganizaciones genéticas* están caracterizadas por expresiones genéticas alteradas (amplificación genética, pérdida de actividad, etc.). Las causas subyacentes pueden ser translocaciones, inversiones, etc., de partes largas de cromosomas.

Contribución de A. Pinter.

Las pruebas genotoxicológicas cortas también proporcionan datos que pueden ser útiles para evaluar la carcinogenicidad. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, siglas en inglés) comenzó en 1974 a evaluar de forma sistemática el riesgo carcinogénico de sustancias y la exposición en humanos. Hasta ahora se han efectuado más de 500 evaluaciones. La categorización de la IARC basada en la evidencia aceptada de carcinogenicidad es probablemente la más ampliamente reconocida y utilizada por agencias reguladoras. Estas categorías se relacionan en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Categorización carcinogénica de la IARC.

Categorías aceptadas
1. Existe suficiente evidencia de carcinogenicidad en humanos
2.a. Un agente es probablemente carcinogénico para humanos
2.b. Un agente es posiblemente carcinogénico para humanos
3. Existe una evidencia inadecuada de carcinogenicidad para humanos
4. No carcinogénico

En el Cuadro 2.6. se presentan ejemplos de diferentes grupos de carcinógenos. La mayoría de las sustancias químicas que causan cáncer son orgánicas, tales como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (B naftilamina, benzidina), benceno, éter bisclorometílico y nitrosaminas. La mayoría de las sustancias químicas carcinogénicas probadas parecen actuar como electrofílicas (deficientes de electrones), las cuales reaccionan covalentemente con los nucleófilos (ricos en electrones) en el interior de la célula blanco. Además de los agentes alquilantes tales como sulfuro de etilo diclorado (gas mostaza), la N-metil N-nitrosourea, el sulfato de etil metano y las nitrosamidas, las sustancias químicas frecuentemente requieren una conversión enzimática a electrofílicas. Aún las nitrosamidas necesitan ser hidrolizadas a agentes alquilantes activos. La conversión por enzimas proporciona una explicación sobre el por qué los carcinógenos son con frecuencia tejido-específicos, por ejemplo, las enzimas necesarias pueden tener poca actividad o pueden no existir en los tejidos que no son afectados.

Las variaciones en cómo los individuos metabolizan a los carcinógenos pueden explicar las diferencias en la susceptibilidad al cáncer. Una teoría es que los individuos pueden diferenciarse en sus tasas de absorción en el sitio de entrada, y/o en los mecanismos que tienen para reparar el ADN, y esto puede ser responsable de las diferencias en riesgo experimentadas por diferentes individuos, familias y otros grupos.

Cuadro 2.6.

Grupos de carcinógenos

- **Carcinógenos inorgánicos.** Algunos compuestos como el arsénico, níquel y cromo son conocidos como carcinógenos. El mecanismo de acción, sin embargo, no ha sido comprendido.
- **Asbesto y fibras minerales sintéticas.** Se ha demostrado que una variedad de materiales fibrosos causan sarcomas en roedores, cuando se administran en el espacio entre el pulmón y la pared torácica (asbesto, fibra de vidrio, óxido de aluminio, etc.). Las dimensiones de la fibra y su durabilidad en el tejido parecen estar relacionadas con su carcinogenicidad. Las fibras de asbesto actúan como promotoras y acentúan el proceso carcinogénico iniciado por el humo de cigarro y otros carcinógenos comúnmente encontrados en el ambiente. Los plásticos inertes y las placas metálicas cuando se implantan debajo de la piel de roedores causan sarcoma. Puede ser que ellos estimulen la selección de clones específicos pre-neoplásicos de células que al final dan lugar a sarcomas. Al igual que la carcinogénesis por fibras, esto parece no estar relacionado con la composición de la sustancia química.
- **Carcinogénesis por radiación ionizante y ultravioleta.** La carcinogénesis inducida por radiaciones ionizantes y ultravioleta es similar a la carcinogénesis química. Los rayos X y la radiación UV dañan el ADN, en ocasiones a causa de la no reparación.
- **Virus:** El papel de los virus en el cáncer humano ha sido objeto de una investigación intensa a través de los años. Los virus que inducen cáncer en animales incluyen el virus del tumor mamario de ratón, el virus de la leucemia felina y el virus del sarcoma de Rous en pollos. Los virus humanos que pueden causar cáncer incluyen el virus de la hepatitis B (cáncer de hígado), el herpes virus (cáncer cervical) y el virus Epstein Barr (cáncer nasofaríngeo y Linfoma de Burkitt) el cual también causa enfermedades no malignas como la mononucleosis.

2.3.8 ENSAYOS DE TOXICIDAD EN ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN

Un gran número de ensayos diferentes están disponibles para determinar el perfil toxicológico de una sustancia química. Estos ensayos permiten evaluar la toxicidad aguda, sub crónica y crónica, o pueden centrarse en áreas específicas de toxicidad, que cubren un intervalo de efectos (Tabla 2.5). La construcción del perfil toxicológico y de las relaciones dosis-respuesta son las primeras etapas de las evaluaciones de riesgos, tal y como se discutirá en el Capítulo 3. Los aspectos éticos relacionados con el ensayo con animales deben ser considerados.

1) Estudios de toxicidad aguda

Los estudios toxicidad aguda con animales son más frecuentemente utilizados para predecir los efectos de las exposiciones cortas y altas en humanos,

Tabla 2.5. Variedad de estudios toxicológicos disponibles para la construcción de un perfil toxicológico. (Adaptada de Niesink *et al.*, 1996.)

Estudio	Comentario
Toxicidad aguda	Énfasis en efectos agudos y signos clínicos, incluyendo letalidad (LD_{50}).
Toxicidad subcrónica	A menudo utilizada para determinar una dosis sin efecto: generalmente de 28 o 90 días de duración; también denominados estudios sub agudos.
Toxicidad crónica	Generalmente es de aproximadamente 2 años de duración cuando se emplean roedores. Pueden ser estudios de carcinogenicidad, de toxicidad crónica, o una combinación de ambos tipos.
<i>Estudios especializados</i>	
Estudios de reproducción	<i>Estudios multigeneracionales:</i> son empleados para investigar los efectos en el comportamiento reproductivo, efectos en la fertilidad, fecundidad, toxicidad prenatal y perinatal, lactancia, ablactación y desarrollo perinatal y crecimiento. <i>Estudios de teratología:</i> son utilizados para investigar la habilidad para inducir defectos durante el embarazo, y la toxicidad feto-embrionaria.
Estudios de genotoxicidad	Investigación de la habilidad para inducir mutaciones, aberraciones cromosómicas y otros efectos indicadores de daño genético hereditario, que tienen una importancia predictiva para carcinogenicidad o la inducción de efectos hereditarios.
Ensayos de irritación dérmica y ocular	Para determinar los efectos de la contaminación de la piel y los ojos, por ejemplo, en exposición ocupacional.
Sensibilización dérmica	Para investigar el potencial para producir sensibilización alérgica.
Inmunotoxicidad	Para investigar los efectos específicos en el sistema inmunológico, por ejemplo, en el timo, nódulos linfáticos, médula ósea y los efectos celulares y humorales correspondientes (productores de anticuerpos).
Neurotoxicidad	Para investigar los efectos específicos en el sistema nervioso central y periférico, por ejemplo, compuestos con efectos neurotóxicos conocidos, tales como los compuestos organofosforados. También se requieren ensayos de toxicidad conductual para investigar la neurotoxicidad.

tales como las que ocurren después de un accidente, y pueden proporcionar una medida del potencial toxicológico de diferentes compuestos. Los estudios metabólicos y farmacocinéticos se utilizan para determinar la absorción, distribución y eliminación del compuesto, su biotransformación y las tasas en que estos procesos ocurren.

Cuando la toxicidad se describe en términos cuantitativos, los conceptos DL_{50} (dosis letal del 50%) y DE_{50} (dosis efectiva del 50%) se utilizan con frecuencia. La DE_{50} es la dosis que puede causar un efecto en el 50% de la población en estudio; la DL_{50} es la dosis que mata al 50% de la población. La DL_{50} o la DE_{50} se determinan de acuerdo a la relación dosis-respuesta. Las dosis letales por inhalación de sustancias químicas en forma de gases o vapores, también pueden ser probadas. En este caso la concentración de gas o vapor que mata a la mitad de los animales se conoce como Concentración Letal para el 50%, o la CL_{50} . Aunque la DL_{50} y la CL_{50} sólo brindan información acerca de la muerte de animales, éstas son ampliamente utilizadas como un índice de toxicidad. El criterio de la Tabla 2.6. es frecuentemente utilizado para la clasificación de efectos tóxicos agudos en animales.

Tabla 2.6 Sistema de clasificación para efectos tóxicos agudos en animales.

	DL_{50} oral en ratas (mg/kg)	DL_{50} dérmica en ratas o conejos (mg/kg)	DL_{50} por inhalación en ratas (mg/m ³ h)
Muy tóxico	<25	<50	<500
Tóxico	25-200	50-400	500-2000
Dañino	200-2000	400-2000	2 000-20 000

Las DL_{50} y las CL_{50} son relativamente confiables y están correlacionados en la mayoría de los casos con los niveles de toxicidad humana. Sin embargo, no son suficientes para caracterizar completamente la toxicidad de las sustancias químicas y es imposible evaluar los riesgos para la salud sobre la base de las DL_{50} o la CL_{50} solamente, especialmente para carcinógenos (por ejemplo, no es de interés particular conocer la dosis que puede matar el 50% de la población humana). Además, la DL_{50} y la CL_{50} no brindan información acerca del mecanismo o tipo de toxicidad de la sustancia química, o de sus posibles efectos crónicos. Por lo tanto, la DL_{50} y la CL_{50} son índices muy crudos de toxicidad. Otros ensayos más específicos proporcionan información más concreta. Un ejemplo de una prueba corta específica es la de irritación, conocida como *Ensayo Draize*. La sustancia química que se prueba se aplica sobre la piel del animal, y el área es

examinada en los días siguientes para la búsqueda de una respuesta de erupción o enrojecimiento. Esta prueba también se desarrolla en los ojos del animal. (Como se explica más adelante, las pruebas con animales ahora no se recomienda cuando existen otras posibilidades).

2) Ensayos subcrónicos

En ensayos de toxicidad subcrónicos, los animales han sido expuestos repetidamente a una sustancia química dada por un período relativamente largo (28 días o más), normalmente el 10 % de la vida del animal seleccionado. esto significa estudios de inhalación o ingestión en ratas durante 90 días y de aproximadamente un año en perros.

Los estudios más generales se basan simplemente en el examen de las condiciones generales de los animales basados en el peso, ingestión de alimentos, actividad y comportamiento, así como exámenes de los órganos para la detección de anormalidades a simple vista. Estudios más sofisticados incluyen ensayos funcionales, tales como los de función renal y hepática, exámenes histopatológicos de órganos y otros tejidos y análisis químico de muestras de sangre y orina.

3) Ensayos de toxicidad crónica

El propósito de los bioensayos durante toda la vida, o crónicos, es determinar si las sustancias químicas tienen algún efecto para la salud que tarda un largo tiempo en desarrollarse. El cáncer es con frecuencia el efecto para la salud a largo plazo de mayor interés, pero otros efectos en los órganos, tales como el riñón, también son estudiados. Estos estudios se desarrollan exponiendo a los animales, por ingestión o por inhalación de la sustancia química probada, durante todo el tiempo de vida del animal. En ratas esto puede ser dos años; en ratones un poco menos. En un ensayo típico, 50 ratones o ratas son expuestos a una alta dosis, no letal, de una sustancia química bajo estudio. Los animales de experimentación son comparados durante toda su vida con un número similar de animales de control. Un buen estudio expondrá diferentes grupos de animales de ambos sexos a dosis diferentes de la sustancia química. (Con frecuencia estos estudios se conocen como de megaratón, ya que se utiliza un gran número de animales en el estudio).

4) Estudios de reproducción

Los estudios en animales para evaluar efectos adversos de la sustancia química en cualquier aspecto de la reproducción involucran la exposición de uno o ambos padres a la sustancia química en estudio, antes del apareamiento, y la observación de los efectos en la descendencia. En algunas ocasiones, sólo se

expone a la hembra gestante. Los efectos reproductivos se clasifican de acuerdo a si la cría es reducida en número, de bajo peso al nacer, o deformada o dañada de alguna forma. Algunas veces pueden ser necesarios estudios multigeneracionales para determinar los efectos que pudieran ser transmitidos a las futuras generaciones.

2.3.9 OTROS TIPOS DE ENSAYOS DE TOXICIDAD

1) *Ensayos genotoxicológicos cortos*

La actividad genotóxica de un agente dado puede ser evaluada mediante ensayos cortos de mutaciones genéticas y alteraciones cromosómicas *in vitro* e *in vivo*. Alrededor de 50 ensayos han sido desarrollados durante los últimos 20 años, de los cuales entre 6 y 10 han sido validados satisfactoriamente para la predicción de efectos de mutaciones germinales y actividad carcinogénica. La introducción de sistemas de activación metabólica *in vitro*, que permite la conversión de las sustancias químicas a reactivos nucleofílicos, hacen este método apropiado para una amplia variedad de sustancias químicas. Los ensayos más comúnmente utilizados y mejor validados son el ensayo de *Salmonella*/microsoma de mamíferos (Ames), el de aberraciones cromosómicas *in vitro* y el ensayo de células de la médula ósea *in vivo* (aberraciones cromosómicas o micronúcleos).

2) *Estudios en humanos*

La información sobre los efectos tóxicos en humanos puede ser obtenida tanto por estudios clínicos como por *estudios epidemiológicos* que investigan los efectos para la salud después de la exposición en el ambiente laboral u otros ambientes. Los *estudios clínicos* son experimentos cuidadosamente controlados en humanos, utilizando bajas dosis consideradas seguras. En vista de los aspectos éticos, sólo pueden ser estudiados los efectos en la salud que son pequeños y reversibles, tales como cambios sutiles en tiempos de reacción, funciones conductuales y respuestas sensoriales. Los métodos de investigación epidemiológica y el uso en el proceso de evaluación de riesgos para la salud será discutido posteriormente en el Capítulo 3.

3) *Relaciones estructura-actividad.*

Durante muchos años se ha esperado que la aplicación del conocimiento de la estructura física y de las características químicas de una sustancia permita predecir su actividad biológica. Se ha recopilado mucha información de varios tipos de compuestos con respecto a la correlación entre la estructura química, en términos de grupos funcionales, orientación espacial y parámetros de toxicidad. Sobre la base de esos estudios se han desarrollado ensayos cortos para evaluar

la toxicidad y las concentraciones máximas admisibles para contaminantes del aire en ambiente laboral y general. Sin embargo, no para todas las estructuras químicas es comprendido el mecanismo toxicológico y existen muchos compuestos que no reaccionan según lo esperado sobre la base de la relación estructura-actividad. Al nivel actual de los conocimientos, las relaciones estructura-actividad son indicadores útiles de toxicidad potencial y pueden ayudar a priorizar la investigación toxicológica, pero requieren de evidencias para ser corroboradas y el proceso de toma de decisiones no debe sustentarse sólo en éstas.

2.3.10 INFORMACIÓN SOBRE TOXICIDAD

La identidad del producto es, por supuesto, crucial en la identificación del peligro. Un producto puede tener un nombre comercial común, utilizado con propósitos de propaganda y mercado. El *Servicio de Resúmenes de Química* (CAS, siglas en inglés), una sección de la Sociedad Americana de Química, asigna un número de registro CAS a todas las sustancias químicas. La mayoría de las hojas de información de los productos contienen los números CAS, que son útiles para investigar la toxicidad de la sustancia química en cuestión. El número del *Registro de Efectos Tóxicos de las Sustancias Químicas* (RTEC, siglas en inglés) es también importante, y está vinculado a una lista de artículos científicos sobre los efectos para la salud de sustancias químicas. Este registro es operado por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, siglas en inglés) en los EUA.

La legislación sobre el “derecho a conocer” en muchas jurisdicciones ha ayudado considerablemente en la identificación y el control de los peligros. En Canadá, por ejemplo el *Sistema de Información sobre Materiales Peligrosos en el Ambiente Laboral* (WHMIS, siglas en inglés) requiere el suministro de las Hojas de Datos sobre Seguridad de los Materiales (MSDS, siglas en inglés) de cada sustancia, el etiquetado de productos controlados de acuerdo a las categorías que se presentan en la Tabla 2.7 y el entrenamiento de trabajadores en la comprensión de las MSDS y el uso apropiado de las sustancias. Una legislación similar existe en muchos otros países, pero no en todas las jurisdicciones. En los países de la Comunidad Europea, varios símbolos y frases que indican los riesgos potenciales (frases R) y las precauciones de seguridad (frases S) se aplican en la práctica y puede esperarse que su uso pueda incrementarse en otros países europeos. La combinación de diferentes frases R y S proporcionan precauciones de seguridad apropiadas para la manipulación de sustancias peligrosas y formulados.

Toda la información anterior es usualmente suministrada como un requisito para la comercialización en la mayoría de los países. El PISSQ publica las Tarje-

Internacionales de Seguridad Química y están disponibles las correspondientes a más de 1 000 sustancias químicas.

Tabla 2.7 Dos sistemas de clasificación para sustancias químicas peligrosas.

Categoría de sustancias controladas (Canadá)		Categoría de sustancias peligrosas según la definición de la Directiva del Consejo de la Comunidad Europea
Clase		Definición
A	un gas comprimido	explosivo
B	material combustible e inflamable	muy tóxico/tóxico
C	material oxidante	oxidante
D	material venenoso e infeccioso	extremadamente inflamable/altamente inflamable/inflamable
D1	inmediato y serio	dañino
D2	otros efectos tóxicos	corrosivo
D3	biopeligroso	irritante
E	material corrosivo	sensibilizante carcinogénico/mutagénico tóxico para la reproducción, peligroso para el ambiente
F	material reactivo peligroso	

2.4 Peligros físicos

2.4.1 TIPOS DE PELIGROS FÍSICOS

Los peligros físicos son las formas de energía potencialmente nocivas en el ambiente que pueden resultar en peligrosidad inmediata o gradual de adquirir un daño cuando se transfiere en cantidades suficientes a individuos expuestos. Los peligros físicos pueden provenir desde formas de energía naturales o antropogénicas. Una variedad de tipos diferentes de energía puede involucrar peligros físicos. Los ejemplos de éstas son las ondas sonoras, la radiación, la energía luminosa, la energía térmica y la energía eléctrica. La energía mecánica (cinética), que resulta en daño cuando una cantidad suficiente se transfiere al individuo, se discutirá separadamente en la Sección 2.5.

La liberación de energía física puede ser súbita y no controlada, como el caso de un ruido fuerte explosivo, o constante y más o menos bajo control, como en las condiciones de trabajo con la exposición a largo plazo a niveles inferiores de ruido constante.

El ruido, la radiación (incluyendo la luz) y los factores de temperatura son los ejemplos más comunes de peligros físicos. Ellos pueden ocasionar efectos en la

salud en situaciones naturales de exposición, como cuando la radiación ultravioleta desde el sol ocasiona las cataratas en el ojo o cuando las olas de calor matan los seres débiles, jóvenes y ancianos. Para la gestión de la salud ambiental las situaciones de exposición creadas por los humanos resultan las de mayor importancia, tales como las irrupciones del ruido, a las cuales millones de personas están expuestas en sus plazas laborales. Otros ejemplos incluyen la radiación ionizante que los isótopos difunden a partir del accidente en la planta nuclear de Chernobyl, que expuso a cinco millones de personas a dosis excesivas e hizo grandes áreas terrestres inhabitables durante muchos años. Los tipos principales de peligros físicos se discutirán individualmente en más detalle.

2.4.2 RUIDO Y VIBRACIONES

El ruido se define como un sonido indeseable. El sonido viaja en forma de ondas en el medio aéreo (o los cambios de presión) lo que produce la vibración del tímpano. El tímpano transfiere estas vibraciones a tres huesos minúsculos en el oído medio, los que a la vez comunican las vibraciones al fluido contenido en la cóclea (en el oído interno). Dentro de la cóclea se hallan las pequeñas terminales nerviosas usualmente conocidas como células ciliadas. Ellas responden a las vibraciones del fluido enviando los impulsos nerviosos al cerebro, que entonces interpreta los impulsos como sonido o ruido. Los sonidos intensos producen ondas mayores que los menos intensos. Estas ondas mayores producen mayores vibraciones dentro del oído, que pueden dañar las células ciliadas. A veces el daño es temporal y se repara naturalmente después de unos minutos o días. El zumbido del oído que uno experimenta después de asistir a un concierto de música fuerte, es un síntoma común de este daño temporal. A altas intensidades de ruido, sin embargo, el daño resulta permanente porque las células ciliadas, como todas las células nerviosas, no pueden reemplazarse y presentan muy limitada capacidad para repararse a sí mismas. Cada año millones de trabajadores industriales pierden proporciones importantes de su capacidad auditiva debido a exposiciones al ruido intenso en sus lugares de trabajo. Los niveles altos de ruido pueden ocurrir también en el ambiente general, pero principalmente asociados al tránsito y a los sistemas de transporte. Los niveles de ruido sobre una acera de una calle abarrotada o en un tren subterráneo rápido con ventanas abiertas pueden alcanzar valores que pueden dañar la audición.

Aún con los niveles de más baja intensidad, el ruido puede ocasionar perturbaciones del sueño, originar tensión y reducción de la calidad de vida. El problema del ruido comunitario y sus efectos perturbadores está aumentando a medida que más y más gente vive en las ciudades, donde el ruido del tránsito, del vecindario y la industria raramente se encuentra bajo cualquier control —al menos no

en las etapas primeras de urbanización. Cada vez más, como resultado de protestas públicas contra el ruido, las barreras protectoras del sonido se erigen a lo largo de carreteras y vías férreas.

La intensidad del sonido se mide en decibeles (dB). Los niveles se ajustan usualmente para reflejar cómo escucha el oído humano—por ejemplo, usando la escala A (dB[A]), y midiendo con un instrumento manual llamado sonómetro (medidor de nivel sonoro). La Tabla 2.8 plantea algunos sonidos familiares y sus dB(A).

Tabla 2.8 Niveles sonoros de algunos sonidos familiares (Fuente: OMS, 1977.)

Fuentes	Efectos auditivos	Nivel sonoro dB (A)
Disparo de arma de fuego	Umbral del dolor del oído humano	140
Avión a chorro (en el despegue)		
Petardos, explosiones		
Música rock amplificadas	Audibilidad inconfortable	120
Juego de hockey concurrido		
Trueno severo		
Martillo neumático		
Segadora de césped energizada	Audibilidad extrema	100
Tractor de tipo agrícola		
Interior de tren subterráneo		
Motocicleta, vehículo de la nieve		
Aire acondicionado montado en una ventana	Audibilidad moderada	80
Restaurante muy concurrido		
Camión / tractor de motor diesel		
Pájaros cantando	Quietud	60
Conversación normal		
Susurro de hojas	Muy tranquilo	60
Grifo goteando		
Lluvia ligera		
Susurro	Escasamente audible	10

Incrementar la intensidad del sonido aumenta el riesgo de pérdida del sentido de la audición. El riesgo de sufrir la pérdida de sensibilidad auditiva comienza con la exposición prolongada a sonidos de aproximadamente 75 dB(A) (WHO, 1977).

Muchos países usan 85 dB (A) como límite seguro del ruido en puestos de trabajo. Como regla general, si una voz fuerte no es comprensible a una distancia de un metro debido al ruido de fondo excesivo, el nivel de ruido está sobre 85 dB (A) y pudiera ser probablemente riesgoso. Aún si el nivel sonoro no es notablemente incómodo, las células ciliares pueden dañarse. En la medida que la intensidad aumenta, la longitud del tiempo de exposición que ocasiona disminuciones de sensibilidad auditiva decrece. Por ejemplo, aproximadamente 15% de los individuos expuestos a 90 dB(A), por ocho horas al día durante una vida de trabajo entera (40 años), experimentará una pérdida importante de la agudeza auditiva. A 85 dB(A) el riesgo es de 10%.

Las pérdidas auditivas causadas por ruido pueden ser impedidas a través de un programa de control del ruido y al mismo tiempo de vigilancia de la salud de los trabajadores para la detección temprana de las pérdidas auditivas. El control del ruido es una especialización altamente técnica que puede involucrar la ingeniería acústica, el diseño de plantas, los controles de ingeniería y la contención o aislamiento de fuentes de ruido. Sin embargo, la mayoría de los problemas que involucran el ruido excesivo pueden manejarse de modo efectivo y no costoso usando ciertos principios básicos.

La programas de conservación auditiva deberían incluir la vigilancia regular de los puestos de trabajo, línea de base y audiogramas anuales para todos los trabajadores expuestos, educación en servicio y pre-servicio a los trabajadores con respecto a la conservación auditiva, el archivado sistemático de los registros, la notificación del trabajador ante la detección de la afección y la provisión de protección auditiva a todos los trabajadores expuestos. Muchos programas en la industria incluyen la remisión de los empleados afectados a especialistas, controles administrativos para limitar la duración de asignaciones de los trabajadores a áreas ruidosas y medidas de control del ruido. Un ejemplo de programa de conservación auditiva basada en el puesto de trabajo se describirá en el Cuadro 4.5.

En adición al ruido, que puede describirse como una vibración transmitida por el aire al oído, la energía vibratoria puede también ser transmitida directamente a otras partes del cuerpo humano. El uso de múltiples herramientas o equipo manual puede resultar en afecciones de la salud, como resultado de la vibración de brazo y mano. El efecto más característico de exposición prolongada a la vibración de la mano es la vasculitis de vibración, o "enfermedad del dedo blanco", un tipo de vasoconstricción espontánea o inducida por el frío que resulta en una reducción de la sensación al tacto delicado, la vibración, o la temperatura, y que ocasiona un dolor marcado. Se la ha nombrado de este modo, por el aspecto blanco de los dedos ante la contracción de los vasos sanguíneos. Las vibraciones pueden también transmitirse al cuerpo entero cuando se conducen vehículos

como bulldozers, excavadoras, camiones y automóviles sobre terreno irregular o caminos con baches. Estas vibraciones pueden dañar el sistema músculo-esquelético.

2.4.3 RADIACIONES IONIZANTES

Los peligros de radiación pueden clasificarse en aquellos asociados a la radiación ionizante y a la no ionizante (la radiación no ionizante y la iluminación, como una forma específica de radiación no ionizante se discuten en las Secciones 2.4.4 y 2.4.5 respectivamente.) Los principios básicos y los diferentes tipos de radiación se describen en el Cuadro 2.7. La radiación ionizante surge de cambios en la capa electrónica del núcleo de un átomo cuando un electrón es removido de un átomo neutro y un par de iones se produce —un electrón cargado negativamente y un átomo cargado positivamente. Es la disociación de los átomos en el cuerpo humano lo que ocasiona un efecto biológico nocivo. Los iones son altamente reactivos y dañan la estructura de células críticas, incluyendo proteínas y el ADN. La radiación ionizante es, de hecho, definida como radiación electromagnética (ver próxima sección para la definición) con la energía suficiente para separar un electrón desde un orbital.

Cuadro 2.7

Aspectos elementales de la radiación

El átomo es la unidad más simple en que la materia puede ser dividida sin pérdida de la identidad como un elemento distinto, incluyendo todas sus características químicas. Cada átomo consiste de dos componentes: un núcleo (que contiene protones y neutrones) y electrones orbitales. El número de protones en el núcleo del átomo, también conocido como el número atómico, indica el tipo de elemento. Hay un número equivalente de electrones en el átomo a menos que se ionice o incorpore a un enlace molecular. El número atómico determina las características químicas del elemento —cuántos electrones, cómo se ordenan, y de qué modo los átomos del elemento se enlazan unos a otros y a otros elementos.

Los átomos inestables, que poseen demasiados o pocos neutrones, tratan de ser más estables emitiendo partículas y/o radiación electromagnética (energía). El tipo de radiación emitida (alfa, beta, gamma) depende del tipo de inestabilidad. Cuando las partículas alfa o beta se emiten, los átomos de un elemento se convierten en átomos de otro elemento. La emisión de radiación desde un átomo inestable se llama decaimiento o desintegración. Cada tipo de átomo inestable tiene una vida media conocida, ésta representa el tiempo requerido para que la mitad de los átomos decaiga, emitiendo radiación. A continuación se ofrecen ejemplos de vidas medias:

continúa...

• uranio 238	4.5 billones de años
• plutonio 239	24 390 años
• cesio 137	30 años
• estroncio 90	29 años
• tritio	12.5 años
• iodo 131	8.5 días
• radón	3.8 días

Una unidad de radioactividad es llamada un becquerel (Bq). Es equivalente a la desintegración de un átomo por segundo. La cantidad de daño ocasionada por esta radioactividad depende de un número de factores, especialmente el tipo de radiación. Los tipos de radiación pueden ser desglosados como se indica a continuación:

1. Radiación Alfa

Una partícula alfa es una partícula pesada (realmente un núcleo de helio) con una carga de +2, la cual cede energía a corta distancia mayormente mediante disociación. No es muy penetrante y es muy fácil protegerse cuando la fuente es externa al cuerpo. Por ejemplo, la radiación alfa no puede penetrar la superficie de la piel. Sin embargo, cuando las partículas que emiten radiación alfa se inhalan o ingieren, ellas pueden ionizar los átomos en células vivas, produciendo un daño importante.

2. Radiación Beta

La radiación beta es el resultado de la emisión de electrones desde el núcleo. Los electrones son menores y más livianos que las partículas alfa y también constituyen un peligro si la fuente se inhala o ingiere. Comparada a la radiación alfa, presenta una penetración más alta (dependiendo de la energía y la densidad del material) pero tiene una tasa menor de disociación que la radiación alfa. Por lo general, para protegerse de la radiación beta se usan metales ligeros o materiales plásticos porque puede producir radiación gamma cuando pasa a través del plomo.

3. Radiación Gamma

La radiación gamma es un tipo de energía electromagnética emitida desde el núcleo, frecuentemente junto con la emisión de partículas beta. Esta radiación electromagnética, por su frecuencia y energía altas, puede penetrar relativamente fácil pero tiene un valor de disociación inferior. Tanto las fuentes internas como externas pueden constituirse en un peligro. Por ejemplo, los rayos X son rayos gamma producidos por una máquina, en tanto los rayos cósmicos son rayos gamma provenientes del espacio.

4. Radiación de Neutrones

Los neutrones libres pueden ser una forma de radiación cuando se liberan desde el núcleo atómico. Estos pueden ocasionar daños significativos en la célula por la ionización debido a que la partícula pesada conlleva una cantidad alta de energía. El material que atraviesan se transforma en radioactivo y los neutrones son absorbidos por los núcleos de los átomos del material, entonces estos últimos se inestabilizan y también decaen. A este fenómeno se le llama *activación neutrónica*.

El conocimiento acerca de la naturaleza y la probabilidad de efectos a la salud de la radiación ionizante está basado en las observaciones y las experimentaciones con animales, así como en el estudio de los efectos de exposiciones humanas a dosis altas, tal como en la investigación de los supervivientes de los bombardeos atómicos de Japón, y de personas expuestas en accidentes. El estudio para el tratamiento médico de pacientes expuestos a la radiación así como también estudios de salud ocupacional, han demostrado también efectos importantes (por ejemplo, en los mineros expuestos a radón se ha encontrado una incidencia más alta de cáncer pulmonar). Los efectos de la radiación ionizante se dividen en dos tipos básicos: efectos umbrales (también conocidos como no-estocásticos o determinísticos) y efectos no-umbrales (estocásticos). Los efectos no estocásticos siguen una relación dosis-respuesta en un individuo único, al igual que cuando se ingiere una sustancia tóxica. Los efectos estocásticos ocurren o no, de acuerdo a una *probabilidad dependiente de la magnitud* de la exposición. Por ejemplo, después de una exposición a niveles altos de radiación, un grupo o población puede enfrentar un incremento del riesgo para determinados tipos de cáncer pero, en esta exposición, pudiera resultar afectada tanto una persona expuesta a una dosis mayor, como también otras con exposiciones relativamente menores.

La exposición a la radiación de fuentes naturales, tal como la radiación cósmica, y la exposición interior en edificaciones, incluyendo la radiación por los materiales de construcción y la exposición al radón, constituye más de la mitad de la dosis que las personas reciben anualmente. La dosis total depende de la zona geográfica donde las personas viven. Además de la radiación natural del ambiente, las personas pueden exponerse directamente durante los tratamientos médicos, por ejemplo, en la terapia de radiación para cánceres y con las radiografías para observar órganos internos. Se han tomado precauciones estrictas para proteger tanto al personal del hospital como a los pacientes. Así, los efectos a la salud a consecuencia de la atención médica son raros. Algunos artículos de consumo también contienen cantidades minúsculas de materiales radioactivos, tales como los detectores de humo, los interruptores de la luz, los despertadores y los relojes luminosos. La contribución de estas fuentes a la exposición total es muy baja (<0.5%). Otras fuentes de radiación ionizante son los accidentes nucleares (Chernobyl), las pruebas nucleares y las plantas eléctricas nucleares. Hay muchas plantas eléctricas nucleares en diferentes países alrededor el mundo y en algunos éstas producen una gran proporción de la electricidad que usa el país (por ejemplo, Francia). Nuevamente, se necesitan tomar precauciones estrictas para impedir los accidentes, pero cuando un accidente sucede, como en Chernobyl, los efectos a la salud pueden ser muy serios. Las consecuencias del accidente en Chernobyl y sus efectos negativos se discutirán en el Capítulo 9.

Cuando los individuos sufren exposición a la radiación en dosis altas, que exceden un umbral de seguridad, los efectos determinísticos en la salud incluyen quemaduras en la piel, daño a la médula ósea, esterilidad aguda, muerte y enfermedad por radiación. Estos efectos se han observado en sobrevivientes de bombardeos atómicos, en los pacientes tratados por la radiación, y en trabajadores sobreexpuestos accidentalmente, como en el caso de los trabajadores de la planta eléctrica de Chernobyl. Los efectos ocurren a dosis de unas décimas de Sieverts (Sv), la medida común que toma en cuenta la dosis absorbida y el tipo de radiación. (Reemplaza lo que en algunos lugares se denominaba rem; $1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv}$). Los efectos determinísticos ocurren a exposiciones mucho más altas que aquellas que sucederían a los trabajadores en operaciones normales o al público desde descargas ambientales de la producción eléctrica nuclear, en que las exposiciones pueden estar en el orden de las millonésimas de un Sievert (es decir microsieverts). Los efectos estocásticos o sin umbral, incluyendo el cáncer y efectos hereditarios, se considera que ocurren como resultado de la exposición a un amplio rango de dosis, aún relativamente bajas.

La pregunta básica al evaluar este riesgo para trabajadores y para el público concierne a la naturaleza de la relación dosis-respuesta a dosis bajas y a las tasas de dosis. Según la Comisión Internacional para la Protección Radiológica (ICRP, siglas en inglés), es prudente considerar la relación dosis-respuesta para el cáncer como lineal hasta la dosis cero. La probabilidad de la ocurrencia de cánceres mortales en la vida de una población expuesta a la radiación a dosis baja ha sido estimada por la ICRP en el orden de $5/100$ Sieverts por persona; o si 100 000 personas fueran expuestas a una dosis de 1 mSv cada una, entonces cinco morirían de cáncer. Los cánceres de mayor interés concernientes a la radiación son: del pulmón, leucemia, piel, seno y tiroides. En general hay una latencia larga: aproximadamente 5 años para la tiroides, 10 años para leucemia y 20-30 años para los otros cánceres. El embrión humano y el feto son particularmente sensibles a la radiación, y el riesgo de inducción de cáncer es consecuentemente más alto que en la población general, mientras el riesgo de daño genético es probablemente por lo menos igual de alto. Como resultado de la observación de malformaciones en los estudios de animales, se recomienda que la exposición ocupacional de mujeres encinta debería controlarse de forma tal que la dosis al feto no exceda 1 mSv durante el curso del embarazo.

El radón es un gas presente en las rocas, el agua subterránea y el suelo en algunas zonas geográficas. Se ha vinculado al incremento de cáncer pulmonar en mineros (particularmente en minas de uranio). Se puede filtrar en los sótanos de las casas y así exponer a sus habitantes. Hay interés creciente en el hecho de que el radón puede, en algunos países, también contribuir al riesgo incrementado del cáncer pulmonar (ver Capítulo 4).

2.4.4 RADIACIÓN NO IONIZANTE

Todas las formas de radiación no ionizante son parte del espectro electromagnético. La radiación electromagnética es un tipo de energía que contiene un componente eléctrico y otro magnético. La energía es transportada por la propagación de perturbaciones en los campos eléctricos y magnéticos que se encuentran siempre en ángulos rectos el uno respecto al otro. Los dos campos varían en fase coordinadamente en la forma de un movimiento ondulatorio.

Las ondas viajan a la velocidad de la luz, que en el vacío es aproximadamente 3×10^8 m/s. La Figura 2.6 muestra el espectro electromagnético completo que se extiende desde longitudes de onda más cortas que 10^{-10} (rayos gamma) unida-

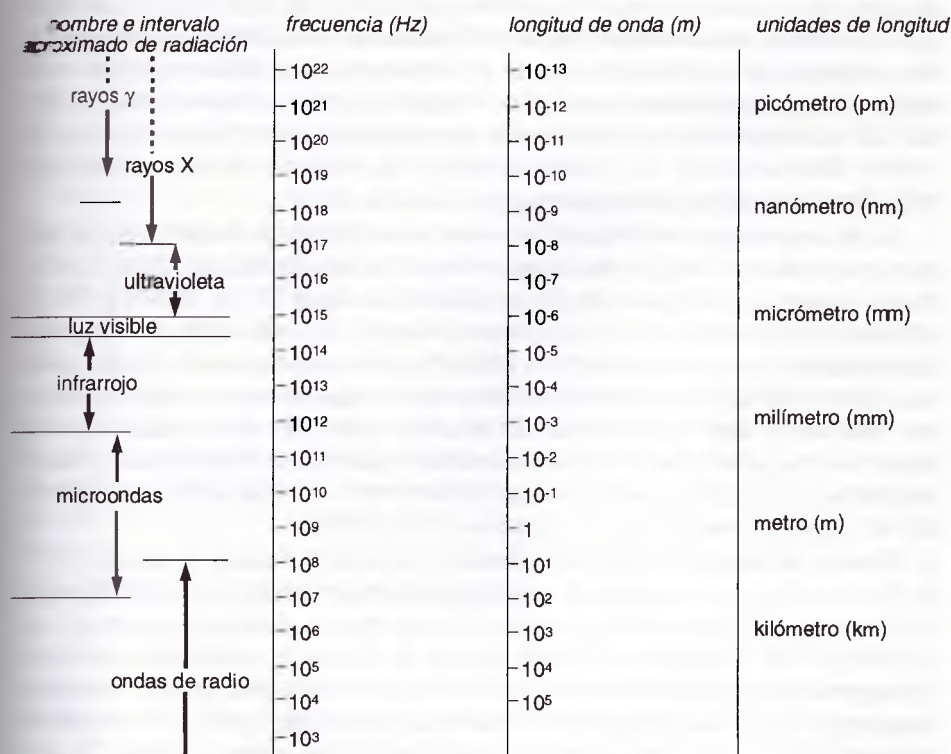


Figura 2.6 El intervalo del espectro electromagnético

des, hasta más larga que 1 metro (hasta 100 km) para ondas de radio. La radiación electromagnética con una longitud de onda sobre 10^{-10} , no tiene energía suficiente para ocasionar disociaciones. Por lo tanto, esta parte del espectro se refiere como de las radiaciones no ionizantes.

Como se indica en la Figura 2.6, la radiación no ionizante incluye la radiación ultravioleta (UV) del sol, que puede ocasionar cataratas, y éstas a su vez conducir a la ceguera, así como también cáncer de piel y daño al sistema inmunológico. En años recientes, ha habido interés considerable sobre este peligro, porque el agotamiento de la capa de ozono estratosférico ha conducido al aumento de las exposiciones a la radiación UV (ver el Capítulo 11 y WHO, 1994a). Otro tipo de radiación no ionizante, al que millones de personas se exponen, son los campos electromagnéticos (EMF, siglas en inglés). Estos se desarrollan alrededor de las líneas de conducción eléctrica, maquinaria eléctrica e instalaciones eléctricas en hogares, transmisores de radio y teléfonos portátiles. En la mayoría de las situaciones las dosis son demasiado bajas para ocasionar cualquier efecto en la salud. Sin embargo, se ha informado acerca de un número de posibles impactos en la salud, incluyendo el cáncer, pero las investigaciones no han dado un cuadro claro aún. La luz es en sí un tipo de radiación que puede ocasionar ceguera si el ojo se expone directamente a una intensidad muy alta, tal como cuando una persona mira directo al sol por demasiado tiempo (Sección 2.4.5).

La exposición a la radiación UV ocurre principalmente desde la luz del sol, pero puede ocurrir también desde arcos de soldaduras eléctricas y desde lámparas UV usadas en laboratorios. La luz del sol contiene UV-A, UV-B y UV-C, pero normalmente sólo la UV-A alcanza la superficie de la tierra en cantidades importantes. Las radiaciones UV-B y UV-C son las más dañinas a la salud, pero se reflejan normalmente lejos de la tierra por la capa de ozono estratosférica y por encima de ésta. En el supuesto del daño a la capa ozono, que ahora se muestra como consecuencia de la contaminación de la atmósfera con clorofluorocarbonos (CFC), las personas pueden exponerse a una intensidad creciente de UV-B. La UV-C no alcanza la superficie de la tierra.

El efecto a la salud mejor documentado por la exposición a la radiación UV es el cáncer de piel. La gente de piel delgada está en riesgo, particularmente si trabaja afuera, en ocupaciones que no proveen mucha protección contra el sol. Un ejemplo es el riesgo muy alto de cáncer de piel entre trabajadores externos (incluyendo granjeros) en Australia y Nueva Zelanda. El baño de sol excesivo es otra exposición que agrega riesgo al cáncer de piel. El cáncer de piel es cada vez más común en países con personas de piel sensible, tal como el Reino Unido y Escandinavia.

Otro efecto importante de la radiación UV a la salud es las cataratas (opacidad del cristalino del ojo). Las cataratas pueden conducir a la ceguera y son cada vez más comunes en la vejez. Este efecto es ocasionado por la exposición directa de los ojos a la radiación UV. En la India, por ejemplo, muchos granjeros trabajan en los campos bajo el sol ardiente todo el día sin protegerse los ojos. En sólo este país, dos millones de personas desarrollan ceguera cada año, la mitad de ellas ocasionadas por cataratas. Las cataratas relacionadas a la radiación UV no son dependientes del color de la piel, de modo que este efecto a la salud puede ser aún más importante en países tropicales que en Europa. La intensidad de la radiación UV al nivel del terreno en áreas tropicales, como un promedio a lo largo del año, es muchas veces mayor que en áreas templadas (por ejemplo, Europa).

Un tercer efecto potencial de la radiación UV en la salud es el cambio en el sistema inmunológico, pero hasta hoy sólo ha sido demostrado en animales. Si exposiciones elevadas a la radiación UV reducen la función del sistema inmune en la gente, podrían entonces aumentar las enfermedades infecciosas en las personas expuestas y podría disminuir la eficacia de las inmunizaciones en los niños contra enfermedades transmisibles, como sarampión y hepatitis. En este momento no se sabe si este es un problema real.

El interés acerca de la exposición a campos electromagnéticos ha aumentado a causa de estudios que sugieren un pequeño aumento de riesgo de cáncer con la exposición prolongada. Como se ha mencionado, las exposiciones ocurren cerca de las líneas de potencia de alto voltaje, particularmente las líneas aéreas de voltajes muy altos, que han llegado a ser cada vez más comunes en décadas recientes con el incremento de los aparatos eléctricos en el hogar y la presencia creciente de la electricidad en la vida urbana. La exposición puede ocurrir también en hogares con sistemas eléctricos con cables de un tipo particular, y en lugares de trabajo donde la maquinaria eléctrica se instala en la proximidad de los trabajadores. No hay evidencia científica suficiente para apoyar una declaración definitiva sobre si los EMF tienen o no un interés importante para la salud. No obstante, en muchos países se han establecido valores límites de exposición para campos de frecuencias sumamente bajas.

2.4.5 LUZ, LÁSERES

La luz visible es un tipo de radiación no ionizante. No es tan poderosa como la radiación UV y principalmente ocasiona daño al ojo después de sobre exposición. El láser (que es luz amplificada por la emisión estimulada de radiación) es la luz que se ha sincronizado de modo tal que la radiación es de una frecuencia específica y las ondas de luz viajan todas en fase y en pulsos. Esto hace que

llegue más energía directamente al ojo que cuando se trata de luz normal. La luz de láser de alta energía puede por lo tanto resultar extremadamente dañina al ojo, y puede igualmente producir quemaduras en la piel y otros materiales. Aunque la luz de láser sea un peligro ocasional en escenarios ocupacionales, la carencia de iluminación suficiente, particularmente en el ambiente de trabajo, es un problema mucho más general. La mala iluminación aumenta el riesgo de daños en las fábricas, así como también en carreteras, y aumenta la fatiga de la vista en la gente que tiene que leer o desempeñar tareas de precisión en su trabajo. La tensión de la vista puede conducir a dolores de cabeza y a diversos síntomas psicossomáticos. La iluminación que se necesita para tareas delicadas aumenta significativamente con la edad, debido al deterioro natural de la vista con el paso del tiempo. Una persona de 40 años de edad necesita dos veces más iluminación que una persona de 20 años para ver el objeto con la misma claridad. Sin embargo, debido a que la iluminación consume energía y esto aumenta los costos, muchas fábricas y hogares se iluminan inadecuadamente, especialmente en países pobres.

2.4.6 PRESIÓN

Las presiones barométricas sobre o bajo la presión de una atmósfera son parte de las condiciones de trabajo en ambientes especiales, como los trabajos subacuáticos o a grandes altitudes. La presión absoluta es comúnmente menos crítica que los cambios experimentados por el trabajador. Los efectos adversos directos de estos cambios de presión se llaman barotraumas y son de interés particular en medicina aeroespacial y submarina. Hay también un número de problemas que resultan de la disolución de los gases en los fluidos del cuerpo, o viceversa, de la liberación de los gases fuera de los fluidos del cuerpo.

Los problemas de salud asociados con la compresión generalmente ocurren cuando no hay manera de equilibrar las presiones en un espacio encerrado. Los efectos de descompresión son más comunes y pueden ser severos cuando una persona emerge desde un ambiente presurizado. Estas ocurren cuando un buzo retorna a la superficie demasiado rápidamente o cuando los trabajadores que se encuentran en cámaras comprimidas, tales como compuertas presurizadas flotantes, han sido despresurizados demasiado abruptamente. Todos los buzos aficionados y profesionales se instruyen en el uso de las tablas de buceo, un conjunto de diagramas y tablas que proveen directivas para la subida después del buceo a una profundidad y un período determinados de tiempo. El fracaso para ajustarse estrictamente a estas tablas, debido a falta de atención o durante una emergencia, puede dar lugar a efectos potencialmente serios, incluyendo la enfermedad de la descompresión, embolia de aire y necrosis aséptica (muerte de áreas pequeñas) de los huesos.

Los efectos asociados con la subida a elevadas altitudes y la reducción barométrica son reseñados en la literatura de la medicina aerospacial y resultan demasiado especializados e infrecuentes para ser descritos aquí en forma detallada. Sin embargo, se debe recordar que ya a 2000 metros de altura la reducción de la presión de oxígeno por el aire inhalado puede ocasionar insuficiencias respiratorias en las personas no acostumbradas a esta altura y arriba de 4000 metros puede conducir a inconsciencia y náusea, a menos que se tomen las debidas precauciones.

2.4.7 EXTREMOS DE TEMPERATURA

Los peligros asociados con extremos de temperatura pueden dividirse en la exposición al calor y la exposición al frío. En muchos países las estaciones cambian el clima del frío al calor una vez cada año o traen huracanes o precipitación torrencial. El calor y el frío afectan el bienestar y la salud de millones de personas cada año. La adaptación al clima, el tipo de vivienda, el vestuario y otras precauciones, determinarán los impactos en la salud.

La regulación interna de la temperatura en presencia de las variaciones de temperatura en el ambiente resulta necesaria para la vida humana. Los problemas suceden cuando una de las tres condiciones siguientes ocurre: 1) las variaciones de temperatura son tan extremas que exceden la considerable capacidad del cuerpo para adaptarse; 2) los mecanismos de adaptación, como la vasodilatación o la sudoración, se afectan; o 3) la exposición a los extremos de temperatura se concentra en una parte particular de cuerpo, como en la congelación o quemaduras térmicas.

El cuerpo humano regula la temperatura mediante el sistema nervioso central (SNC) desde un control central en el hipotálamo, una estructura pequeña en el centro del cerebro. Este centro recibe impulsos nerviosos desde los receptores térmicos sobre la piel y los receptores que registran la temperatura de la sangre en estructuras profundas del cuerpo. Responde por la activación de mecanismos controlados por el sistema nervioso autónomo que disipan el calor (vasodilatación y sudoración) o que aumentan la generación interna de calor (tiritar) y conservan calor (vasoconstricción). También envía señales a la corteza del cerebro que hacen a uno consciente de estar caliente o frío, y que inician cambios conductuales, tales como cambios en la ropa, búsqueda de refugio, o modificación de actividad. Este centro puede llegar a desorientarse debido a factores que incluyen infecciones, vasodilatación asociada con el alcohol, disfunción autonómica, o extremos potencialmente mortales en la temperatura corporal, y como resultado impulsa respuestas impropias.

El cuerpo regula la temperatura promedio en su profundidad en una gama estrecha alrededor de los 37 °C. Aunque la temperatura interior del cuerpo se mantenga aproximadamente constante, hay variación continua en el flujo de calor necesario para mantener esta constancia. El calor es generado por procesos metabólicos y por el trabajo desempeñado por los músculos. El calor se toma también por el cuerpo desde el ambiente si la temperatura externa es más cálida que el interior del cuerpo. El calor se pierde al ambiente por cuatro vías: por radiación desde la superficie de la piel (en la forma de radiación infrarroja), por evaporación en forma de sudor, por conducción al contacto con una superficie más fría, por convección, al moverse el aire calentado lejos de la superficie de la piel, y por el aire expirado desde los pulmones. El aire exhalado desde los pulmones se satura con la humedad y es por lo tanto capaz de llevar mucho más calor que el aire seco; es por lo tanto un mecanismo importante de pérdida de calor mediante la evaporación y convección. El calor no puede perderse tan eficientemente desde el cuerpo cuando hay interferencia con estos mecanismos. La radiación y la conducción pueden ser reducidas por el aislamiento, como por el caso de ropa recubierta; la evaporación y convección por la circulación restringida de aire cerca de la piel. La evaporación se reduce también cuando la humedad del aire se eleva.

En contraste a la regulación de la temperatura homeostática, la percepción de calor y frío es altamente subjetiva y es materia de preferencia individual. Las normas actuales y los estándares para el calor y la humedad están basados en la comodidad para la mayoría de los trabajadores, pero pueden percibirse como incómodos por muchos otros.

El frío es particularmente peligroso porque puede reducir también la conciencia del daño. El movimiento del aire y su temperatura, llamado “escalofrío del viento”, puede afectar severamente y aún matar a personas que no se encuentren adecuadamente protegidas. Ambos, calor severo y frío severo, son peligros particulares para los muy jóvenes y los muy viejos. El daño local por el frío resulta en congelación mientras que el frío que afecta al cuerpo entero resulta en hipotermia. La congelación local de tejidos puede resultar en daño irreversible. Las extremidades tales como los dedos, las orejas y la nariz son particularmente vulnerables. La amputación del área afectada puede requerirse en casos severos. La hipotermia es la condición de baja temperatura del cuerpo. Es comúnmente mortal si no es reconocida y tratada calentando al paciente.

Los extremos de calor pueden también tener efectos locales o sistémicos. El calor local puede resultar en quemaduras. Menos extremo pero prolongado, el calor provoca efectos sistémicos como la tensión de calor. La tensión de calor es un problema que no se limita a los trabajos o climas tropicales que involucran

proximidad a una fuente de calor. Puede ocurrir también como el resultado de retención de calor excedente debido a la combinación de ropa pesada y ejercicio vigoroso o en combinaciones de calor y humedad que interfieren en el enfriamiento evaporativo. La evaporación o el enfriamiento artificial deben equilibrar el calor ganado desde la convección y la radiación cuando los alrededores son más calientes que la persona. Si la pérdida de calor no iguala la suma del calor ganado y la generación de calor, entonces el calor se acumula y aumenta la temperatura interior del cuerpo.

Hay varias condiciones médicas que se pueden desarrollar como resultado de la tensión de calor. De éstas, el *golpe de calor* es el más grave. Esta condición potencialmente mortal ocurre cuando falla el mecanismo termorregulador del SNC, ubicado en el hipotálamo, por lo que constituye una urgencia médica; Por su parte, el *síncope por calor* ocurre cuando el organismo intenta disipar el calor mediante vasodilatación periférica y la sudoración, con lo que se produce una disminución de la irrigación del cerebro por colapso de la circulación, a consecuencia del secuestro venoso periférico de la sangre y la hipovolemia. Ambas situaciones pueden ocurrir en el puesto de trabajo en actividades donde la exposición al calor intensivo no es controlada. El golpe de calor es más común entre la gente no acostumbrada a calentarse y es más favorable su ocurrencia durante olas ocasionales de calor, especialmente en las ciudades. A consecuencia de la urbanización creciente, más y más gente vive en aglomeraciones urbanas donde el calor se puede acumular durante períodos soleados. Las ciudades son comúnmente más cálidas que el campo circundante y son frecuentemente más húmedas. En poblaciones no protegidas, el golpe de calor puede ocurrir durante las ondas cálidas, especialmente cuando hay mucha humedad. La mayoría de las muertes resultantes ocurren frecuentemente entre los ancianos, enfermos crónicos y la gente desnutrida o que no bebe suficiente líquido. (Agravando lo anterior, está el hecho de que los niveles máximos de contaminación del aire proveniente de gases de escape de automóviles y producción de ozono a nivel del suelo, a menudo coinciden con las olas de calor porque ocurren durante los meses de verano. La combinación de contaminación del aire y las temperaturas extremas pueden ser serias). Los métodos tradicionales de la construcción de viviendas en países cálidos son en su mayor parte efectivos para proteger contra los peligros del calor extremo, pero los métodos de construcción de viviendas modernas pueden requerir de aire acondicionado o sistemas artificiales de enfriamiento, y cuando estos sistemas se estropean o sus costos no pueden afrontarse, la gente enfrenta un incremento de los riesgos.

El calor extremo localizado que da lugar a quemaduras puede ocurrir en una variedad de maneras. La exposición directa a los incendios resulta en quemadu-

ras serias, pero el contacto con sustancias calientes es también muy común. Las sustancias calientes incluyen líquidos (comunes durante la preparación de alimentos), objetos sólidos calientes tales como tapas de hornos o maquinaria, o gases calientes. Debe destacarse que en los incendios ocurren más muertes debido a la asfixia por la inhalación de humo que por el daño de quemaduras. No obstante, los daños por quemaduras, tanto en el trabajo como en la comunidad, son causas importantes de morbilidad y mortalidad. Las quemaduras que ocurren en el hogar se discutirán en la Sección 2.5.7. Las quemaduras pueden también ser el resultado de exposición a peligros eléctricos, que ocurren tanto en el lugar de trabajo como en la comunidad. La mayoría de las muertes por electrocución ocurren inmediatamente en la escena como resultado de paro cardíaco. Las víctimas que sobreviven están en riesgo importante de incapacidad, tal como la pérdida de extremidades, frecuentemente resultado del contacto con el alto voltaje. Los daños que no parecen muy serios inicialmente pueden empeorar progresivamente luego de 2 a 4 días manifestando daño a tejidos más profundos.

2.5. Peligros mecánicos

2.5.1. COMPRENSIÓN DE LOS PELIGROS MECÁNICOS

Los peligros mecánicos son aquellos producidos por la transferencia de energía mecánica o *cinética* (energía del movimiento). La transferencia de energía mecánica puede tener como resultado la lesión inmediata o gradualmente adquirida en los individuos expuestos. Los términos lesión y trauma a menudo son utilizados indistintamente para referirse al daño que puede resultar de los riesgos mecánicos. Los eventos y circunstancias que resultan en lesión han sido referidas comúnmente como accidentes. El término ya no es empleado por aquellos que trabajan en el control de lesiones, pues el mismo implica en muchos idiomas que las lesiones son modificaciones de situaciones como consecuencia del azar e impredecibles. Los especialistas en salud ambiental consideran que la mayoría de las lesiones son predecibles y prevenibles y pueden ser estudiadas mediante el empleo de métodos epidemiológicos, al igual que cualquier enfermedad o efecto sobre la salud.

Las actitudes culturales acerca de las lesiones son importantes. Cuando las muertes por lesiones son culturalmente apreciadas como determinadas por el destino, no habrá una respuesta receptiva ante una iniciativa para el control de las lesiones. Muchas culturas glorifican las conductas riesgosas que incluyen acciones peligrosas de habilidad física. El comportamiento riesgoso a menudo es considerado como valiente o aventurero en contraste con la conducta precavida, la cual puede ser apreciada como de cobardía o aburrida. Esas son connotacio-

nes positivas y negativas respectivamente. Los niños que han crecido con acceso a la televisión están expuestos a esos valores culturales desde una edad muy temprana, con patrones que invitan a las conductas excitantes y riesgosas, sin relación con las consecuencias reales.

También es importante considerar los factores socioeconómicos. La carga de lesiones es mayor en las áreas en desarrollo con respecto a las áreas desarrolladas del mundo. Además, las tasas de lesiones están relacionadas con la pobreza, tanto en las naciones desarrolladas como en las naciones en desarrollo. Las comunidades atrasadas presentan tasas más elevadas de lesiones con respecto a las comunidades opulentas, tal como se discutió en el Capítulo 1. Gran parte de la población mundial carece de los recursos para proveer una seguridad óptima en su ambiente inmediato. La necesidad de obtener el sustento de la familia montado en una bicicleta en mal estado técnico, a través de calles congestionadas y con un mantenimiento deficiente, sin un casco protector, en un ejemplo de ello. Los gobiernos y la industria tienden a comprometer la seguridad por razones económicas, dando lugar a tragedias tales como el derrumbe de un edificio público. Muchos accidentes de transportación relacionados con trenes, barcos de transportación masiva y autobuses son el resultado de la inadecuada disponibilidad de recursos para la seguridad en el mantenimiento y reglamentaciones con respecto a carreteras, vías férreas y vehículos.

Los peligros mecánicos no pueden ser considerados aislados de otros peligros y realidades de la vida diaria. La percepción de los riesgos de lesiones son mentalmente comparados contra otros peligros ambientales, las necesidades de supervivencia y los beneficios recibidos por la aceptación de un riesgo. Por ejemplo, puede considerarse el riesgo de dormir en una choza pobremente construida que puede derrumbarse durante un terremoto contra el riesgo de no tener abrigo alguno; o el riesgo de viajar a través de una zona insegura de conflicto para obtener el alimento contra el riesgo de inanición; o el riesgo de conducir en una vía congestionada de alta velocidad para ir al trabajo contra el riesgo de tomar un transporte público seguro por el beneficio de ahorrar tiempo y conservar la independencia. En el estudio de cualquier problema referente al control de lesiones debe ser considerado el contexto cultural y socioeconómico.

2.5.2 EL IMPACTO DE LAS LESIONES SOBRE EL INDIVIDUO Y LA SOCIEDAD

Las lesiones, una de las principales causas de mortalidad en todo el mundo han sido descritas como el más subestimado de los principales problemas de salud; por ejemplo, éstas constituyen la causa de muerte principal de los norteamericanos de edades entre 1 y 44 años; en Canadá, las lesiones son responsables del 63% de todas las muertes en las edades entre 1 y 24 años (Shan,1994). Un

patrón similar existe en la mayoría de los países desarrollados. La importancia de las lesiones está siendo cada vez más reconocida en los países en desarrollo, puesto que la mortalidad por lesiones es elevada en estos países y generalmente disminuye con el desarrollo. La única excepción la constituyen las muertes por accidentes de tránsito, las que se incrementan de forma lineal con el aumento del uso de vehículos motorizados en un país. Mientras los problemas de salud tradicionales relativos a enfermedades infecciosas y malnutrición permanecen como causas de mortalidad importantes en las naciones en desarrollo, el incremento de la urbanización y del flujo de automóviles (a menudo por vías no diseñadas para ellos) ha conducido al aumento de la mortalidad por lesiones. También el incremento de la industrialización ha conducido al incremento de las muertes relacionadas con el trabajo.

Los sistemas de vigilancia de lesiones no mortales son relativamente nuevos y están sujetos a subregistros. Asimismo, son difíciles de obtener con precisión los datos de incidencia de mortalidad. Sin embargo muchos sistemas locales y nacionales de registro tienen la posibilidad de obtener la información de lesiones a partir de las solicitudes de asistencia médica hospitalaria. Algunas encuestas y estudios de cohortes han realizado estimaciones comunitarias. Así se ha estimado que cada año uno de cada tres niños o adultos sufre un episodio de lesiones no fatales que necesitan la atención médica o producen incapacidad temporal (NCIPC, 1989). Por cada niño fallecido por lesiones se estima que 45 requieren ingresos hospitalarios por esta misma razón, 1 270 son atendidos en servicios de urgencia y dados de alta, y aproximadamente el doble de los casos no requiere atención hospitalaria (Guyer y Gallagher, 1985). Después de cada evento agudo, las lesiones contribuyen considerablemente al incremento de la incapacidad de larga duración y a enfermedades crónicas. Se ha estimado que los traumatismos ocasionan la invalidez de 78 millones de personas en todo el mundo, lo que constituye el 15% de la población de inválidos existentes en el mundo (OMS, 1982). En los Estados Unidos, una cuarta parte de la invalidez permanente es resultado de traumatismos, y los traumatismos de carreteras por sí solos ocasionan anualmente 20 000 nuevos casos de epilepsia (Waller, 1986).

Un modo de descubrir la prematuridad de la muerte es mediante los *años de vida potencialmente perdidos* (AVPP). La edad a la cual debe ocurrir la muerte se considera una edad estandarizada (usualmente 65) y la diferencia es el número de años de muerte prematura o de años de vida productiva perdidos debido a la muerte en edades jóvenes. Por ejemplo, una muerte por accidente de tránsito a los 20 años resulta en 45 AVPP, en tanto que una muerte por la misma causa a los 60 años de edad resulta 5 AVPP. Aunque no se intenta juzgar el valor de la pérdida de vidas humanas, esta medida se utiliza para describir la pérdida

para el individuo y para la sociedad de las contribuciones potenciales que el individuo pudo haber hecho.

Las lesiones ocasionan una enorme cantidad de AVPP aún en comparación con otras causas principales de muertes (enfermedades cardiovasculares y cáncer), las cuales tienden a ocurrir en grupos de edades más tardíos. En los Estados Unidos de Norteamérica, en 1985, los AVPP debidos a lesiones superaron a los ocasionados por el cáncer y las enfermedades cardiovasculares en conjunto (NCIPC, 1989).

El costo de las lesiones debe incluir los de las medidas iniciales de salvamento y de transportación, la asistencia médica, la rehabilitación, la asistencia a largo plazo y por la pérdida de productividad a consecuencia de las secuelas. Estos costos están lejos aún del costo adicional en términos de sufrimiento humano. El costo directo por todo tipo de lesiones ocurridas en los Estados Unidos en 1985 fue estimado en \$45 000 000 000. En esa nación el costo en años de vida debido a muertes por lesiones fue significativamente mayor que la pérdida de vidas ocasionada por cáncer y enfermedades cardiovasculares juntas (Kraus y Robertson, 1992).

Esto refleja ampliamente la temprana edad a la que ocurren las lesiones y el prolongado período de tratamiento, asistencia y rehabilitación. Aún las lesiones menores, que constituyen la principal causa de asistencia médica en algunos países, resultan costosas (Waller, 1986). El impacto de las lesiones alcanza no sólo a los individuos, sino también a sus familiares, empleadores, sistemas de atención de salud y a las comunidades.

2.5.3 GRUPOS VULNERABLES

Los niños, los ancianos y los grupos desposeídos presentan mayores tasas de lesiones que la población general. Las edades de mayor riesgo de lesiones mortales son de 1 a 4, 15 a 25 y mayores de 70 años. La mayoría de las muertes en el grupo de 15 a 25 son causadas por vehículos automotores y serán analizadas en la Sección 2.5.5. En todas las edades los varones presentan las mayores tasas de mortalidad por lesiones con respecto a las del sexo femenino.

Las tasas de mortalidad por lesiones en niños han venido disminuyendo en muchos países en las últimas décadas; desde 1960 la mortalidad por lesiones en niños de 5 a 15 años ha disminuido 60% en Australia, 53% en Canadá y 33% en los Estados Unidos (Pless, 1994). De todos modos estas tasas no han disminuido en la misma magnitud que lo han hecho las tasas de mortalidad por otras causas. En 1980 las muertes por enfermedades eran ocho veces más frecuentes que las muertes por lesiones en los niños canadienses de 1 a 4 años.

Las tasas de mortalidad por enfermedades y lesiones eran equivalentes en 1980, al tener las tasas de mortalidad por enfermedades una dramática reducción, en tanto que las tasas de mortalidad por lesiones sólo se redujeron a la mitad (Bapes *et al.*, 1984). Actualmente, las lesiones cobran más vidas de niños canadienses que las siguientes nueve causas principales en conjunto, incluyendo cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades infecciosas, anomalías congénitas y enfermedades de los sistemas nervioso y respiratorio (Guyer y Callagher, 1985).

Los más viejos son particularmente vulnerables a las lesiones ocasionadas por caídas. Las mujeres de edad avanzada que sufren caídas son particularmente susceptibles a las fracturas debido a la osteoporosis (porosidad por descalcificación de los huesos). Las fracturas de cadera ocasionan la muerte en el 10 al 20 por ciento de las víctimas, frecuentemente debido a las secuelas resultantes y no a la naturaleza intrínseca de la lesión. Las caídas constituyen la principal causa de mortalidad por lesiones en las edades avanzadas, y la principal causa de morbilidad no mortal en otras edades. La mayoría de las caídas fatales ocurren entre los más viejos. De forma adicional, las tasas de suicidio son mayores en los ancianos. El suicidio será analizado en la Sección 2.5.8.

Los grupos sociales menos favorecidos presentan también mayores tasas de lesiones, como se señaló en el Capítulo 1. Los grupos minoritarios presentan mayores tasas de mortalidad por lesiones, lo que se piensa está relacionado con los ingresos y las condiciones de vida. La pobreza también ha estado relacionada con mayores tasas de lesiones. Ello puede ser debido a la mayor exposición, ya que las personas pobres, con deficiente instrucción y educación deben realizar los trabajos más peligrosos y habitan en viviendas con peores condiciones estructurales, en áreas urbanas con altas tasas de violencia (Kraus y Robertson, 1992). El consumo de alcohol también está asociado al incremento de las tasas de lesiones; y es más prevalente en las poblaciones de menores ingresos.

2.5.4 AMBIENTES DE LAS LESIONES

Históricamente, las lesiones que ocurren en el trabajo y las que ocurren en otras situaciones han sido consideradas separadamente. Esto ha tenido lugar más por razones prácticas que conceptuales. Los ambientes de trabajo a menudo presentan un elevado nivel de exposición a peligros mecánicos, tanto en términos de la magnitud de riesgo (trabajo con maquinarias peligrosas) como por la prolongada exposición (40 horas semanales durante 30 años). La legislación ha dado lugar al control y la regulación en el puesto de trabajo para la protección de los trabajadores en muchas jurisdicciones, lo que se discute en detalle en el Capítulo 10. En algunas jurisdicciones existen sistemas para cubrir la compensación financiera al

trabajador cuando ocurre una la lesión mediante el pago, generalmente a cargo del empleador al menos parcialmente. El costo de la *compensación a los trabajadores* añade otro incentivo a los empleadores para explorar opciones preventivas. Esos factores también han contribuido a la capacitación de médicos, enfermeras, ergonomistas y otros profesionales en la prevención y el tratamiento de las lesiones relacionadas con el trabajo. El trabajo y la investigación de esos profesionales han permitido un gran avance en la comprensión de las lesiones en los puestos de trabajo.

En contraste, las lesiones que ocurren en cualquier otro lugar, como el hogar, las calles y en diferentes lugares de recreación no han recibido una atención similar. Las situaciones en que ocurren las lesiones son diversas y ningún profesional de la salud u otro organismo está responsabilizado con la prevención de las lesiones en la comunidad. De forma adicional las regulaciones sobre seguridad en la comunidad general, como sería el establecimiento de una legislación reguladora, pudieran en ocasiones entrar en el área de las libertades civiles y la infracción de las mismas. Como resultado de ello la prevención de lesiones en la comunidad constituye un campo relativamente nuevo que se inició en la década de 1960 y que ha realizado rápidos avances desde 1980. Actualmente existe una red de trabajo de las comunidades alrededor del mundo auspiciada por la Organización Mundial de la Salud, consagrada a la reducción de los traumatismos por todas las causas. Las comunidades participantes en esta Red para la Seguridad Comunitaria (Safe Community Network) han desarrollado estrategias para la realización de actividades de seguridad en la vida diaria, tránsito por carretera, trabajo, recreación, juegos escolares de terreno, deportes, transportación y actividades del hogar.

Conceptualmente existe una gran preponderancia en el reporte de las lesiones en el lugar de trabajo con respecto a otras lesiones. Una persona que utilice una herramienta contundente en el trabajo o en el hogar está expuesta al mismo peligro biomecánico. Aún más notable es la familia campesina, donde el lugar de trabajo y el hogar es el mismo. Debido a que tradicionalmente existe esta diferenciación, el análisis posterior de los tipos específicos de lesiones se organizará según la clasificación a la cual pertenecen.

El primer grupo son las lesiones intencionales que pueden ocurrir en cualquier lugar. Las mismas incluyen asalto y suicidios (violencia) a diferencia de la mayoría de las lesiones que son no intencionales. Algunas medidas han resultado efectivas tanto en la reducción de lesiones intencionales como no intencionales. Por ejemplo las vallas altas en los techos de edificios altos previniendo caídas no intencionales, suicidios y homicidios.

2.5.5 LESIONES OCUPACIONALES Y ERGONÓMICAS

Las lesiones ocupacionales representan un importante costo para la industria y la sociedad en la mayoría de las sociedades ya que tienden a afectar a las personas durante los años más productivos de sus vidas y en los que deben sustentar a sus familias. Las lesiones en el puesto de trabajo traen como resultado una pérdida significativa de tiempo, incapacidad, invalidez y muertes. Como ha sido expresado, el mecanismo de la lesión no difiere de las lesiones sufridas en cualquier lugar, pero la exposición puede ser mayor en algunos lugares de trabajo. Las ocupaciones en bosques, la construcción, la minería y la pesquería se relacionan con altas tasas de traumatismos laborales. Las lesiones en la agricultura son frecuentemente muy severas, ocurren en lugares donde la asistencia médica puede no ser fácilmente accesible y pueden afectar a otros miembros de la familia, incluyendo niños que viven y trabajan en el campo. Las lesiones laborales más frecuentes son las de la espalda. Las lesiones músculo-esqueléticas son responsables de la gran mayoría de las compensaciones económicas por pérdida de tiempo en estos trabajadores. Las lesiones que resultan de *traumatismo acumulativo*, también conocidas como *lesiones por esfuerzo mantenido*, son particularmente costosas (Yassi, 1997).

De forma paralela al desarrollo industrial de un país, han emergido nuevos y severos peligros mecánicos relacionados con el trabajo. Debido a la trágica experiencia del elevado número de trabajadores lesionados, en la mayoría de las principales industrias de los países desarrollados se han desarrollado y aplicado medidas efectivas para la producción de partes de maquinarias en movimiento, contra la caída de objetos pesados y contra pisos resbalosos u obstrucciones en los mismos (NIOSH, 1995 y enciclopedia ILO). A pesar de ello, millones de trabajadores perderán sus miembros y sus vidas en los próximos años debido a la falta de advertencias o avisos e interés en muchos lugares de trabajo, así como la ausencia de normas de seguridad en fábricas o industrias.

Los elementos vinculados a accidentes de trabajo pueden ser identificados utilizando el triángulo de agentes ambientales hostiles presentado en la Sección 2.2. El mismo incluye: *la persona* susceptible de lesión (huésped); *el peligro* que es capaz de inducir la lesión (el agente); y *el ambiente* que permite la unión de ambos en el lugar de trabajo. La unión de esos elementos crea la situación y el contexto para la ocurrencia del incidente, una persona pudiera decidir cuándo asumir o no el riesgo de exponerse en un momento dado sin percibir el peligro. Su apreciación de este podría de algún modo ser errada, estar distraído o haber tomado una decisión que vista en forma retrospectiva no fue razonable. Existe un período de tiempo muy crítico justamente antes del incidente, en el cual estos aspectos se unen para dar lugar a una situación predisponente para la ocurrencia de un incidente particular. En la mayoría de estas situaciones el accidente y las

Lesiones no ocurren, pero no obstante hay una cierta probabilidad de que estos elementos se unan y ocurran las lesiones. Esto da lugar a daños a la salud, daños a la propiedad, pérdidas económicas, procesos legales y costos en el futuro superior a los previstos.

Al menos en teoría existen factores comunes para cada tipo de riesgos y pérdidas que pueden ser previstos y realizar modificaciones para prevenirlos. Los medios para solucionar un problema de seguridad pueden incluir medidas de seguridad y pautas en el campo de la ingeniería, entrenamiento y diseño de plantas que utilicen los conocimientos de la ergonomía. Por lo común, se emplea la ergonomía principalmente en el contexto del ambiente laboral, aunque ésta puede ser utilizada en un ambiente más amplio. El principal objetivo de la ergonomía es la prevención de las lesiones. El diseño de los lugares de trabajo y el incremento de la eficiencia constituyen otras partes principales de la práctica ergonómica.

Los puestos de trabajo son típicamente diseñados para acomodar las máquinas y facilitar la supervisión. Frecuentemente la administración contrata al trabajador para desarrollar un trabajo y sobreponerse a los problemas de diseño con un mejor entrenamiento. Una estrategia más productiva es diseñar un puesto de trabajo que pueda ser modificado y adaptado a las necesidades individuales de los trabajadores. Siempre que sea posible, es preferible modificar un ambiente en lugar de las características del trabajador. Las tareas que requieren esfuerzos de la parte superior del cuerpo para levantar una palanca deberían ser rediseñadas para las mujeres, por ejemplo, mediante el uso de pedales de pie. Las operaciones serán más confiables y se protegerá a un mayor número de trabajadores.

El procesamiento de la información se hace mucho más fácil y precisa cuando es presentada de forma tal que facilita la rápida percepción e interpretación cognoscitiva. Los instrumentos pueden ser agrupados y diseñados de modo que las desviaciones de lo normal resulten inmediatamente obvias. La selección de los tipos y tamaños de letras, los colores, esquemas de códigos, extremos visibles y etiquetas no constituyen medidas costosas y son formas efectivas de incrementar la eficiencia y reducir los errores en la realización de tareas complejas. Igualmente pueden diseñarse avisos que hagan rápidamente visible la información acerca de situaciones inusuales o de urgencia mediante códigos de colores o pantallas visibles, en lugar de presentarlas mediante lecturas de un instrumento. De forma adicional la aplicación de los principios ergonómicos hace posible, habitualmente con un bajo costo, cumplimentar las necesidades de los trabajadores con limitaciones o en período de recuperación y asegurar la conservación de su puesto de trabajo.

2.5.6 LESIONES POR ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Los incidentes relacionados con vehículos de motor constituyen con mucho la principal causa de lesiones graves en la mayoría de los países. Desgraciadamente las altas tasas de lesiones son habitualmente toleradas por la sociedad y aceptadas como un costo desfavorable de la transportación. Sin embargo esto es prácticamente innecesario. Las lesiones pueden ser prevenidas mediante diseños adecuados de carreteras, el diseño y mantenimiento regular de autos y camiones, la educación de los conductores y el fortalecimiento de las leyes de tránsito.

El número anual de muertes en incidentes de tránsito es estimado en 500 000, y con tendencia al incremento. De ellos 350 000 ocurren en naciones en desarrollo (WHO, 1992a). Aunque los países en desarrollo poseen tasas menores de vehículos por habitantes, sin embargo tienen un incremento mayor en las tasas de mortalidad por vehículos. El crecimiento anticipado del número de vehículos de motor en los países en desarrollo y en los nuevos estados independientes en las próximas décadas representa un verdadero reto para la salud pública. De no ser tomadas medidas de prevención efectivas contra la ocurrencia de percances y lesiones, las lesiones de tránsito pudieran convertirse en una de las epidemias más severas del futuro. Como ya se ha expresado, el costo de las lesiones de tránsito está modificándose. El costo de los percances con vehículos se ha estimado entre el uno y el dos por ciento del PIB (*Producto Interno Bruto*) (WHO, 199a).

Las tasas más elevadas de accidentes de tránsito mortales ocurren en adultos jóvenes y en varones más que en mujeres. Las lesiones de tránsito constituyen también una de las principales causas de hospitalización en personas menores de 45 años. Se ha estimado globalmente que 30 millones de personas están discapacitadas como resultado de lesiones de tránsito. Esto constituye el 5.8% de todas las discapacidades por traumatismos (WHO, 1982). También en los países desarrollados, la mayor proporción de traumas está asociada con vehículos de motor. El uso del alcohol está involucrado con una alta proporción de las colisiones fatales. Los que toman en exceso tienen de 4.4 a 5 veces más riesgo de sufrir un percance con vehículos motorizados que la población general.

La mortalidad y las lesiones vinculadas al tráfico han disminuido en las naciones desarrolladas. Esta tendencia se ha comportado de forma paralela a la implantación de medidas de seguridad tales como la exigencia de cinturones en los asientos, los dispositivos para la sujeción de infantes en los automóviles, y el desarrollo del diseño de los vehículos. Existe aún mucho trabajo por hacer para lograr la completa aplicación de la tecnología conocida (por ejemplo, diseños óptimos de vehículos que cuenten con bolsas de aire, carreteras con menor ries-

go de impactos) y desarrollar otras tecnologías y estrategias para combatir este importante problema de la salud pública.

2.5.7 LESIONES EN EL HOGAR Y RELACIONADAS CON LA RECREACIÓN

Las lesiones en el hogar y durante la recreación incluyen un amplio rango de lugares y tipos de lesiones. Las lesiones relacionadas con el hogar afectan en primer lugar a los niños y los ancianos y pueden ser muy graves. Aparte del trabajo, el hogar es el sitio más frecuente para la ocurrencia de lesiones mortales. Las lesiones relacionadas con la recreación y el deporte tienden a afectar principalmente a jóvenes; aunque por lo general tienden a ser menos graves que otras, por lo común resultan molestas, costosas y pueden ser ocasionalmente fatales. Estas lesiones también constituyen una causa común de pérdida de tiempo de trabajo.

Los ahogamientos, quemaduras, envenenamientos y las caídas son causas importantes de morbilidad y mortalidad pediátricas. Los niños pequeños pueden ahogarse en sólo unos pocos centímetros de agua en un lapso de segundos, por lo que no deberían ser dejados sin atención cerca del agua o en el baño. Las charcas y lagunas de traspatios y las aguas superficiales naturales constituyen peligros para los niños pequeños, los que por falta de vigilancia pueden vagar y aventurarse en las aguas. Las lagunas deberían tener cercados adecuados y vigilancia para proteger contra esos peligros. Los niños pequeños pueden ser víctimas del fuego debido a que no son capaces de salir por sí mismos de una edificación que arde. Los detectores de humos que funcionen correctamente resultan efectivos para alertar a la familia a tiempo para extraer a los niños de una casa incendiada. Programas novedosos que proveen detectores de humo a familias de recién nacidos desde el momento del egreso hospitalario constituyen un intento para la adopción más generalizada de esta medida de control. El hábito de fumar está relacionado con muchas muertes, tanto por los incendios provocados por los cigarrillos de los familiares como por el acceso a fósforos o encendedores por parte de los niños. Ahora en algunos países se requiere que los encendedores no puedan ser activados con facilidad por los niños. Además, en algunos países han sido adoptadas regulaciones prohibiendo las ropas de dormir inflamables, lo que ha disminuido las lesiones por quemaduras. Los escaldados por agua caliente constituyen una importante causa de lesiones por quemaduras en el hogar, tanto en niños de corta edad como en los ancianos. Los tanques con agua caliente a menudo están situados a niveles en los cuales pueden ocurrir escaldados. La piel de los niños y los ancianos es más vulnerable, además de que no son capaces de protegerse a tiempo de una situación de exposición inadvertida. Se ha recomendado que los tanques con agua caliente se ubiquen de

forma tal que eviten escaldados, y que las familias con niños de corta edad sean advertidas acerca de la necesidad de la vigilancia de esta cuestión. La práctica de cocinar sobre fuegos abiertos, común en muchas zonas de países en desarrollo y practicada también en muchas comunidades pobres del mundo desarrollado, puede ocasionar quemaduras graves en niños de corta edad.

El envenenamiento inadvertido es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en la niñez. Las familias con niños pequeños deben ser advertidas para almacenar medicamentos, limpiadores y otros productos tóxicos o peligrosos fuera del alcance de los niños y cerrar los estantes cuando sea necesario (una estrategia *activa*). Han resultado más efectivas las medidas *pasivas* tales como los frascos de píldoras a prueba de apertura por niños y las limitaciones en la prescripción de analgésicos para uso infantil a cantidades no letales.

Las caídas constituyen causas importantes de lesiones en las edades pediátricas. Las caídas graves y letales desde ventanas ubicadas en lugares elevados en algunas comunidades de Estados Unidos incitaron al empleo de ventanas cerradas en todos los edificios de apartamentos muy altos con buenos resultados. Los dispositivos para el desplazamiento de los bebés (andadores) estuvieron asociados a lesiones particularmente severas cuando el bebé, en su desplazamiento inadvertido, caía por las escaleras. Esos andadores han sido eliminados por muchos fabricantes.

El ahogamiento, la sofocación y la estrangulación pueden ser letales en el hogar o en lugares recreativos. Los alimentos relacionados con alto riesgo de ahogamiento son los cacahuets, salchichas o embutidos sin rebanar, caramelos duros y alimentos duros en trozos, tales como las zanahorias. Los juguetes con partes pequeñas y las bolsas plásticas han sido causa de ahogamiento inadvertido. Las camas de agua también constituyen un riesgo de ahogamiento para niños de corta edad. Las muertes por estrangulación han ocurrido por el uso de ropas sueltas, lazos en el cuello, cuerdas arrastradas o colgadas que se aprietan durante el juego. Ahora se establece que las cunas no tengan espacios entre las tablillas o entre el bastidor y el colchón que puedan permitir la estrangulación.

Las lesiones en bicicletas son también muy comunes. Aunque el uso de cascos protectores puede prevenir 85% de las lesiones de la cabeza y 88% de las lesiones cerebrales, aún es baja la frecuencia del uso de los mismos. Algunas provincias canadienses y otros países (p. ej. Alemania) poseen leyes que exigen el uso de cascos, bien para la población general o para los niños. Las actividades recreativas incluyen el empleo de vehículos en carreteras abiertas. Los vehículos todo terreno (VTT) son reconocidos como particularmente peligrosos, aunque las lesiones ocurren fundamentalmente en bicicletas de montaña, motocicletas para nieve y vehículos para el desplazamiento por la arena. Esas lesiones

involucran mayormente a hombres con edades medias de 25 años, aunque también pueden lesionarse niños y adolescentes. El diseño de los VTT los hace inestables, lo que trae como resultado lesiones frecuentes por volcamiento. En muchas comunidades remotas se requieren vehículos de desplazamiento en arena para la transportación, lo que incrementa la exposición de los niños. A menudo el alcohol está involucrado con impactos fatales.

Muchos países han provisto a parques y escuelas con instalaciones de diversión sobre tierra para niños. Estas instalaciones han comenzado a constituir un creciente riesgo de lesiones, la mayoría de éstas de miembros superiores y cabeza. Muchos países, incluyendo Inglaterra, Nueva Zelandia, Australia, Canadá y los Estados Unidos desarrollaron, en la pasada década, lineamientos acerca de las instalaciones de diversión con el objetivo de realizar diseños más seguros. La mayoría de las lesiones ocurren cuando los niños caen de alturas excesivas a superficies duras. La disminución de las alturas y la colocación de materiales absorbentes del impacto alrededor de las instalaciones constituye una estrategia pasiva de intervención ambiental para un peligro ya identificado.

2.5.8 LESIONES INTENCIONALES

Las lesiones intencionales constituyen un problema particularmente difícil. Las guerras, los desórdenes civiles, suicidios, homicidios, asaltos reflejan todos profundos problemas sociales. Aunque los mismos se encuentran usualmente dentro del intervalo de cuestiones de las que se ocupan los profesionales de la salud ambiental, el control de la violencia intencional es un problema que relaciona, fundamentalmente, los derechos humanos, el desarrollo social, la cooperación internacional, el mantenimiento de la paz y el fortalecimiento de la ley.

Las lesiones intencionales pueden ser autoinfringidas (suicidios) o dirigidas a otros (asaltos o abuso infantil). Los suicidios representan una importante proporción de AVPP. Aunque se conoce que la mayoría de los suicidios ocurren en personas menores de 40 años, las mayores tasas absolutas corresponden a los más viejos y particularmente a los hombres. Las tasas de suicidio han permanecido estables para la mayoría de los grupos de edades, pero se encuentran en ascenso en adolescentes y adultos jóvenes. Las minorías de bajos recursos también presentan altas tasas de suicidio. En general, las mujeres cometen más intentos suicidas, en tanto que los varones tienen mayor éxito en sus intentos, por lo que presentan una mayor tasa general. Las armas de fuego, los ahorcamientos y los envenenamientos por gas (por ej. por monóxido de carbono) o los medicamentos en dosis excesivas son los medios más comunes de suicidios en los países más desarrollados.

El asalto es particularmente frecuente en las áreas urbanas densamente pobladas, donde la actividad criminal está ampliamente difundida. La violencia de la delincuencia juvenil, unida a la actividad ilícita relacionada con las drogas se está incrementando en muchos países, perdiéndose trágicamente muchas vidas jóvenes. La accesibilidad a las armas en una sociedad es predictiva de la letalidad de los crímenes, así como de la violencia doméstica. Las lesiones por disparos no intencionales también se incrementan con la accesibilidad a las armas de fuego y los niños son víctimas frecuentes.

El abuso infantil es una forma de violencia particularmente trágica. A menudo la irrupción en la sociedad del desempleo, el alcohol, el abuso de las drogas y las enfermedades mentales están presentes en los grupos más vulnerables. El escaldado, las quemaduras por cigarrillos u otras, el ahogamiento, los golpes, los traumas por ataduras y las sacudidas violentas constituyen típicas lesiones intencionales. Se ha reconocido que el abuso sexual a los niños se está incrementando, conociéndose la existencia de un subregistro en los reportes. A menudo la revelación ocurre mucho después en la vida adulta, cuando ya el daño y sufrimiento han sido tremendos.

En algunas áreas del mundo que han experimentado guerras y conflictos, la violencia en todas sus formas constituye una parte demasiado familiar de la vida. Las recientes tragedias en Ruanda y Bosnia ilustran a plenitud la carga de todos estos conflictos. Los campos minados continúan ocasionando víctimas inocentes. Las masivas pérdidas de vidas y lesiones ocasionadas por los ataques terroristas representan otra consecuencia muy temida de la violencia política. Los profesionales de la salud ambiental deben apreciar la necesidad de la paz como prerequisite para la salud.

2.5.9 CONCEPTOS EN LA PREVENCIÓN DE LESIONES

El control de las lesiones es una de las principales áreas de la salud ambiental donde la asignación de los recursos y la atención pueden dar como resultado un mejoramiento del estado de salud en todas las sociedades. Probablemente el control de las lesiones ocupará un lugar cada vez más prominente para los profesionales de la salud ambiental en los próximos años.

Para analizar cualquiera de los problemas de lesiones antes mencionados, es necesario comprender algunos conceptos básicos acerca del control de éstas. Uno de esos conceptos es la distinción entre las acciones de control activas y pasivas. La distinción radica en el esfuerzo o acción requerida por parte de los individuos para que la estrategia resulte efectiva. La *estrategia activa* es aquella que requiere de la mayor parte del esfuerzo por los individuos (como lo es el uso de los cinturones de seguridad en los asientos), en tanto que la *estrategia*

pasiva descansa en el extremo opuesto donde se requiere muy poca o ninguna acción por parte de los individuos (como las bolsas de aire en los automóviles). En ambas es importante el nivel de actividad y el número de individuos de los cuales se requiere cooperación. Algunas estrategias pueden ser empleadas por la población general, en tanto que otras sólo necesitan ser empleadas por unos pocos individuos dentro de una importante estructura de poder como el gobierno o la industria. Las estrategias más activas requieren del esfuerzo de más individuos. Históricamente las estrategias basadas en medidas pasivas de salud pública, tales como los programas de inmunización, la yodación de la sal y la fluoración del agua de bebida, han tenido mejores resultados que las activas. Las mejores intervenciones en seguridad son aquellas que una vez puestas en ejecución se mantienen funcionando sin medidas de atención adicionales, como por ejemplo una carretera de alta velocidad bien diseñada o un proceso industrial rediseñado (intervenciones pasivas). Las más difíciles de mantener son aquellas que dependen de la conducta y la atención humana, tales como avisos y nuevos procedimientos en el lugar de trabajo (intervenciones activas). Existe consenso de que en el campo de la prevención de lesiones deben emplearse estrategias pasivas siempre que sea posible y que cuando resulte necesario el empleo de estrategias activas, las mismas resultan más efectivas cuando son por mandato. Se ha reconocido la necesidad de una combinación flexible de ambos tipos de estrategias.

Otro concepto clave para el trabajo en la prevención de lesiones es el esquema diseñado por William Haddon. Se conoce como *Matriz de Haddon* y se basa en el concepto de que los eventos lesionantes pueden ser interrumpidos tanto en la fase previa como en la posterior a la lesión. Este concepto de fase se combina con los conceptos tradicionales de Haddon de huésped, agente (vehículos y vectores) y ambiente (físico y socioeconómico). Esto da como resultado las formas de interrumpir la situación que origina la lesión y el análisis de los posibles puntos donde se pudiera intervenir. Esta aproximación mediante matrices ha sido utilizada por los investigadores y aplicada en formas diferentes para la prevención en numerosas situaciones. Un ejemplo se muestra en la Tabla 2.9, donde se aplica la Matriz de Haddon a las lesiones ocasionadas por vehículos de motor. Resulta generalmente aceptado que los programas de control que implican la modificación de los vehículos, los vectores o el ambiente son más efectivos que aquellos que sólo modifican al huésped.

Otra contribución de Haddon es la relación de 10 estrategias para la reducción de las lesiones. Estas son medidas genéricas que pueden ser aplicadas para la prevención de cualquier tipo de lesiones, incluyendo los peligros físicos discutidos previamente. Las mismas se presentan de forma resumida en la Tabla 2.10.

Las medidas de seguridad deberían ser agrupadas de manera integral, de forma tal que se refuercen entre sí, estén respaldadas por la política y el consen-

so públicos, sean específicas para los riesgos locales, claras y explícitas, dirigidas hacia objetivos realistas, alcanzables y que todos las comprendan. Los coordinadores del proyecto deben ser capaces de evaluar los avances.

Tabla 2.9 Matriz de Haddon aplicada a ejemplos de lesiones relacionadas con vehículos de motor.

Fases	Factores		
	Humano	Vehículo	Ambiente
Previa a lesión	Evitar conducir embriagado	Asegurar capacidad de frenado	Asegurar la visibilidad de los peligros
Lesión	Desarrollar resistencia a los impactos	Evitar superficies afiladas o puntiagudas	Evitar materiales inflamables en los vehículos
Posterior	Prevenir hemorragias	Maximizar la rapidez en la reducción de la energía	Rápida atención médica de urgencia

Tabla 2.10 Relación de Haddon de las 10 estrategias para reducir las lesiones.

Estrategias para reducir lesiones

1. En primer lugar, prevenir la creación del peligro.
2. Reducir la cantidad de peligros existentes en el ambiente.
3. Prevenir la liberación de un peligro ya existente.
4. Modificar la tasa o la distribución espacial del peligro a partir de su fuente.
5. Separar en tiempo o espacio el peligro de aquello que debe ser protegido (susceptible).
6. Separar mediante una barrera material el peligro de aquello que debe ser protegido.
7. Modificar las cualidades básicas del peligro.
8. Hacer a aquello que debe ser protegido más resistente al daño producido por el peligro.
9. Cuantificar el daño producido actualmente por los peligros ambientales.
10. Estabilizar, reparar y proporcionar rehabilitación y cirugía estética.

2.6 Peligros psicosociales

2.6.1 TIPOS DE PELIGROS Y ESTRESORES PSICOSOCIALES

La inseguridad, la ansiedad y el sentimiento de falta de control sobre la de la vida propia o el ambiente, constituyen lo que es popularmente llamado *estrés*. En ocasiones la palabra estrés es utilizada para describir un estímulo: un evento o situación específica que ocasiona una reacción mental o psicológica. En este

En primer caso, empleando una terminología correcta es mejor hablar de *estresores*, en lugar de estrés. En segundo lugar, el *estrés* puede ser definido como una respuesta humana a los estresores. Esta definición de estrés indica el estado de tensión que una persona experimenta. Una tercera definición enfatiza el hecho de que el estrés es un proceso, resultante de la interacción entre los seres humanos y el ambiente. El proceso de estrés consta de dos etapas. La primera incluye la decisión acerca de si un evento (estresor) determinado constituye un peligro; la segunda incluye la evaluación de las posibilidades de actuar frente a la situación. Mientras que un individuo pueda adaptarse a la situación no surge un problema. Sin embargo, cuando las estrategias de adaptación dejan de ser adecuadas, ocurrirían reacciones adversas de estrés.

Para muchas personas, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo, el estrés es parte de la vida diaria, que pudiera conllevar una variada gama de importantes efectos sobre la salud, incluyendo depresión, suicidio, violencia hacia otros, enfermedades psicosomáticas y enfermedad en general. Los peligros psicosociales son aquellos que crean un ambiente social de incertidumbre, ansiedad y falta de control. Esta pudiera incluir la ansiedad relacionada con la supervivencia en medio de la violencia, como en el caso de países en estado de guerra recurrente. La incertidumbre acerca de los posibles efectos futuros sobre la salud, debidos a la exposición a la radiación después del desastre de Chernobyl es otro tipo de peligro psicosocial. El ambiente ocupacional es otro medio en el cual el alto agobio mental puede dañar la salud. El famoso *modelo Karasek* ha documentado cómo las ocupaciones con *escasa autoridad para la toma de decisiones* (bajo control) y un *alto grado de demandas* físicas o mentales resultan particularmente estresantes. El incremento de las demandas a los trabajadores y al personal de oficina, como ocurre en las compañías que han llevado a cabo reestructuraciones para incrementar la eficiencia (lo que significa menos trabajadores teniendo que producir más), constituye un importante peligro psicosocial. Las mujeres están generalmente más expuestas que los hombres en esas situaciones, debido a que ellas deben tratar de lograr un equilibrio entre sus dobles papeles de empleadas y amas de casa. En el ambiente social privado, la muerte de un amigo cercano o un miembro de la familia, el divorcio u otros eventos relacionados con la familia pueden ser considerados como riesgos psicosociales.

Pueden distinguirse cinco categorías de fuentes potenciales de estrés psicosocial. Esas categorías incluyen *factores intrínsecos* del tipo de labor, el *papel del trabajador* en la organización, el *desarrollo profesional*, las *relaciones interpersonales* en el trabajo, *estructura organizativa y clima*. (Ver *Factores psicológicos en el trabajo y su relación con la salud*, Kalimo et al., 1987.) (En el Capítulo 10 se tratarán estos aspectos.)

El impacto preciso sobre cada riesgo individual resulta difícil de establecer, debido a la acción simultánea de numerosos estresores urbanos generalmente presentes y que son indistinguibles de los efectos causados por los factores socioeconómicos. Finalmente, cualquier tipo de riesgo potencial del ambiente para la salud (incineradores de desechos, industria química, desastres naturales) pudiera inducir respuestas de estrés psicosocial.

2.6.2 EFECTO DEL ESTRÉS SOBRE LA SALUD

La percepción moderna del estrés es que éste constituye una reacción negativa o adversa. La perspectiva evolucionista es diferente, pues considera al estrés como un importante mecanismo que prepara al organismo humano para la acción urgente, tanto física como mental. Las características fisiológicas de la reacción de estrés incluyen el incremento de la frecuencia cardíaca, la tensión arterial, la respiración, la transportación de sangre hacia los músculos del esqueleto y una disminución simultánea de la actividad digestiva. El incremento de la producción de las hormonas del estrés, tales como la epinefrina y la cortisona, ejerce también un importante papel en dicha reacción. Todas esas reacciones preparan al individuo para acciones defensivas, el ataque o la lucha. Las mismas incrementan de este modo la oportunidad del individuo para la supervivencia y pueden influir en el éxito de una determinada especie.

Si un individuo está expuesto constantemente a estresores ambientales y no desarrolla estrategias de adaptación adecuadas, es muy probable que ocurran efectos adversos sobre la salud. Las enfermedades cardiovasculares, tales como la hipertensión arterial y la cardiopatía isquémica pueden estar asociadas al estrés. Otras enfermedades como la úlcera péptica, el asma bronquial y la artritis reumatoide son influenciadas por factores psicológicos, aunque la prevalencia de estas enfermedades es menor que las cardiovasculares (salvo el asma bronquial en ciertas regiones).

Puesto que las enfermedades cardiovasculares y otras relacionadas con el estrés demoran muchos años antes de comenzar a presentar manifestaciones clínicas importantes, existe una oportunidad para prevenirlas aún en su estadio temprano. Esto requiere de una metodología para cuantificar el estrés originado por el ambiente y el medio laboral.

Debido a que los factores psicológicos resultan más difíciles de medir que los factores físicos y pueden variar substancialmente entre los individuos, debe intentarse identificar indicadores psicológicos de estrés. Las mediciones de tamizaje útiles pueden incluir la razón epinefrina/norepinefrina en orina o sangre, la razón potasio/sodio en orina o los niveles de lipoproteínas (colesterol y trigli-

ciados) en sangre. Por ejemplo, se ha demostrado que individuos residentes en la cercanía de la planta nuclear ubicada en la Isla de Las Tres Millas, donde se advirtió ampliamente la ocurrencia de un accidente en 1979, tenían mayores niveles urinarios de epinefrina y norepinefrina aún un año después del suceso, al compararlos con controles residentes en lugares alejados. Debería tenerse en cuenta que todos los individuos pueden reaccionar de forma diferente a los estresores ambientales y que otras variables de la personalidad, la experiencia y el carácter pudieran influir en los indicadores de estrés determinados. Los resultados de estos estudios deben interpretarse con cautela.

Capítulo 3

EVALUACIÓN DE RIESGOS

Objetivos de estudio:

Después de estudiar este capítulo usted será capaz de:

- Definir los elementos de la evaluación de riesgos.
- Comprender los tipos de información requerida para cada elemento de la evaluación de riesgos.
- Describir como pueden identificarse los peligros en el terreno.
- Describir los tipos de extrapolación requeridos para la evaluación de dosis-respuesta.
- Explicar la diferencia entre los efectos con umbral y sin umbral.
- Brindar varios ejemplos de marcadores de exposición útiles.
- Ilustrar la diferencia entre los enfoques directos e indirectos de evaluación de la exposición.
- Describir los errores potenciales en el muestreo ambiental.

3.1 El marco de evaluación y manejo de riesgos para la salud

El principal objetivo de estudiar la relación entre los peligros ambientales y la salud es hacer algo para eliminar esos peligros. Esto se conoce como *manejo de riesgos*. Pero antes de que algo pueda hacerse los riesgos deben ser identificados y minuciosamente evaluados. Este proceso de evaluar los posibles efectos en la población de la exposición a sustancias y a otros peligros potenciales se conoce como *evaluación de riesgos*. Las etapas de la evaluación de riesgos se muestran en la Figura 3.1. Desafortunadamente, la terminología empleada en diferentes reportes de evaluaciones de riesgo varía. La descrita aquí es utilizada comúnmente por la OMS, la OIT y el PNUD.

La primera etapa en la evaluación de riesgos es identificar los peligros con base en los resultados relevantes de la investigación toxicológica y de los estu-

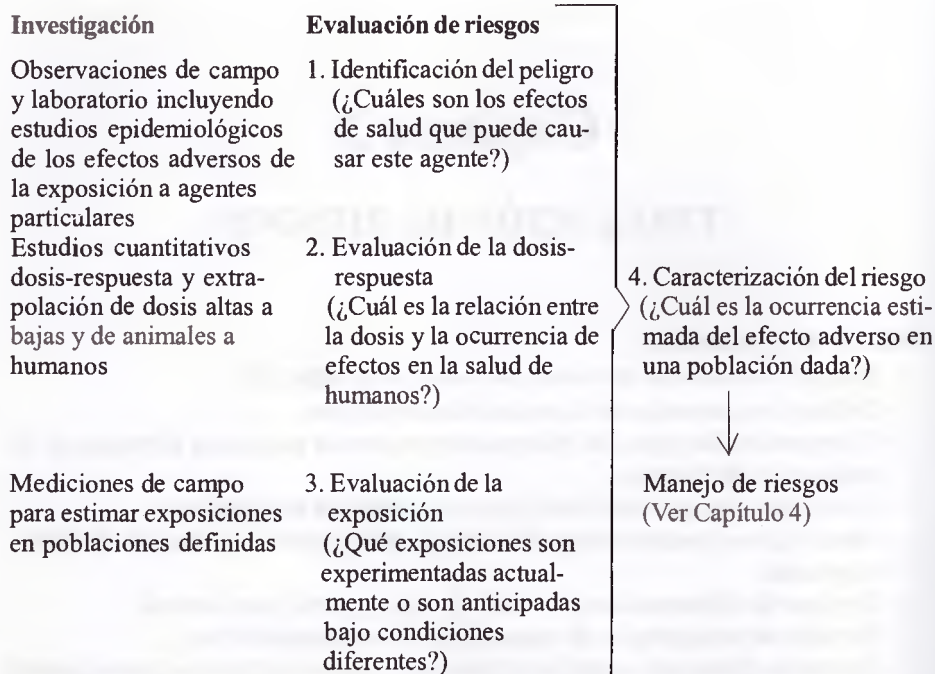


Figura 3.1 Etapas de la evaluación de riesgos.

dios epidemiológicos. Estas etapas de identificación del peligro también comprenden la descripción de cómo una sustancia se comporta en el organismo, incluyendo sus interacciones a los niveles de órgano, celular y molecular. Tales estudios pueden identificar efectos tóxicos bajo condiciones experimentales que también es probable que ocurran a las personas. La *identificación del peligro* puede por tanto ser considerada como una descripción cualitativa de un peligro potencial. Algunos de los métodos de investigación utilizados para identificar los peligros ambientales (por ejemplo, ensayos toxicológicos) fueron introducidos en el Capítulo 2. La Sección 3.2 de este capítulo tratará de los métodos epidemiológicos para identificar los peligros y la Sección 3.3 discutirá cómo los peligros son identificados en estudios de terreno.

Los datos de investigaciones tienen que ser utilizados para describir y cuantificar la relación entre exposición o dosis absorbida y un peligro para la salud asociado. Esta segunda etapa es conocida como *evaluación de la dosis-res-*

ta. Es vital que los métodos utilizados para extrapolar datos (por ejemplo, de niveles de exposición altos a bajos o de exposición crónica a aguda) de estudios animales a humanos sean apropiados. La evaluación de la dosis-respuesta debe describir y justificar los métodos de extrapolación empleados. Deben también caracterizar las incertidumbres biológicas y estadísticas de estos métodos. La relación dosis-respuesta será discutida ampliamente en la Sección 3.4.

La tercera etapa es medir la exposición, identificando las vías de exposición, estimando el ingreso al organismo por las diferentes vías y obteniendo la información demográfica para caracterizar la población expuesta. Los datos de mediciones de terreno suministrados por los sistemas de vigilancia y monitoreo se obtienen, si es posible, para evaluar la calidad del ambiente. Si no se dispone de datos de mediciones, los niveles de emisión o exposición pueden ser calculados empleando modelos matemáticos. La integración de estos datos proporciona una estimación de los niveles de exposición actuales. La parte de *evaluación de la exposición* se trata con gran detalle en la Sección 3.5.

La *caracterización del riesgo* es la integración de las tres primeras etapas en el proceso de evaluación de riesgos. De forma ideal, debe obtenerse un estimado cuantitativo del riesgo en la población expuesta, o estimados de los riesgos potenciales bajo diferentes escenarios de exposición posibles. Si ocurren diferentes efectos en la salud, el riesgo de cada uno de éstos debe ser caracterizado. También deben ser caracterizados otros factores o exposiciones que contribuyan a los efectos de la salud. El proceso será descrito en la Sección 3.6.

La literatura de evaluación de riesgos de salud ambiental puede ser confusa para los estudiantes, ya que los mismos términos se refieren tanto a la evaluación de riesgos genérica (a menudo basada en agencias reguladoras) y evaluaciones de riesgos de terreno específicas. Las evaluaciones de riesgos genéricos caracterizan un peligro en términos científicos generales con base en exposiciones anticipadas y características poblacionales hipotéticas. Sin embargo, cuando existe sospecha de un riesgo en una situación específica, debe verificarse si realmente existen peligros.

La evaluación de riesgos tiene sus limitaciones. En la práctica, frecuentemente no se dispone de datos esenciales. Se hacen suposiciones razonables para arribar a *estimaciones cuantitativas de riesgo*. Algunas de las muchas fuentes de incertidumbre que puedan acompañar una evaluación de riesgos se relacionan en la Tabla 3.1. La mayoría de las evaluaciones de riesgos contiene una o más de éstas y es esencial evaluar un impacto en la evaluación. Este proceso es usualmente denominado *análisis de sensibilidad* y puede ser muy complejo. En muchas situaciones, sólo puede ser apropiada una *evaluación de riesgos cualitativa*.

Tabla 3.1 Varias de las muchas fuentes de incertidumbre en una evaluación de riesgos.

- Utilización de un estudio experimental que involucra una vía de exposición inapropiada;
- Diferencias en biocinética y/o mecanismos de toxicidad entre especies;
- Pobre especificación de la exposición en estudios experimentales, por ejemplo, concentración, duración, vía, especies químicas;
- Situaciones de extrapolación de altas dosis a bajas dosis;
- Diferencias en la edad de la primera exposición;
- Diferencias en factores asociados al estilo de vida entre el grupo experimental y otros grupos de riesgo;
- En los estudios epidemiológicos puede haber exposición simultánea a otros múltiples peligros;
- Factores de confusión potenciales;
- Clasificación errónea del efecto de interés en salud

Adaptada de Hallenbeck, 1993

Cuando los riesgos para la salud de un peligro ambiental específico o de una situación han sido caracterizados, las decisiones deben hacerse tomando en cuenta cuál de las diversas acciones de control deberán adoptarse. Las agencias reguladoras pueden desarrollar opciones, evaluar las consecuencias de éstas para la salud, económicas, sociales y políticas, y deben implementar las decisiones de la agencia. Estas acciones y decisiones forman la base del proceso de *manejo de riesgos*, que se discute en el Capítulo 4.

3.2 Métodos epidemiológicos

Los datos de estudios epidemiológicos pueden ser empleados directamente para identificar peligros y caracterizar las relaciones dosis-respuesta. Los diferentes diseños de estudios utilizados en epidemiología pueden tener sus beneficios y limitaciones.

3.2.1 ETAPA DE LAS INVESTIGACIONES EPIDEMIOLÓGICAS DE TERRENO

Un marco de conceptos epidemiológicos y técnicas en el cual las investigaciones de salud ambiental pueden ser desarrolladas de forma lógica se presenta en la Figura 3.2.

Un programa metódico de investigación para controlar una enfermedad particular o un problema de salud debe seguir la secuencia descrita en la Figura 3.2. Por ejemplo, los esfuerzos por reducir la mortalidad y últimamente para prevenir la diarrea infantil han seguido este marco. En el comienzo es esencial definir un

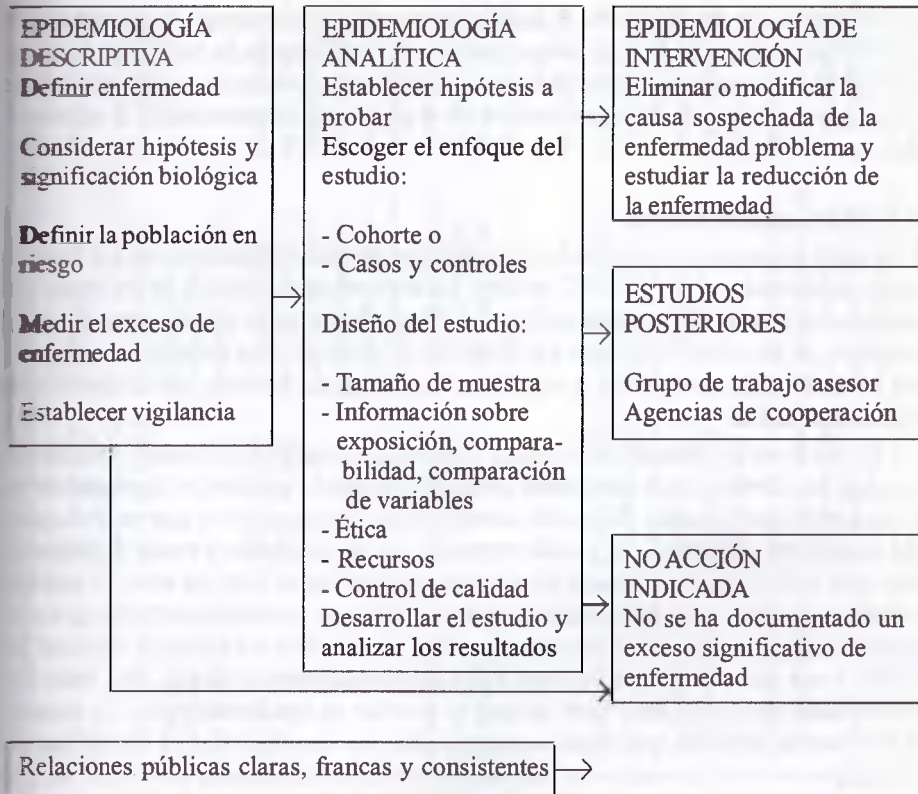


Figura 3.2 Desarrollo lógico de las investigaciones epidemiológicas de campo.
(Fuente WHO, 1991.)

caso, identificar la población en riesgo y obtener una medida del riesgo en exceso. La primera etapa, de ese modo, involucra estudios descriptivos. Esto es, deben ejecutarse estudios para describir los problemas actuales, por ejemplo, cuántos niños tienen diarrea y en qué magnitud afecta su salud. Estos son seguidos de estudios analíticos, para obtener información más amplia, sobre posibles factores causales, estudios de intervención (para evaluar posibles tratamientos) y el desarrollo de la vigilancia.

El propósito de los estudios analíticos es determinar si algún factor ambiental (u otro factor de riesgo) está realmente asociado con el problema (o efecto de interés). Alternativamente, deben existir suficientes datos para garantizar la

implementación de controles. El seguimiento entonces será para determinar si el control del peligro ambiental sospechado reduce realmente la morbilidad o mortalidad. Puede ser requerido un programa de vigilancia prospectivo para monitorear el progreso y para identificar cambios en el patrón de ocurrencia de la enfermedad o en las causas.

3.2.2 MÉTODOS DE ESTUDIO

Los tipos de estudios epidemiológicos difieren considerablemente en sus fortalezas y debilidades. La Tabla 3.2 resume los aspectos principales de los tipos tradicionales de estudios epidemiológicos. Note que en cada uno de estos tipos de estudios, la *persona individual* es la *unidad de análisis*. Los estudios ecológicos, en los cuales la *comunidad o región* es la unidad de análisis, serán discutidos posteriormente.

Existen varias formas de estudiar la asociación entre una causa y una enfermedad, accidente u otra condición de salud. Se puede ver cual es la situación en el momento del estudio. Se puede comenzar con la causa y ver que ocurre cuando transcurre el tiempo. Se puede empezar con la condición y tratar de determinar qué pudo haberla causado en el pasado. Para hacer algo de esto, se pueden estudiar sujetos considerándolos como individuos o se pueden estudiar grandes grupos sólo con información sobre el grupo. Se puede o no tratar de cambiar las cosas y ver que pasa. Una vez que estas combinaciones se unen, esta información puede describir muy bien lo que es posible en epidemiología. Un aspecto fundamental de todos los estudios epidemiológicos analíticos es la identificación de sesgos en la información o factores de confusión, factores estos que no son causales pero pueden estar asociados con la enfermedad por otras razones (Tabla 3.2).

Los estudios descriptivos pueden ser longitudinales (frecuentemente) o transversales. Los estudios históricos aportan tendencias en el tiempo de una exposición o del efecto de interés para la salud. Los estudios transversales proporcionan una fotografía de la exposición, de los efectos o de ambos en un tiempo dado. Los estudios descriptivos no pretenden establecer asociaciones entre un indicador de riesgo y un problema de salud. En lugar de esto, ellos simplemente tratan de describir la forma en que las cosas fueron o son en la actualidad. Sin embargo, tanto los estudios históricos como los transversales pueden comparar una exposición o la persistencia de una exposición ambiental con la prevalencia de un problema de salud en un grupo de estudio y en un grupo control, con el fin de establecer si existe un vínculo entre un factor de riesgo y un efecto. Los diseños de estudios más empleados en epidemiología analítica son los *estudios*

Tabla 3.2 Diseños de estudios en epidemiología ambiental que utilizan al individuo como unidad de análisis

Diseño de Estudio	Población	Exposición	Efecto en la salud	Los factores de confusión son:	Problemas	Ventajas
Estudio descriptivo	Diversas subpoblaciones	Registros de mediciones en el pasado	Estadísticas de mortalidad y morbilidad, registros de casos, etc.	Difícil de separar	Difícil establecer relaciones de causa-efecto y exposición-efecto	Barato, útil para formular hipótesis
Estudio transversal	Comunidad o grupos especiales, grupos expuestos vs. no expuestos	Actual	Actual	Habitualmente fáciles de medir	Difícil establecer relación causal, la exposición actual puede no ser pertinente para explicar la enfermedad actual	Puede hacerse rápidamente; puede usar poblaciones grandes, puede estimar magnitud del problema (prevalencia)
Estudio prospectivo de cohorte	Comunidad o grupos especiales, expuestos vs. no expuestos	Definida al principio del estudio (puede cambiar durante el curso del estudio)	A determinarse durante el curso del estudio	Habitualmente fáciles de medir	Caro, consume tiempo, las categorías expuestas pueden cambiar, alta tasa de deserción	Puede estimar la incidencia y el riesgo relativo; puede estudiar muchas enfermedades puede inferir relaciones causa-efecto
Estudio de cohorte histórica	Grupos especiales tales como grupos ocupacionales, pacientes y segundas personas	Ocurrida en el pasado, se necesitan registros de mediciones pasadas	Ocurrida en el pasado, se necesitan registros de diagnósticos y mediciones pasadas	A menudo difíciles de medir debido a su naturaleza retrospectiva (p. j. hábito de fumar en el pasado)	Necesita depender de registros que pueden no ser lo suficientemente exactos	Menos caro y más rápido que el estudio de cohortes, puede utilizarse en el estudio de exposiciones en el paciente
Estudio experimental (de intervención)	Comunidades o grupos especiales	Controlada/ conocida	A medirse durante el curso del estudio	Pueden ser controlados por medio de la aleatoriedad de los sujetos	Caro, empleo sujeto a consideraciones éticas; se requiere consentimiento de sujetos; deserciones	Resultados bien aceptados; fuerte evidencia de causalidad o eficacia de la intervención

Fuente: OMS, 1991a

de cohorte y los de casos y controles. Estos dos diseños de estudios difieren fundamentalmente en que ellos abordan las causas (o más precisamente, las asociaciones) desde los extremos opuestos del espectro causa-efecto. Los estudios de cohorte comienzan con una población que ha estado o está expuesta al factor de riesgo. Entonces se compara la frecuencia (incidencia) de la enfermedad entre las poblaciones expuestas y no expuesta según ocurren a lo largo del tiempo (ver Figura 3.3). Los estudios de casos y controles comienzan con los individuos que tienen la enfermedad. Entonces, se compara la frecuencia de la exposición que ha ocurrido en el pasado entre los sujetos que presentan la enfermedad (casos) y aquellos (controles) que no presentan la enfermedad (ver Figura 3.4).



Figura 3.3 Diseño de un estudio de cohorte. (Reimpresión de Beaglehole *et al.* 1993.)

Los estudios de casos y controles pueden proporcionar estimados potentes y exactos de las razones de riesgo y son usualmente económicos en términos tanto de costos como de duración del estudio. Un ejemplo del uso de un estudio de casos y controles en el ensayo de la asociación de una enfermedad epidémica aguda y una exposición particular es la investigación del síndrome del aceite tóxico que ocurrió en España en asociación con el uso de aceite comestible (ver Cuadro 3.1). Los estudios de casos y controles también pueden ser empleados para examinar afecciones crónicas, de larga latencia e hiperendémicos y son especialmente útiles en el estudio de enfermedades raras, según se expresa en la Tabla 3.2.



Figura 3.4 Diseño de un estudio de casos y controles.
(Reimpresión de Beaglehole *et al.* 1993.)

Cuadro 3.1

Síndrome del aceite tóxico en España

En mayo de 1981, una enfermedad desconocida apareció en Madrid, España. Posteriormente ésta se expandió rápidamente a las provincias del noroeste de la ciudad. Los síntomas de la enfermedad incluyeron trastornos respiratorios, fiebre, erupciones, náuseas y vómitos. Aproximadamente 20 000 personas fueron afectadas y ocurrieron alrededor de 340 muertes.

Fueron investigadas muchas causas potenciales de la enfermedad. Los estudios descriptivos implicaban un aceite de cocinar del “mercado negro” como una posible causa del síndrome. En un estudio posterior de casos y controles, las historias de ingestión de alimentos de 124 personas con el síndrome (los casos) fueron comparadas con los de 124 individuos sin el síndrome (los “controles”). Ambos grupos fueron de similares características socioeconómicas. El cien por ciento de las personas con el síndrome reportaron el consumo del aceite de cocinar vendido ilegalmente, pero sólo el 6.4 % del grupo control (aquellos que no estaban enfermos) habían consumido el aceite clandestino (como fue llamado en España).

Casos (con el síndrome)	100 % había consumido el aceite
	0 % no había consumido el aceite
Controles (sin el síndrome)	6.4 % había consumido el aceite
	93.6 % no había consumido el aceite

De igual forma, en los familiares enfermos, la cantidad estimada de aceite consumido

continúa...

por persona estuvo correlacionada con la severidad de los síntomas de la enfermedad. El síndrome pasó a ser conocido como Síndrome del Aceite Tóxico (SAT).

Este es un ejemplo de un estudio de casos y controles ya que los investigadores comenzaron con individuos con y sin la enfermedad (efecto), y buscaron una asociación con la exposición, antes de que los síntomas comenzaran, en este caso ingestión del aceite para cocinar. Los estudios de casos y controles pueden ser usados en esta forma para investigar las causas de una enfermedad epidémica desconocida. Si existe un nivel de exposición estadísticamente alto en los casos comparados con el control, entonces la exposición puede ser el agente causal. (En esta situación en que el 100% de los casos consumió el aceite, y el 0 % de los casos no lo consumió, la razón de disparidades (*odds ratio* en inglés), según se discute en la Sección 3.2.3, será infinita). A los dos meses de la fecha en que se registró el primer caso, el número de personas que contrajeron la enfermedad había alcanzado un pico y la incidencia declinaba. Este descenso correspondió con la información y educación pública acerca del aceite y la sustitución del aceite por otro de mejor calidad.

Los estudios de cohortes tienen la ventaja de permitir medir directamente el riesgo de una enfermedad y calcular la tasa actual de incidencia de la enfermedad en la población. Esto es porque los estudios de la cohorte cuantifican la aparición de la enfermedad en una población definida durante un período de tiempo. Sin embargo, los estudios de cohorte pueden ser costosos, especialmente si la enfermedad bajo estudio es rara. Grandes grupos de población pueden necesitarse para alcanzar resultados estadísticamente significativos. Sin embargo, los estudios de cohorte permiten la evaluación de factores de riesgo competitivos, por lo tanto, proporcionan una ventaja diferente a las de los diseños de casos y controles. Los estudios de cohortes son con frecuencia utilizados para estudiar enfermedades ocupacionales, un ejemplo de lo cual se presenta en el Cuadro 3.2.

Un *estudio de cohorte prospectivo* es el que comienza con un grupo actualmente expuesto a un peligro potencial o factor de riesgo, y un grupo no expuesto. Los grupos entonces se comparan para ver quienes adquieren la enfermedad y quienes no a lo largo del tiempo. Un *estudio de cohorte histórico* comienza con la información sobre quién estuvo expuesto en el pasado a un peligro potencial, y entonces determina las tasas de incidencia de la enfermedad desde el momento de esa exposición pasada. Ambos tipos de estudio de cohorte comienzan por definir una población expuesta, con el fin de determinar las tasas de enfermedad que ocurren posteriormente.

Variantes de estos dos importantes diseños de estudio (estudios de cohorte y de casos y controles) son los *estudios de morbilidad proporcional* y el *estu-*

Estudio de casos y controles anidado. En el primero todas las muertes son clasificadas de acuerdo a la causa. La proporción del grupo de estudio que muere de la causa de interés (por ejemplo, cáncer) se compara con la proporción de una población general apareada por la edad (estandarizada) que muere de esa causa. Este enfoque es bueno para enfermedades raras pero está sujeto a distorsiones. Un estudio de casos y controles anidado puede ser la segunda fase de un estudio de cohorte. Aquí, las causas de la enfermedad en el grupo expuesto son más ampliamente investigadas por comparación de los casos con los controles incluidos en una cohorte previamente conocida.

Cuadro 3.2

Cloruro de vinilo y cáncer

Un ejemplo de un estudio de cohorte histórica

El monómero de cloruro de vinilo (MCV) es un gas que se produce a través de la cloración del etileno, un producto de la industria del petróleo. Cuando es polimerizado, forma cloruro de polivinilo (PVC, siglas en inglés), uno de los principales polímeros plásticos de amplia utilización actual. Éste ha sido producido comercialmente desde la década de los años 30, con incremento estable de su producción. Es muy empleado en losas de piso, cubiertas de asientos, juguetes, tuberías de agua y otros productos comunes. El MCV fue antes considerado como un gas relativamente inerte, y fue ampliamente empleado como propulsor en latas presurizadas.

En 1967 el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, siglas en inglés) notificó que 4 casos de un raro tipo de cáncer de hígado, angiosarcoma hepático (ASH), habían ocurrido en un grupo laboral de sólo 500 trabajadores. Poco tiempo después fueron reportadas más observaciones que sustentaban la asociación entre el MCV y el desarrollo de ASH, incluyendo un estudio en ratas efectuado en Italia. El NIOSH decidió ejecutar un estudio de cohorte histórica sobre la mortalidad de trabajadores de plantas de polimerización de PVC, para comparar las tasas de mortalidad por causas específicas observadas entre esos trabajadores, con aquellas esperadas con base en la población de EUA. Para el estudio fueron seleccionadas 4 plantas sobre la base de la duración de la operación, accesibilidad a los archivos y probable facilidad para el seguimiento. El riesgo total de personas-año de la enfermedad fue calculado. El seguimiento fue virtualmente completo (1 287 trabajadores de 1 294) en un periodo de latencia de 10 años. Ocurrieron 35 casos de cáncer. El número de muertes esperado fue calculado sobre la base de las edades de las personas en riesgo. El número esperado de muertes en este grupo laboral por categoría de edades, y la razón de mortalidad estandarizada (REM) (para los trabajadores con 10 años de latencia) se presenta a continuación:

continúa...

Edad en años	Número esperado de muertes por cáncer para una latencia de más de 10 años
20-29	0.005
30-39	0.858
40-49	5.158
50-59	8.043
60-69	7.675
70-79	2.091
+80	0.342
Total de muertes esperadas	24.172
Total de muertes observadas	35.0
REM (O/E x 100)	144.79

Utilizando estas cifras la REM de cada categoría de causa de muerte fue calculada como se muestra en seguida (el concepto de REM y de intervalo del 95% de confianza se explica en la Sección 3.2.3).

Causa de muerte	Observada	Esperada	REM	Intervalo de confianza 95%
Cardiovascular	57	54.7	104	79-135
Cáncer	35	23.5	149*	104-207
Pulmonar	12	7.7	156	80-272
Hígado/Biliar	7	0.6	1167**	467-2404
Leucemia/Linfoma	4	2.5	160	51-386
Cerebro	3	0.9	333	85-907
Otro	9	11.8	76	35-145
Cirrosis hepática	2	4.0	50	8-165
Enfermedades pulmonares (sin incluir cáncer)	6	3.4	176	64-384
Muertes violentas	13	14.2	92	49-157
Todas las otras causas	22	26.5	85	52-126
Causas desconocidas	1			
Total	136	126.3	108	90-127

* $p=0.05$

** $p=0.01$

Puede observarse que la mortalidad por cáncer se incrementó significativamente. Como las cifras son pequeñas, sólo el exceso de tumores del hígado es estadísticamente significativo. Debe notarse que los excesos de cáncer de pulmón, leucemia y cerebral merecerían un estudio más amplio.

3.2.3 CUANTIFICAR EL RIESGO

Existen algunas ecuaciones patrones en epidemiología para determinar si la población en estudio tiene un riesgo incrementado, o tiene un incremento del número de casos de la enfermedad en cuestión comparado con una población de referencia. Para determinar si la tasa observada es excesiva, debe ser calculada la *razón de riesgo*, o *riesgo relativo*. Esto se muestra en la Figura 3.5. Estas son usualmente calculadas a partir de estudios de cohorte. Los datos de estudios de casos y controles estiman el riesgo relativo mediante un cálculo denominado *razón de posibilidades o razón de disparidades (odds ratio, en inglés)*.

TASA DE ENFERMEDAD:	$\frac{\text{Número de casos de la enfermedad en la población en riesgo}}{\text{Número de personas en la población en riesgo}}$
EXPRESADA COMO:	$\frac{\text{Número de casos}}{100 \text{ ó } 1000, \text{ etc. personas en riesgo}}$
EJEMPLO:	$\frac{50 \text{ casos}}{2500 \text{ personas en riesgo}} = \frac{20}{1000}$
RAZÓN DE RIESGO:	$\frac{\text{Tasa de enfermedad en la población con el factor de riesgo}}{\text{Tasa de enfermedad en la población sin el factor de riesgo (población de comparación)}}$
EXPRESADA COMO:	una razón numérica (1.5, 3.0, etc. que indica que el riesgo de enfermedad en la población expuesta (o en riesgo) es 1.5, 3.0, etc. veces mayor que en la no expuesta (sin riesgo)
EJEMPLO:	$\frac{20/1000}{10/1000} = 2.0$

Figura 3.5 Definición y cálculo de tasas de enfermedad y razones de riesgo

Una razón de riesgo de 1.0 significa que la tasa del problema (o efecto de interés) en el grupo bajo estudio no es diferente a la tasa del problema en la población general o de referencia. Una razón de riesgo mayor de 2 ó 3 usualmente se considera importante. Por ejemplo, una razón de riesgo de 5 significará que la población con el factor de riesgo (por ejemplo, los expuestos a asbesto) son 5 veces más propensos a tener o adquirir la enfermedad (por ejemplo, cáncer de pulmón) que la población no expuesta al factor de riesgo (por ejemplo, los no expuestos a asbesto).

La razón de riesgo es la forma más ampliamente utilizada para medir el riesgo. Se define como "la razón del riesgo de enfermedad o muerte en los expuestos y el riesgo en los no expuestos" (Last, 1995). Otras medidas del riesgo, que pueden derivarse de estudios epidemiológicos se definen en el Cuadro 3.3. La *diferencia de riesgo* es "la diferencia absoluta entre dos riesgos" (Last, 1995). Demuestra el exceso de riesgo (tasa) del problema de salud en la población expuesta, por sustracción del riesgo de la población no expuesta al riesgo de la población expuesta. También se conoce como *incremento del riesgo*. La *fracción atribuible* (en los expuestos) describe la proporción de nuevos casos de una enfermedad en la población expuesta debido a la exposición, por ejemplo, "la proporción en la cual la tasa de incidencia del efecto entre los expuestos pudiera ser reducida si la exposición fuera eliminada" (Last, 1995). La *fracción atribuible* (poblacional) describe la proporción de nuevos casos de una enfermedad en toda la población debido a la exposición, por ejemplo, la proporción en la cual la tasa de incidencia del efecto entre la población completa pudiera ser reducida si la exposición fuera eliminada (Last, 1995).

Un método más frecuentemente empleado para evaluar la mortalidad en un estudio epidemiológico ocupacional es calcular la razón de mortalidad estandarizada (REM) para el grupo. La REM es la razón de las muertes observadas en un

Cuadro 3.3

Medidas comunes de riesgo derivadas de estudios epidemiológicos

Diferencia de riesgo = $E - NE$

Razón de riesgo = E/NE

Fracción atribuible (expuesto) = $(E - NE)/E = (\text{aplicando las matemáticas}) (RR - 1)/RR$

Fracción atribuible (población) = $I - NE/I = [p(RR - 1)]/[p(RR - 1) + 1]$

Donde: NE = Tasa de incidencia (o mortalidad) en el grupo no expuesto;

E = Tasa de incidencia (o mortalidad) en el grupo expuesto;

P = prevalencia de la exposición en la población total;

RR = razón de riesgo

La razón de disparidad (RD) puede ser calculada como sigue:

Expuestos	Enfermedad	
	Si	No
Si	A	B
No	C	D

$RD = AD/BC$

grupo dividido por el número de muertes que pueden ser normalmente esperadas en un grupo con similar distribución de edad.

$$\text{REM} = \frac{\text{Número observado de muertes (o eventos) en la población en estudio} \times 100}{\text{Número esperado de muertes (o eventos) si la población en estudio tuviera la misma edad y composición de sexos de la población de referencia (por ejemplo, nacional)}}$$

El denominador de la REM (por ejemplo, el número esperado de muertes) se calcula como sigue:

1. Se calculan las *personas-años* en riesgo en la cohorte para cada grupo de edad o género (el número de individuos en la cohorte multiplicado por el número de años que cada individuo ha sido seguido). Entonces,

2. La cifra obtenida se multiplica por la tasa de mortalidad específica para cada grupo de edad o género para la (s) enfermedad (es) en consideración, obtenidas de las estadísticas poblacionales nacionales.

Una REM de 130 para una causa particular de muerte indica que en esa población existió un 30 % más de mortalidad por esa enfermedad que la esperada dadas las tasas específicas actuales.

Como estas medidas de riesgo son estadísticas, no podemos estar seguros de que las observaciones en un estudio no ocurrieron al azar. La significación estadística de estas mediciones se expresa usualmente como un *intervalo de confianza*. Por ejemplo, si un número cae dentro de un *intervalo del 95 por ciento de confianza* se puede estar seguro en un 95% de que el valor real de esta razón se encuentra dentro de esos límites. Esto también significa que existe un 5 por ciento de posibilidades de que los resultados del estudio ocurrieran por azar. La amplitud del intervalo de confianza depende del número de casos observados, el tamaño de la población en estudio, y la variabilidad de las tasas de comparación o esperadas. Estos aspectos se discuten con mayor amplitud en *Epidemiología básica*, *Epidemiología ambiental* y otras publicaciones de la OMS.

3.2.4 DIFICULTADES DE LOS ESTUDIOS Y DETERMINANTES DE CAUSALIDAD

Para determinar que tanto peso debe otorgarse a la evidencia obtenida en un estudio epidemiológico, es necesario distinguir entre los conceptos de *asociación* y *causalidad*. Una relación causal implica que se ha demostrado que la enfermedad es realmente inducida por el agente ambiental. Existen numerosos reportes en la literatura científica que alegan vínculos entre agentes ambientales y enfermedades. Por lo tanto, se necesita una guía para evaluar la verosimilitud de que la asociación refleja una relación causa-efecto. La más ampliamente

aceptada fue originalmente concebida por el estadístico británico Sir Austin Bradford Hill, y se presenta en la Tabla 3.3.

Esta guía no es absoluta, pero es útil para obtener consenso acerca de si un factor de riesgo conocido es una causa verdadera de la enfermedad en cuestión. Son necesarios muchos estudios para probar relaciones causales. A causa de que los estudios epidemiológicos no pueden ser controlados en igual forma que los experimentos de laboratorio, siempre están sujetos a mayor incertidumbre y requieren de una cuidadosa interpretación (Beaglehole, 1993).

Tabla 3.3 Pruebas de causalidad.

-
- Relación temporal: ¿La causa precede al efecto? (esencial)
 - Plausibilidad: ¿La asociación es consistente con otros conocimientos existentes?
 - Mecanismo de acción: ¿Existen evidencias en animales de experimentación?
 - Consistencia: ¿Se han obtenidos resultados similares en otros estudios?
 - Fortaleza: ¿Cuál es la fortaleza de la asociación entre la causa y el efecto? (riesgo relativo)
 - Relación dosis-respuesta: ¿El incremento de la exposición a la posible causa está asociado con el incremento del efecto?
 - Reversibilidad: ¿La eliminación de la posible causa conduce a una reducción del riesgo de la enfermedad?
 - Diseño de estudio: ¿La evidencia se basa en un diseño de estudio fuerte?
 - Juicio sobre la evidencia: ¿Cuántos elementos de la evidencia conducen a la conclusión?
-

Fuente: Beaglehole, 1993.

Una limitación importante de la mayoría de los estudios es la posibilidad estadística de que una asociación real pueda ser detectada en el estudio. Por ejemplo, para detectar un incremento de dos veces en las principales malformaciones congénitas (con el 95 % de certeza de que un incremento encontrado no se debe al azar, por ejemplo $\alpha = 0.05$, y con 80 % de probabilidades de encontrar un incremento real si éste está presente, por ejemplo $\beta = 0.20$), deben ser estudiados más de 300 nacidos vivos, como se muestra en la Tabla 3.4.

A pesar de estas limitaciones, los estudios epidemiológicos están disponibles para la evaluación de riesgos cuando se necesitan, a causa de que reflejan estadísticamente lo que les ocurre a las personas.

3.2.5 INVESTIGACIÓN DE AGRUPAMIENTOS (CLUSTER) Y ESTUDIOS ECOLÓGICOS

En su práctica diaria, los servicios de salud y los médicos se enfrentan regular-

Tabla 3.4 Tamaño de muestra requerido para detectar el doble de la incidencia base en efectos reproductivos.

Efecto reproductivo	Tamaño requerido por cada grupo*
Infertilidad	161 parejas
Abortos espontáneos	161 embarazos
Muertes al nacer	161 embarazos
Bajo peso al nacer	293 nacidos vivos
Defectos importantes al nacer	316 nacidos vivos
Mortalidad infantil	928 nacidos vivos
Retraso mental severo	4 493 nacidos vivos
Anomalías cromosómicas	8 951 nacidos vivos

* con $\alpha = 0.05$; $\beta = 0.20$. (Fuente: NIOSH, 1988.)

mente con agrupamientos de la enfermedad que hacen suponer una posible relación con factores ambientales. Un *agrupamiento* (cluster) de la enfermedad es la ocurrencia de un número de casos alto e inesperado en una determinada zona geográfica, período de tiempo y/o población. Un ejemplo de un agrupamiento geográfico es la relativamente alta ocurrencia de leucemia infantil en una comunidad rural que utilizaba agua de pozo contaminada con plaguicidas. El incremento de la ocurrencia de problemas respiratorios durante un período de neblumo de verano puede ser visto como un agrupamiento en el tiempo.

La investigación de agrupamientos ha identificado ocasionalmente factores ambientales que causaron la enfermedad sólo que en pocas situaciones ha sido demostrada la existencia de una relación causal entre la enfermedad y la exposición a factores adversos en el ambiente general.

Los agrupamientos que se sospecha están relacionados con factores ambientales usualmente reciben mucha publicidad. Muchos agrupamientos no son reales actualmente a causa de que los diagnósticos supuestos son incorrectos o incomprensidos. Otros son eventos casuales.

Un enfoque básico ha sido desarrollado para investigar agrupamientos reportados lo más eficientemente posible. El objetivo es verificar convenientemente: 1) si existe realmente un agrupamiento o si es una coincidencia o falso; 2) si existe en la actualidad exposición humana a un peligro ambiental; 3) si la relación entre estos amerita una investigación más profunda y/o acción. Aún si la respuesta a las dos primeras preguntas es afirmativa, queda por determinar si existe una relación causal entre el incremento del número de individuos enfermos y los relativamente altos niveles de exposición. Cada pregunta necesita ser seguida independientemente a causa de que cada una requiere una acción más profunda si es positiva, aún cuando la otra sea negativa.

Un estudio ecológico es un estudio basado en que la unidad de análisis es el grupo poblacional o región, y no el individuo. Típicamente, las regiones involucran a personas que viven en una zona geográfica tal como una región censal, país o provincia. Para cada grupo o región el nivel promedio de exposición al agente en cuestión y la tasa de la enfermedad en cuestión se determina independientemente. No se conoce si los individuos que han estado expuestos son los mismos que desarrollan la enfermedad. Como los niveles de exposición de los individuos no pueden estar relacionados a la ocurrencia de la enfermedad en los mismos individuos, los diseños ecológicos son por sí solos incompletos como evidencia de asociación causal, aunque pueden ser muy útiles para otros propósitos. Los estudios ecológicos son también una opción poco costosa para asociar datos de salud disponibles o sistemas de registro con datos de salud ambiental. Con frecuencia otras variables importantes, como las sociodemográficas y otras de los censos, están disponibles para asociar a las regiones y son utilizadas para resumir los datos de morbilidad y mortalidad. La Figura 3.6 ilustra los hallazgos de un estudio ecológico sobre la relación entre la sal vendida en un país y las tasa de mortalidad por cáncer del esófago.

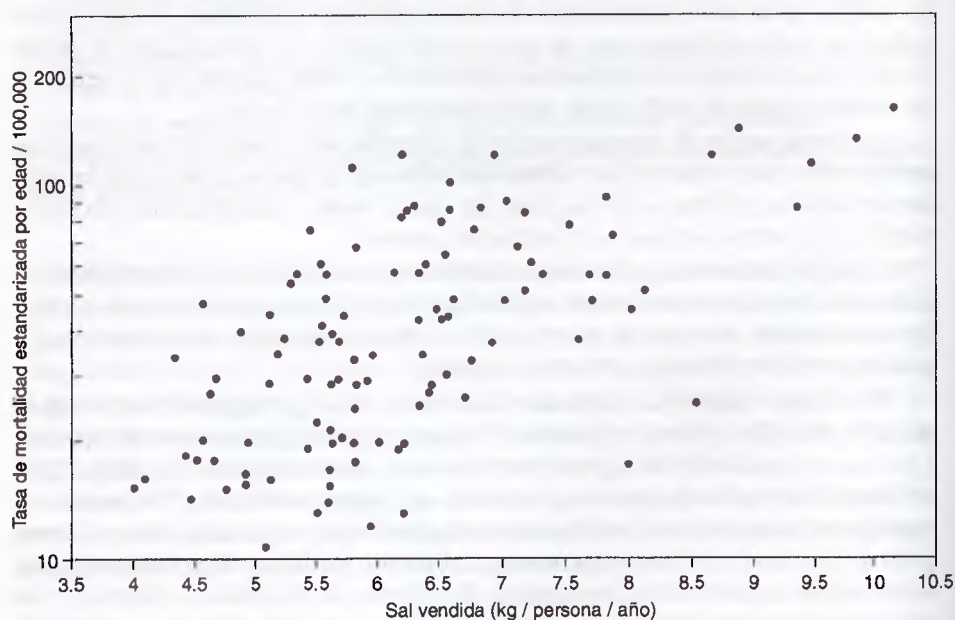


Figura 3.6 Relación entre la sal vendida en condados chinos y las tasas de mortalidad por cáncer de esófago. (Reimpresión de Beaglehole *et al.*, 1993.)

Los estudios ecológicos pueden ser clasificados en 5 tipos de diseños básicos que difieren de acuerdo al método de selección del estudio y de los métodos de análisis. Estos son estudios exploratorios, estudios de agrupaciones espacio-temporales, estudios de grupos múltiples, estudios de tendencia temporal y estudios cruzados.

3.3 Identificación del peligro en el terreno

Con base en datos toxicológicos y epidemiológicos se pueden identificar los efectos potenciales para la salud de las sustancias peligrosas. Estos métodos de investigación han sido aplicados en la identificación de peligros ambientales. Sin embargo, la identificación de peligros en una situación específica de contaminación industrial requiere un enfoque diferente. Más frecuentemente, se hace ejecutando *evaluaciones de peligros para la salud y auditorías de peligros*, los cuales involucran un recorrido por la planta (o instalación comunitaria) y la investigación de todas las operaciones. La diferencia entre los dos es que en la evaluación de peligros para la salud el *recorrido* se hace para identificar la causa de un problema particular, pero en una auditoría de peligros, todos los peligros potenciales son examinados.

3.3.1 AMBIENTE OCUPACIONAL

En el ambiente laboral, puede ser relativamente fácil hacer un inventario de todos los peligros potenciales. Esto se facilita por un registro exacto o sistema de trayecto de todas las sustancias químicas que son frecuentemente usadas o almacenadas, lo cual desafortunadamente no es siempre el caso. Con el fin de hacer un inventario de peligro por sustancias químicas, la identidad del producto, es por supuesto, crucial. A partir del conocimiento de qué producto se utiliza se puede conocer qué lo compone y cuáles de sus constituyentes son peligrosos. La identificación de las sustancias químicas en un producto puede ser difícil si el fabricante no es obligado por la ley a informar sobre los ingredientes, o si el material no es adecuadamente etiquetado, o si la composición del producto está protegida como secreto comercial.

3.3.2 AMBIENTE GENERAL

En el caso de fuentes puntuales de contaminación, tal como una planta industrial específica, los peligros pueden ser establecidos sobre la base del tipo de material utilizado y el método de producción. Sin embargo, la identificación de peligros por sustancias químicas es usualmente difícil en ambientes no controlados, tales como sitios de enterramientos ilegales, o áreas industriales abandonadas. Por ejemplo, los peligros por sustancias químicas de una contaminación del suelo

sospechada pueden ser mínimos. Otra forma es la verificación de si existe información en la comunidad respecto a actividad industrial anterior u otras actividades en el sitio sospechoso. Con base en los resultados de esta encuesta, puede organizarse una investigación más amplia en una dirección específica. Sin embargo, si no existen registros o no pueden ser descritas actividades industriales por obreros antiguos la situación se vuelve mucho más difícil. En tal caso, debe ser ejecutado el análisis químico de muestras para determinar la naturaleza de la contaminación. Ya que es demasiado costoso el tamizaje de todos los contaminantes posibles, el análisis químico tiene que concentrarse en componentes *marcadores* específicos. Por ejemplo, el análisis de benzo alfa (α) pireno puede ser usado como un marcador de la contaminación con hidrocarburos aromáticos policíclicos, dieldrín para plaguicidas y tolueno para compuestos orgánicos volátiles. Estos métodos de tamizaje tienen su limitación.

3.4 La relación entre dosis y efecto en la salud

3.4.1 RELACIONES DOSIS-EFECTO Y DOSIS-RESPUESTA

Los términos “dosis-respuesta” y “dosis-efecto” se utilizan frecuentemente con el mismo significado. Estrictamente hablando, sin embargo, la relación *dosis-respuesta* describe la relación entre la proporción de individuos en un grupo expuesto que demuestra un efecto definido, y la dosis. Una relación *dosis-efecto* describe la relación entre la severidad de un efecto para la salud y la dosis. Estos son mostrados conceptualmente en las Figuras 3.7 y 3.8, respectivamente.

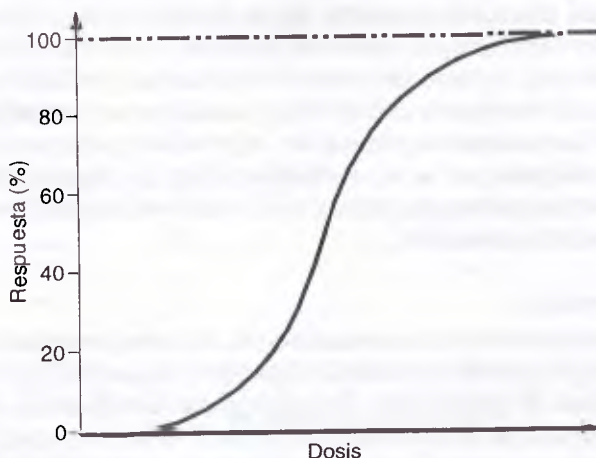


Figura 3.7 Relación dosis-respuesta. (Reimpresión de Beaglehole *et al.* 1993.)

Una jerarquía de efectos puede ser identificada para la mayoría de los peligros, en el intervalo de enfermedad aguda y muerte hasta enfermedad crónica y prolongada, desde dolencias menores y temporales a cambios conductuales o fisiológicos temporales, como se muestra en la Tabla 3.5.

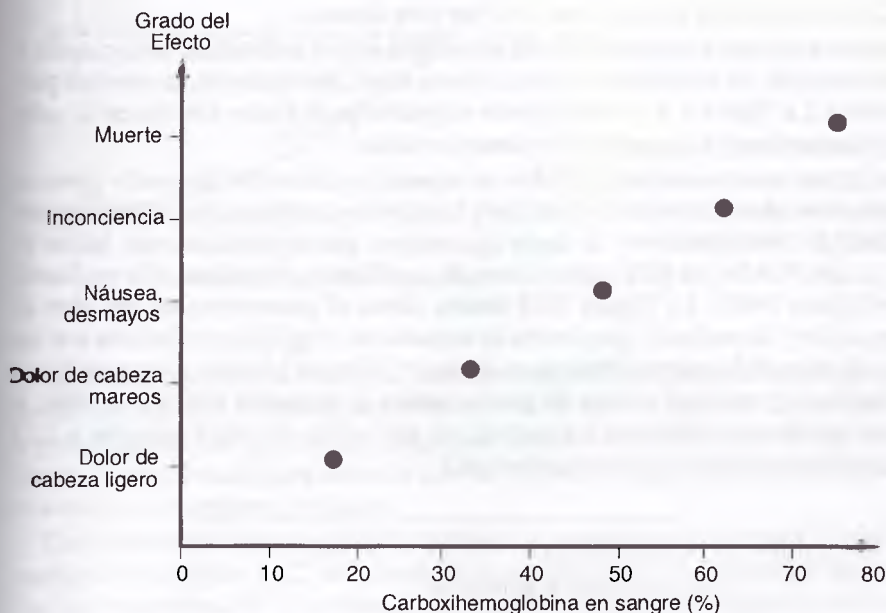


Figura 3.8 Relación dosis-efecto. (Reimpresa de Beaglehole *et al.*, 1993.)

Tabla 3.5 Intervalos de efectos sobre la salud humana debido a la exposición ambiental.

- Muerte prematura de muchos individuos
- Muerte prematura de algún individuo
- Enfermedad aguda severa o discapacidad importante
- Enfermedad crónica debilitante
- Discapacidad menor
- Enfermedad menor temporal
- Incomodidad
- Cambios conductuales
- Efectos emocionales temporales
- Cambios fisiológicos menores

Las relaciones dosis-respuesta son considerablemente diferentes para los no carcinógenos (los cuales se considera que tienen un umbral) y los carcinógenos (los cuales se considera que no tienen un umbral) como se discute más ampliamente a continuación.

3.4.2 EL CÁLCULO DE RIESGOS PARA EFECTOS CON UMBRAL

Algunas sustancias tienen un efecto específico en los individuos sólo cuando la concentración de la sustancia alcanza cierto nivel, por ejemplo, un *umbral* para el efecto. La Figura 3.9 ilustra la dosis-respuesta para varios efectos en la salud de la concentración sanguínea de plomo en niños.

Algunas veces el número de años de exposición tiene que ser usado como un indicador de dosis, cuando la duración y los niveles de exposición no se conocen. Cuando la concentración y la dosis se conocen, puede calcularse un índice de dosis. Esto fue hecho para trabajadores de una fábrica de mantequilla en Suecia (Kjellstrom 1996). La Figura 3.10 ilustra cómo el incremento en los años de exposición y la media de los niveles de exposición (mg/día) se relaciona con los altos niveles de β_2 microglobulina en orina (> 290 mg/L) la cual es una medición de disfunción renal. (La línea de puntos indica la respuesta máxima posible, si todos los obreros retirados y muertos con un índice de dosis superior a 12.5 tenían altos niveles de β_2 microglobulina.)

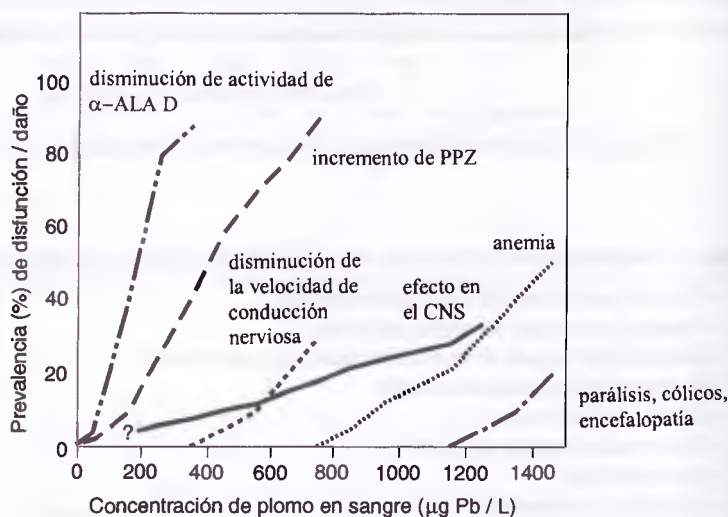


Figura 3.9 Curva dosis-respuesta para varios efectos del plomo sobre la salud en niños. (Reimpresión de Elinder *et al.*, 1999. Fuente: Friberg *et al.*, 1986 y Skerfving, 1988.)

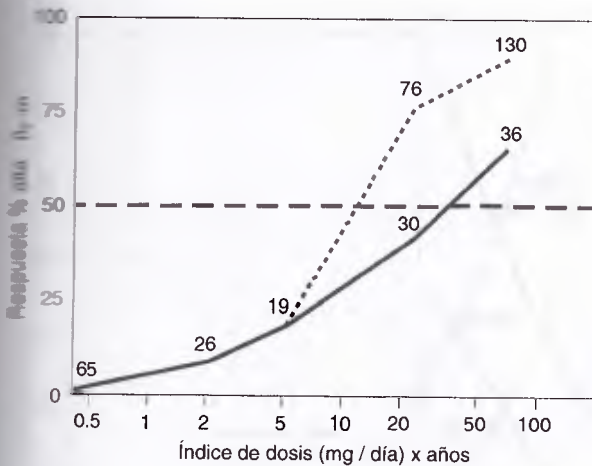


Figura 3.10 Relación dosis-respuesta para niveles altos de β_2 microglobulina (β_2 -m) en orina. (Fuente: Kjellström, 1986.)

Las relaciones dosis-respuesta también pueden ser obtenidas para peligros físicos. La Figura 3.11 ilustra la relación entre los niveles sonoros en el trabajo y el porcentaje de los que tienen problemas auditivos de acuerdo a la edad de la fuerza laboral. Esta figura muestra que la relación dosis-respuesta es diferente en los distintos grupos de edades.

Las relaciones dosis-respuesta también se aplican a accidentes. Como se muestra en la Figura 3.12, la velocidad se empleó como un indicador de dosis. Con un incremento de la velocidad, hay un incremento del riesgo de daños no fatales en una colisión. Esta figura también muestra que el uso de cinturones de seguridad reduce el riesgo de daños en alrededor del 50 %.

El concepto de relación dosis-respuesta se extiende a problemas psicológicos. Como se muestra en la Figura 3.13, a medida que es mayor el nivel de ruido, mayor es el porcentaje de personas molestas por esto. Esta figura también muestra que un alto nivel de molestia se encontró a un nivel dado de ruido en un estudio de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos comparado con el de otro investigador.

3.4.3 UMBRALES Y OTRAS IMPORTANTES REFERENCIAS (NEANO, NEAMBO, NENO, IDA)

Un *NEANO* (Nivel de efecto adverso no observado) es el punto de una curva dosis-respuesta en la cual se alcanza un umbral. Antes de este nivel, no existen síntomas, o nuestra tecnología no es suficiente para detectar un problema (dependiendo de la situación). Con frecuencia se encuentra en estudios con anima-

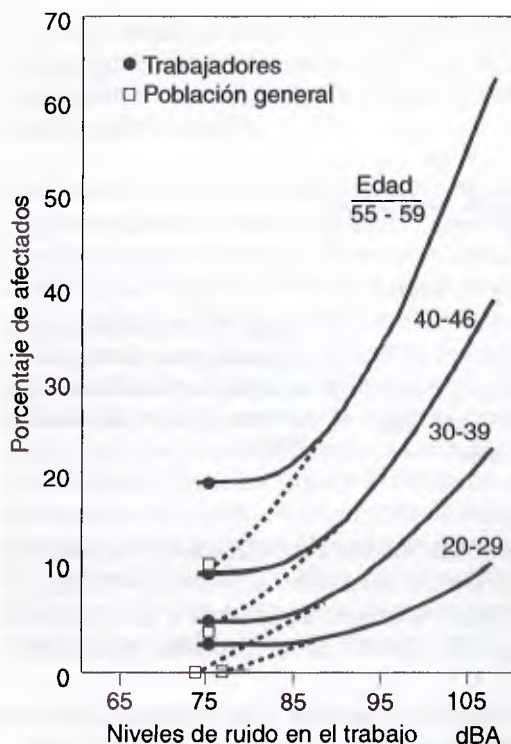


Figura 3.11 Relaciones dosis-respuesta entre los niveles sonoros laborales y el porcentaje de trabajadores con dificultades auditivas en diferentes grupos de edades. (Fuente: OMS, 1980a.)

les. Un *NEAMBO* (Nivel de efectos adversos más bajo observado), de forma similar es el menor nivel al cual se detectan algunos síntomas. (Ver Figura 3.14). Un *NENO* (Nivel de efectos no observados) es el nivel en que ningún efecto, ni bueno ni malo es detectado.

Todos los individuos están constantemente expuestos a sustancias químicas ambientales, sean tóxicas o no. Lo que debe ser determinado es qué magnitud de exposición a estas sustancias químicas es considerada excesiva. Esto es usualmente hecho por agencias oficiales (por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental de los EUA) aplicando estudios con animales y epidemiológicos. De estos estudios se obtiene una *ingestión diaria admisible* (IDA) o *ingestión diaria tolerable* (IDT) (dependiendo de la jurisdicción). Esto indica la cantidad de una sustancia química con umbral que puede ser consumida por los individuos sin afectar su salud. La IDA es usualmente el *NEANO* (o *NEAMBO*) dividido por factores de incertidumbre (que se discuten seguidamente).

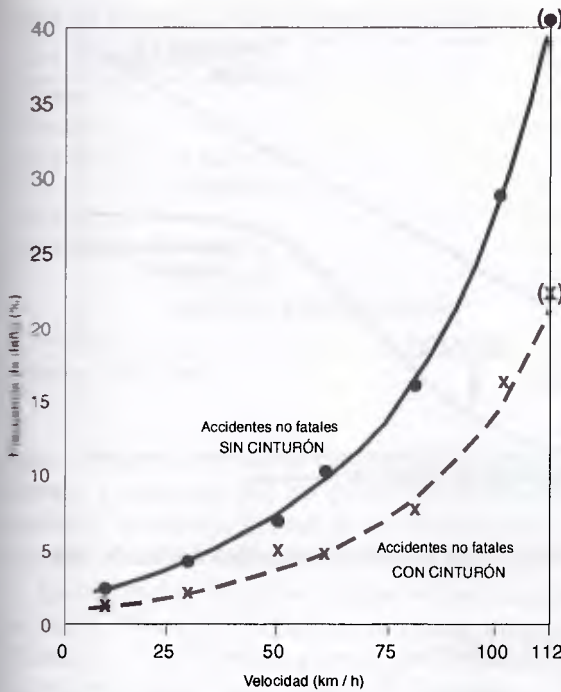


Figura 3.12 Relación dosis-respuesta entre velocidad y riesgo de accidente según el uso o no de cinturón de seguridad. (Reimpresión de Beagle-hole *et al.*, 1993)

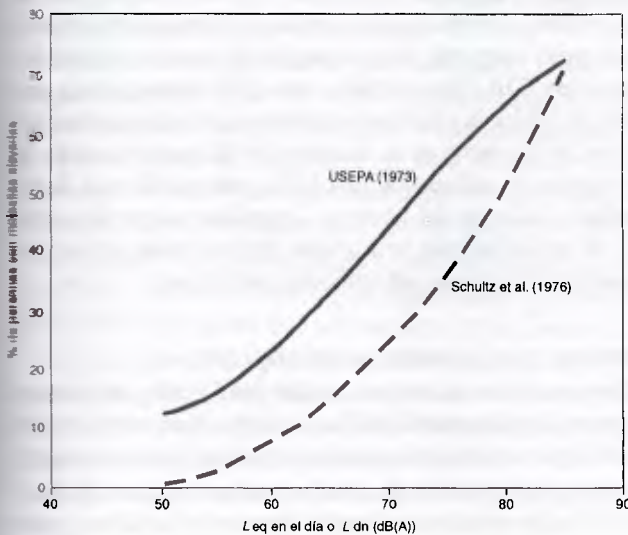


Figura 3.13 Relación dosis-respuesta entre nivel de ruido y molestia. (Fuente: OMS, 1980a.)

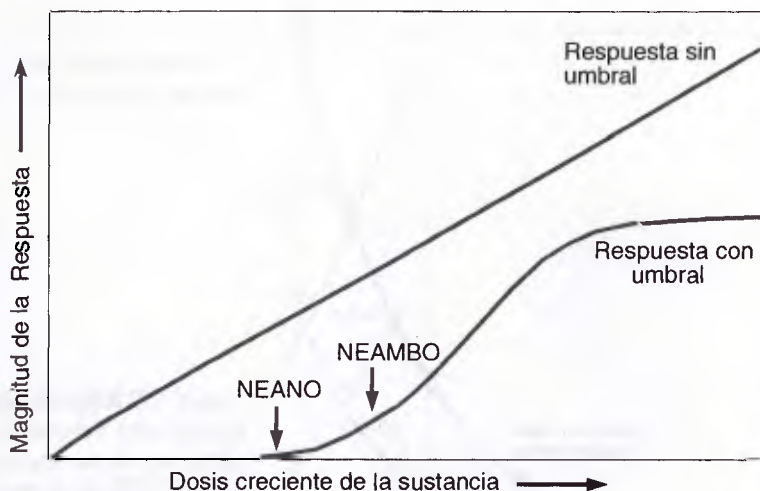


Figura 3.14 Ilustración del NEANO y del NEAMBO. (Fuente: Health Canada, 1993.)

$$IDA = \frac{NEANO}{NEAMBO}$$

Las IDA pueden ser empleadas como referencia en el establecimiento de guías para proteger a los individuos. En los cálculos reales, el tiempo y los factores dosimétricos (tales como peso corporal, área superficial, tasa de absorción) deben ser especificados para una IDA. Por ejemplo, una IDA es preparada con frecuencia para una persona de 70 kg la cual está expuesta a un tóxico durante tres horas al día (esto se aborda de nuevo en la sección de “Caracterización de Riesgo”, así como en el ejemplo de cálculo de una IDA, más adelante). Éstas son frecuentemente revisadas a la largo del tiempo, a medida que se descubre nueva información a partir de estudios más profundos. En la Tabla 3.6 se dan ejemplos de IDA (denominados IDT en esa jurisdicción particular).

3.4.4 FACTORES DE INCERTIDUMBRE EN EL ESTABLECIMIENTO DE UMBRALES

Generalmente no es posible especificar un umbral exacto para cualquier sustancia, por una variedad de razones. La vulnerabilidad de los individuos varía; existe considerable diversidad fisiológica en las poblaciones humanas; las técnicas de medición tienen sus limitaciones; los métodos de estudio son con frecuencia limitados; a muy bajas exposiciones, los efectos no son fácilmente detectables, y los

Tabla 3.6 Ingestión Diaria Tolerable de Contaminantes Seleccionados.

No carcinógenos		Ingestión diaria tolerable
Cobre		0.05 - 0.5 mg/kg/día
Endrin		1.0 µg/kg/día
Plomo	Adultos	7.14 µg/kg/día
	Lactantes	3.57 µg/kg/día
Mirex		0.028 µg/kg/día
Mercurio	Metil Hg	0.47 µg/kg/día
	Hg Total	0.71 µg/kg/día
	(metil Hg + Hg inorgánico)	
Estaño		2 mg/kg/día

Fuente: HC, 1993

datos relativos al extremo superior de la curva pueden ser también difíciles de obtener a causa de que las exposiciones masivas son relativamente raras. No obstante, la esencia del uso de las curvas dosis-respuesta es predecir las consecuencias de exposiciones muy altas y muy bajas.

La extrapolación de datos de animales a humanos tiene dos problemas fundamentales. Primero, el efecto en el animal estudiado puede no ser aplicable simplemente a los humanos a causa de diferencias fisiológicas entre las especies (como se discutió en el Capítulo 2). Segundo, la proyección de la respuesta desde un intervalo de altas dosis a un intervalo de bajas dosis involucra varias suposiciones que pueden no ser exactas.

El *factor de seguridad* (o incertidumbre) refleja el grado de incertidumbre que puede ser incorporado en la extrapolación de datos experimentales a la población humana. Cuando la calidad y cantidad de los datos sobre dosis-respuesta es alto, el factor de seguridad es bajo. Cuando los datos son inadecuados o equivocados, el factor de seguridad debe ser muy alto. (Sin embargo, los factores de seguridad no se aplican para carcinógenos, como se discute a continuación).

El Comité de Agua de Segura para Beber de la Academia Nacional de Ciencias (NAS, siglas en inglés) y la Agencia de Protección Ambiental en EUA han desarrollado las guías que se muestran en la Tabla 3.7.

Un ejemplo de la aplicación de un factor de seguridad para calcular una IDA se muestra en el Cuadro 3.4, aunque en este ejemplo el cálculo se amplía para dar información acerca de la dosis aceptada para la ingestión de agua, y no para la ingesta de todas las fuentes combinadas.

La Figura 3.15 es una relación dosis-respuesta general que muestra cómo los riesgos a bajos niveles de exposición pueden ser calculados por extrapolación a

Tabla 3.7 Factores de seguridad (incertidumbre).

- Factor x 10 - se aplica a los datos de estudios experimentales válidos de ingestión humana prolongada; esto protege a los miembros sensibles de la población.
- Factor x 100 - se aplica cuando no están disponibles resultados experimentales de ingesta en humanos, o son inadecuados pero existen resultados válidos de estudios sobre ingesta prolongada en una o más especies de animales experimentales; esto considera la extrapolación interespecie.
- Factor x 1000 - se aplica cuando no existen datos crónicos o agudos en humanos y sólo se dispone de escasos resultados en animales de experimentación; se aplica para considerar la extrapolación interespecies, y de efectos agudos a crónicos, así como para proteger a los miembros sensibles de la población.

Cuadro 3.4

Cálculo de la Ingesta Diaria Admisible

Los estudios con animales a varias dosis de para-diclorobenceno han demostrado hepato y nefrotoxicidad, así como daño pulmonar y otros efectos. Un estudio de instilación gástrica (exposición directa en el estómago) durante un año en conejos usando grupos de 5 animales a los cuales se les suministró una dosis entre 0 y 1 000 mg de para-diclorobenceno por kg de peso corporal al día, durante 5 días por semana, dió como resultado pérdida de peso, temblores y efectos en el hígado. El nivel de efecto adverso no observado (NEANO) más alto fue 357 mg de para-diclorobenceno por kg al día. Un estudio subcrónico indicó un NEANO de 150 mg de para-diclorobenceno por kg de peso corporal en la rata expuesta por instilación gástrica, y esta cifra fue usada para calcular la IDA en humanos. La IDA provisional fue calculada como sigue:

(Recordar que $IDA = NEANO/FI$ (tomando en consideración los factores dosimétricos)

$$IDA = (150 \text{ mg/kg de peso corporal día}) \times (70 \text{ kg/persona}) \times (5 \text{ días/7 días semana}) / (100 \times 10)$$

$$IDA = 7.5 \text{ mg/persona día}$$

Cien es el factor de seguridad apropiado para usar con un NEANO obtenido en estudios con animales sin datos humanos comparables; diez es un factor de seguridad adicional a causa de que la duración de la exposición en el experimento fue significativamente menor que el tiempo de vida.

Como no existen datos disponibles de la contribución de los alimentos y el aire a la exposición, se escogió arbitrariamente un 20% como el máximo aporte del agua de bebida. Si la ingestión diaria de agua por persona se asume como 2 litros al día, la IDA asignada (IDAA) para el agua es:

$$IDDA = IDA \times \text{aporte del agua}$$

$$2 \text{ litros/día}$$

continúa...

$$= \frac{7.5 \text{ mg/día} \times 20 \%}{2 \text{ litros/día}}$$

$$= 0.75 \text{ mg/l}$$

Esta cifra representa la máxima cantidad de para-diclorobenceno que un individuo puede ingerir con el agua al día, con una seguridad relativa de que el individuo no sufrirá ningún daño para la salud. Se debe tener precaución al interpretar este número, debido a las múltiples suposiciones, extrapolaciones, etc. que se han usado para calcularlo.

Fuente: de Koning, 1987

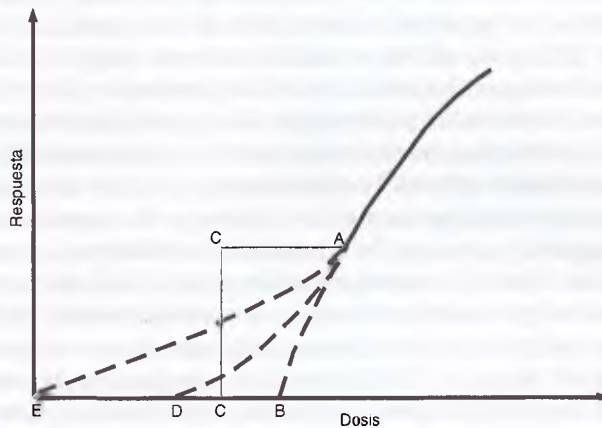


Figura 3.15 Relación dosis-respuesta de los diferentes estimados probables a niveles más bajos de dosis (Reimpresión de Koning, 1987.)

partir de las observaciones en los intervalos medios. La línea completa hasta el punto A es la curva dosis-respuesta, determinada mediante un experimento con múltiples dosis. Las curvas AB, AD y AE son curvas dosis-respuesta posibles a bajas dosis, siendo los puntos B, D y E los umbrales respectivos para los efectos adversos en la población humana.

En el establecimiento de una concentración IDA (punto C), se aplica un factor de seguridad o incertidumbre seleccionado. Si la curva AB es la curva verdadera del efecto, entonces el valor IDA calculado será más bajo que la dosis umbral, indicando, por tanto, que el factor de seguridad era apropiado. Sin em-

bargo, si AD ó AE es la verdadera curva dosis-efecto entonces la ADI calculada sería muy grande, y el factor de seguridad muy pequeño. En este caso, algunos individuos de la población sufrirán efectos adversos. El tamaño de la diferencia entre los puntos C y B es también de interés, a causa de que si es excesivamente grande, los costos en métodos de control serán mayores que los necesarios.

Una vez que la dosis umbral para una sustancia tóxica ha sido determinada para la población sana normal, se deben hacer consideraciones para los grupos de alto riesgo tales como lactantes, niños pequeños, ancianos, mujeres embarazadas y sus fetos, los desnutridos, los enfermos, los individuos con trastornos genéticos, y aquellos expuestos a otros peligros ambientales para la salud. La susceptibilidad mayor de los fetos y lactantes ha sido bien documentada. Por ejemplo, muchos niños japoneses nacidos de madres expuestas al metil-mercurio en pescado, en Minamata, sufrieron malformaciones congénitas aún cuando la madre tuvo poco o ningún síntoma de intoxicación por mercurio. El hecho de que las deficiencias nutricionales incrementan la susceptibilidad está también bien documentado. Las deficiencias dietarias de calcio y hierro intensifican significativamente la toxicidad del plomo. Los individuos que sufren de enfermedad renal, por ejemplo, pueden experimentar mayores efectos por la exposición a metabolitos tóxicos que requieren su excreción a través de los riñones y el trastorno de la función hepática afecta la transformación metabólica, particularmente la detoxificación de algunos contaminantes o su excreción en la bilis. También, los individuos que sufren de enfermedades cardiovasculares o respiratorias están sometidos a mayor riesgo por los efectos del monóxido de carbono o del bióxido de azufre. La lista continúa. Puede, por tanto, ser necesario aplicar un factor de seguridad adicional a la dosis que es tóxica para la población general, en un esfuerzo para proteger a los grupos más susceptibles.

3.4.5 EL CÁLCULO DE RIESGOS PARA EFECTOS SIN UMBRAL

Los individuos padecen de cáncer o no, y la probabilidad es la de un evento de "todo o nada". Una mayor exposición no conduce a un cáncer peor, pero sí al incremento de la probabilidad de padecerlo. De igual forma, un nivel de exposición más bajo no significa que la magnitud del efecto es menor, de ahí que una curva dosis-efecto se considera irrelevante para las evaluaciones que involucran carcinógenos. La curva dosis-respuesta, sin embargo, es muy importante, y se acepta generalmente que la curva de dosis-respuesta que no asume un umbral es la herramienta preferida para analizar el riesgo asociado con la exposición a carcinógenos. El argumento contra un umbral es que una mutación puntual del ADN puede conducir a un crecimiento incontrolado de una célula somática, que

eventualmente produce cáncer. Puede argumentarse que diferentes individuos tienen diferentes umbrales debido a los mecanismos de reparación genéticas, y a las defensas inmunológicas, pero estas son hipótesis que no se pueden probar fácilmente.

En el modelo de etapas múltiples de carcinogénesis, discutido en el Capítulo 2, una célula debe pasar a través de varias etapas antes de que un tumor sea irreversiblemente iniciado. La tasa a la cual las células pasan a través de estas etapas es una función de la tasa de dosis. En el modelo de impactos múltiples, la dosis se relaciona con el número de impactos al tejido sensible que se requiere para iniciar un cáncer. La diferencia más importante entre los modelos de etapas múltiples y de impactos múltiples es que en los modelos de impactos múltiples todos los impactos deben ser resultado de la dosis, mientras que en el modelo de etapas múltiples el paso a través de algunas de las etapas puede ocurrir espontáneamente. El modelo de impactos múltiples predice un riesgo menor a dosis bajas que el modelo de etapas múltiples. Además de los modelos de impacto único, de impactos múltiples, y el de etapas múltiples, existen otros modelos que explican las relaciones dosis-respuesta entre los carcinógenos y el cáncer. Cada uno de los diferentes modelos está asociado a diferentes curvas dosis-respuesta.

De la forma en que se calcula una IDA para agentes con umbral como el mercurio, se puede calcular una *dosis de riesgo específica* para agentes sin umbral tal como el radón. En el caso de un agente con umbral, como se describió antes, el NEANO puede ayudar a la agencia responsable en el establecimiento de la IDA. En el caso de un agente sin umbral, a cualquier concentración de éste puede causarse cáncer en algunos individuos de la población. Por lo tanto, usualmente es deseable reducir el agente hasta el nivel más bajo posible, considerando que es imposible eliminarlo completamente. Para el establecimiento de un valor guía debe ser determinado un *nivel aceptable de riesgo* (NAR). Esto es esencialmente una cuestión de juicio. Una muerte en un millón de personas en riesgo se considera en algunos países que es un nivel aceptable de riesgo para muchas situaciones, pero puede haber circunstancias en que un riesgo mayor, por ejemplo 1 en 100 000, es considerado tolerable si el riesgo se balancea con un beneficio considerable. (Debe tomarse en cuenta que un incremento de mortalidad en la población general a una tasa tan baja pudiera ser virtualmente imposible de detectar por las técnicas epidemiológicas actuales).

3.5 Evaluación de la exposición humana

3.5.1 OPCIONES EN EL ENFOQUE

La exposición humana se define como la oportunidad de absorción por el organismo o de acción en el organismo como resultado del contacto con un agente

químico, biológico o físico. Ya han sido explicadas las distintas vías de exposición. Las *unidades* de exposición a una sustancia química son usualmente la concentración multiplicada por el tiempo (por ejemplo mg/mL/h). El término *exposición total* implica que se ha hecho un intento de tomar en consideración todas las exposiciones al contaminante sin tener en cuenta el medio o la vía de exposición. Como se muestra en la Figura 3.16 las exposiciones por el aire, agua, suelo y alimentos son los primeros puntos a considerar cuando se evalúa el trayecto desde las fuentes de contaminación hasta los efectos y la enfermedad.

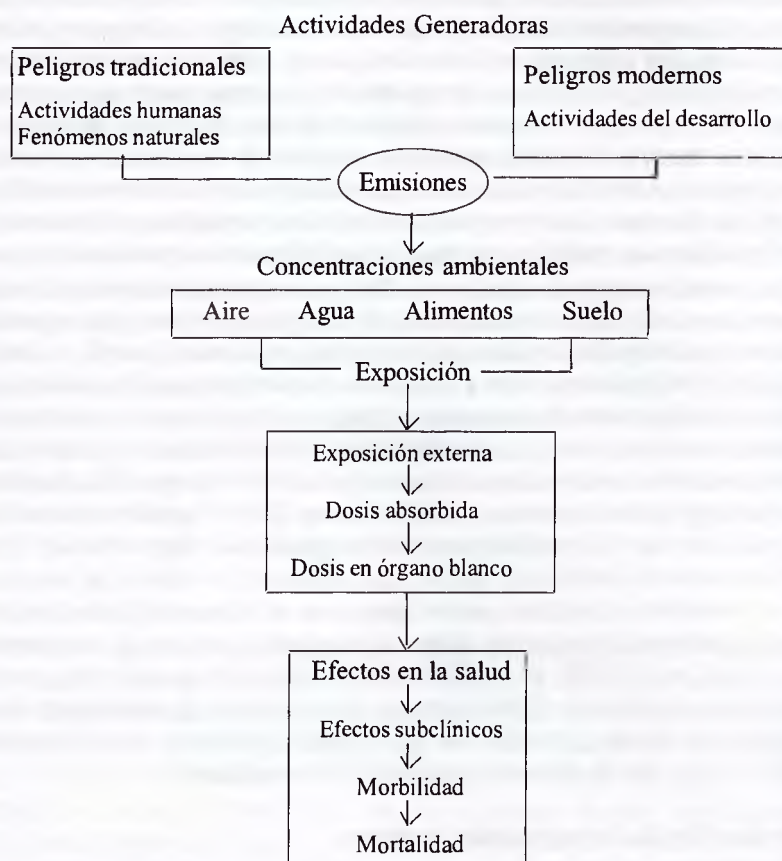


Figura 3.16 Trayectoria de las fuentes y los efectos de los contaminantes.
(Fuente: Corvalam y Kjelstrom, 1995.)

El parámetro crítico con respecto a la salud es actualmente la dosis, ya que ella identifica directamente la cantidad del contaminante que tiene el potencial de afectar al órgano blanco. (Esto puede hacerse aún más específico. La *dosis interna* se refiere a la cantidad de contaminante absorbido en los tejidos corporales a través de la inhalación, la ingestión o la absorción dérmica. Mientras, la *dosis biológicamente efectiva* es la cantidad de los contaminantes absorbidos o depositados que contribuyen a la dosis en el sitio blanco, en el cual ocurre el efecto adverso). La *dosis total* es el término usado para indicar la suma de todas las dosis de un contaminante recibidas por una persona en un intervalo de tiempo dado por interacción con todos los medios.

Como la dosis es difícil de medir, el parámetro usualmente considerado es la exposición. Por lo tanto, los reguladores usualmente establecen reglas y regulaciones que están directamente asociadas a la reducción de la exposición como contraposición a la dosis. La dosis puede entonces ser calculada sobre la base de la exposición, varias suposiciones, y modelos en animales. Aunque tales estimados a menudo tienen grandes incertidumbres, son un parámetro más práctico que la dosis. En cualquier caso, debe quedar claro que la medición de la exposición, no de la concentración, es el parámetro crítico ya que está más directamente relacionada con los efectos para la salud. Para expresarlo simplemente, si alguien no inhala, ingiere o absorbe por la piel el contaminante, no hay exposición y por tanto, no hay efecto en la salud. Por lo tanto, debe ser enfatizado que en todas las investigaciones se evalúen las medidas de exposición y no de concentración. La exposición se considera usualmente para un solo medio a la vez. Sin embargo, cualquier evaluación de riesgo que intente maximizar las estrategias de mitigación debe establecer los riesgos relativos para todos los medios y vías de entrada.

Ejercicio de estudio

Considere toda la información necesaria para evaluar la exposición humana a un peligro específico. Considere cómo puede ser obtenida esta información.

La *evaluación de la exposición* puede hacerse en varios puntos a lo largo del trayecto descrito en la Figura 3.16. El *monitoreo ambiental* mide las concentraciones de contaminantes a los cuales los individuos están expuestos. El *monitoreo biológico* usualmente mide la dosis. Cada uno de estos puede ser subdividido. El *muestreo de área* mide las concentraciones sin tener en cuenta

la magnitud de la contaminación actual, mientras que el *muestreo personal* mide más directamente las concentraciones a las cuales un individuo está expuesto a través de un período de tiempo. De forma similar, el monitoreo biológico puede también ser subdividido en una forma que refleje la magnitud en la cual el *marcador biológico* que es muestreado es una medida de dosis, un marcador de efecto, o un marcador de susceptibilidad.

Otro enfoque para discutir la evaluación de la exposición es dividir los tipos de monitoreo en directos e indirectos como se indica en la Figura 3.17. El *monitoreo ambiental personal*, así como el monitoreo biológico se consideran como enfoques directos; mientras que el *monitoreo ambiental de área*, así como los cuestionarios, diarios y modelos matemáticos se consideran indirectos.

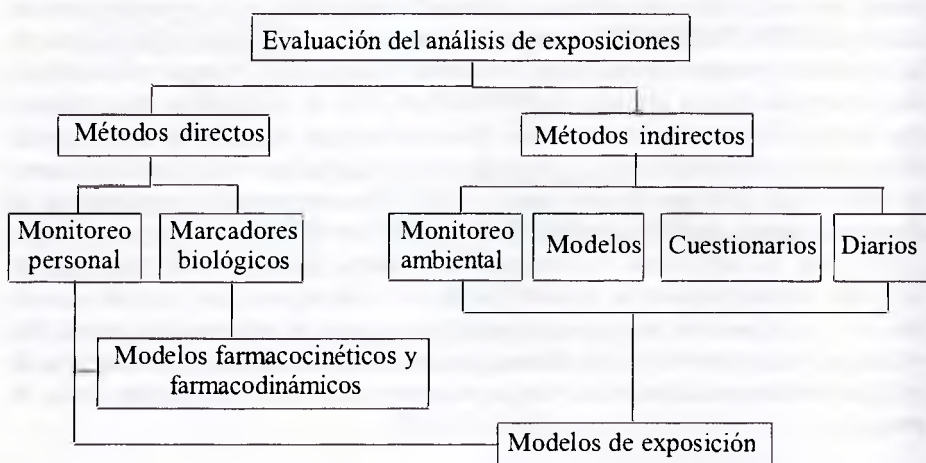


Figura 3.17 Enfoques directos e indirectos para el análisis de exposiciones.
(Fuente: NRC, 1991.)

3.5.2 MONITOREO DE LA EXPOSICIÓN PERSONAL

Los instrumentos para el monitoreo personal de aire proporcionan medidas directas de la concentración de contaminantes del aire en la zona de respiración de un individuo. Generalmente, los muestreadores usados por individuos registran las concentraciones integradas en el tiempo o colectan muestras integradas en el tiempo. Estos deben ser instrumentos que midan las concentraciones directa-

mente (en el caso de los primeros) o que requieren análisis de laboratorio (como es generalmente el caso en los segundos). Los muestreadores pueden ser tanto activos (que requieren un compresor para mover el aire) o pasivos (que no requieren compresor y colectan a los contaminantes del aire por difusión).

Con respecto a los contaminantes del agua, una medida directa consiste en el muestreo de la fuente de agua, tal como un grifo, o del agua actualmente bebida. Con respecto a los alimentos, se analizan porciones duplicadas de la comida. En este método, un individuo debe coleccionar una segunda porción de todo lo que consumió. Esta comida duplicada se homogeniza y se hace el análisis del compuesto de interés.

La medición directa de exposición a través de la piel en un ambiente ocupacional ha sido establecida colocando parches en la piel. Después de un día de trabajo los parches se retiran, se extraen y se analizan. La efectividad del empleo de guantes para proteger de la exposición a través de la piel puede establecerse en una forma similar. Se analizan guantes de algodón que han sido utilizados bajo guantes de látex, para agentes químicos específicos, después de la manipulación. Los resultados pudieran indicar si y en que medida el compuesto de interés puede penetrar los guantes. Con base en estos resultados, puede recomendarse con qué frecuencia deben ser sustituidos los guantes para prevenir la exposición.

3.5.3 MONITOREO BIOLÓGICO

En el monitoreo biológico el contaminante de interés, su metabolito (ver Capítulo 2) o el producto de interacción entre éste y alguna molécula o célula blanco se mide en el tejido corporal relevante. Si el plomo es el contaminante de interés, por ejemplo, se puede ejecutar un muestreo de área para determinar las operaciones asociadas con las mayores concentraciones de plomo; debe ejecutarse un muestreo de aire personal para la exposición a plomo, deben determinarse los niveles de plomo en sangre en los obreros expuestos, para medir la dosis, o un marcador de efecto tal como la *protoporfirina eritrocitaria libre* (PEL) debe ser evaluado.

Un *marcador* de efecto debe ser una alteración bioquímica, fisiológica o de otro tipo, medible en un organismo que, dependiendo de su magnitud, se reconozca que tiene un potencial para causar un daño en la salud o enfermedad (NRC, 1991). Algunos marcadores de efectos indican cambios adaptativos que no son en sí mismos patológicos. Esto en ocasiones representa una situación clínica difícil, por ejemplo, con respecto a la compensación a los obreros (ver Capítulo 10). Se le puede comunicar a una trabajadora que tiene una elevada PEL, pero

no síntomas claros de intoxicación con plomo. En este caso, en la mayoría de las jurisdicciones, pudiera no ser considerada compensable por un buró de compensación laboral. También, estos marcadores pueden tener varias interpretaciones y factores de confusión actuando sobre ellos. Por ejemplo, la PEL puede estar proporcionalmente elevada debido a una deficiencia de hierro; asimismo, la presencia de *carboxihemoglobina* (COHb) en sangre indica que la exposición a monóxido de carbono está ocurriendo, pero la fuente puede ser la inhalación del monóxido de carbono o el metabolismo del cloruro de metileno, o también puede ser debida a anemia hemolítica con un incremento de la ruptura de la hemoglobina.

El monitoreo biológico para marcadores de susceptibilidad es un área de muchas controversias. Los marcadores de susceptibilidad pueden estar relacionados con variaciones inducidas en la absorción, metabolismo y respuesta a agentes ambientales. Por ejemplo, la medición de la reactividad de las vías aéreas a los broncoconstrictores inhalados puede ser empleado como un marcador de susceptibilidad al asma.

En la Tabla 3.8 se muestran ejemplos de algunos marcadores biológicos de exposición. Recientemente ha existido mucho interés en la aplicación de marcadores en un campo que se desarrolla rápidamente, en ocasiones denominado *epidemiología molecular*. Ha existido un entusiasmo particular en el estudio del ADN y de los aductos de proteínas, sin embargo los métodos químicos para detectar y cuantificar aductos frecuentemente se basan en técnicas costosas que requieren una instrumentación altamente sofisticada y cara (tal como cromatografía de gases y espectrometría de masas) operada por tecnólogos altamente calificados. Además, la mayoría de estos métodos aún deben ser validados y no pueden ser considerados y aplicados como mediciones de rutina.

Tabla 3.8 Ejemplos de marcadores útiles de exposición.

Sustancia	Marcador biológico
Monóxido de carbono	COHb en sangre
Cadmio	Cd en orina
Plomo	Pb en sangre
Mercurio	Hg en cabello
Pentaclorofenol (PCP)	PCP en orina
Bebidas alcohólicas	Etanol en aire exhalado
Disolventes orgánicos	Metabolitos en la orina
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	COV en aire exhalado

3.5.4 LOS ENFOQUES INDIRECTOS PARA ESTIMAR LA EXPOSICIÓN

El enfoque indirecto para estimar la exposición de un individuo o una población a un contaminante del aire, combina las mediciones de concentración en los ambientes con la información sobre actividades humanas obtenidas a través del uso de cuestionarios o diarios (ver Figura 3.17). Las encuestas de evaluación de la exposición ya sean cuestionarios, entrevistas telefónicas o mediciones, usualmente intentan obtener información en cuatro áreas: perfil demográfico, estado de salud, factores ambientales y actividad en el tiempo. Hay tres enfoques generales para obtener información sobre la actividad en el tiempo. Uno se denomina enfoque de *estimación*, en el cual se hace un estimado de la cantidad de tiempo empleado por los participantes en el estudio en diversas actividades durante el período de tiempo de interés. El segundo enfoque utiliza los *diarios de actividades en el tiempo* en el cual se les pide a los participantes describir todas las actividades en las cuales han participado durante el período de estudio. El tercer enfoque es el *observacional* en el cual los participantes son monitoreados por observadores externos. Mientras éste adiciona un grado de integridad y exactitud a los datos, muchas personas pueden negarse a participar en un estudio en el cual sus actividades están siendo monitoreadas. Utilizando los datos de las concentraciones en varios ambientes y datos sobre actividad humana como variables de entrada, los *modelos de cálculo* pueden predecir las exposiciones a nivel individual o poblacional.

Con el fin de estimar las exposiciones a través de diferentes vías, pueden ser usados valores normales para la cantidad de aire inhalado y la ingestión de agua y suelo. Un grupo de esos valores normales se presenta en la Tabla 3.9 para varios grupos de edad.

3.5.5 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN

Con respecto a las mediciones de aire, las mediciones en exteriores han sido una parte integral del monitoreo ambiental en muchos países por varias décadas. Sin embargo, el aire interior ha sido ignorado hasta hace poco tiempo. Por tanto, mientras que muchos contaminantes del aire tienen mayores concentraciones en interiores que en el exterior los procedimientos para el monitoreo de la calidad del aire están menos desarrollados. Esto será discutido más ampliamente en los capítulos siguientes. Con el fin de estimar una dosis de inhalación, se requiere un estimado de la cantidad de aire que una persona respira al día. (En la Tabla 3.9 se presentaron valores normales para la cantidad de aire inhalado para varios grupos de edades).

Los factores principales que afectan el volumen de aire respirado son el sexo

de la persona, la edad y la cantidad de actividad física. Otros factores que influyen en el volumen de aire respirado incluyen: la temperatura, altitud, contaminación basal del aire y el peso y altura de la persona, si él o ella fuman y si la persona ha sufrido una enfermedad cardiovascular. La dosis absorbida depende de la deposición de la sustancia en los pulmones y de la absorción de la sustancia depositada en el torrente sanguíneo.

3.5.6 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN POR INGESTIÓN

Agua. Con el fin de estimar la exposición a los contaminantes del agua de bebida, debe determinarse la cantidad de agua que los individuos beben. La ingestión de agua incluye, el agua directa, el agua en café, té u otras bebidas elaboradas con el agua de grifo, y el agua en alimentos cocinados. Si los valores precisos para su comunidad no están disponibles, pueden ser usados valores normales tales como los presentados en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Valores normales recomendados para ingestas diarias de aire, agua y suelo.

Edad (años)	Inhalación de aire (m ³ /día) ¹	Ingestión de agua ² (L/día)	Ingestión de suelo (mg/día)	Suelo total adherido (mg/día)
0-<0,5	2	LM:0/0 SLM: 0.2/0.8	35	2 200
0,5-<5	5	0,2/0,8	50	3 500
5-<12	12	0,3/0,9	35	5 800
12-<20	21	0,5/1,3	20	9 100
+20	23	0,4/1,5	20	8 700

Fuente: Health and Welfare Canada. Canadian Environmental Protection Act.: First Edition Environmental Health

¹ 1000 litros = 1m³

² El valor representa agua del grifo directa solamente, mientras que el segundo incluye bebidas que emplean agua de grifo, tales como té, café y refrescos reconstituidos. Los niños con lactancia materna exclusiva (LM) no requieren líquidos adicionales. Los estimados para agua de bebida total para niños sin lactancia materna (SLM) se basan en el volumen de agua de bebida consumida, y en la ingestión de 750 mL/día de fórmula hecha de leche en polvo y agua de grifo.

Suelo. El suelo puede ser ingerido de forma no intencional cuando se adhiere a las manos y los alimentos. El suelo también puede ser ingerido cuando otros objetos se colocan en la boca o son tragados. Todos los niños hacen esto en

alguna medida. La frecuencia con que los niños se tragan los objetos varía. Los niños entre las edades de 1 y 3 años y los niños con desórdenes neurológicos desarrollan un hábito de tragarse los objetos con más frecuencia que otros niños (esto se conoce como *pica*). Los valores normales para la ingestión diaria de suelo por niños que no se tragan los objetos regularmente, y los adultos fueron presentados en la Tabla 3.9. Para calcular la dosis de ingestión de suelo, se asume que el 100 % del contaminante ingerido con el suelo se absorbe. La ecuación, sin embargo, debe convertir la concentración del contaminante en el suelo (c) de $\mu\text{g/kg}$ de suelo a mg/kg de suelo, de forma que las unidades para la concentración en suelo sean las mismas que para ingestión de suelo.

Alimentos. Para determinar la cantidad de un contaminante consumido con los alimentos se requiere el conocimiento de los hábitos alimentarios del grupo poblacional en estudio, y de la concentración del contaminante en diferentes tipos de alimentos. Los hábitos alimentarios –la cantidad de cada tipo diferente de alimento consumido en la comunidad– pueden diferir de la media nacional o de estimados ambientales. La cantidad de un contaminante que se absorbe por el organismo con los alimentos o dosis estimada (DE) requiere un cálculo separado para cada tipo o grupo de alimentos que es consumido. Esto hace que la ecuación se vea más complicada, pero las dosis adicionales son sólo una repetición de la ecuación básica usada para calcular todas las otras dosis estimadas.

3.5.7 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN Y DOSIS A TRAVÉS DE LA PIEL (AGUA Y SUELO)

La absorción de los contaminantes a través de la piel depende de un número de factores que incluyen:

- el área de la superficie total de piel expuesta;
- la parte del cuerpo en contacto con el contaminante;
- la duración del contacto;
- concentración de la sustancia química en la piel;
- la capacidad del contaminante específico de moverse a través de la piel, hasta el interior del organismo (esto se denomina permeabilidad específica de la sustancia química);
- el tipo de sustancia mediante la cual el contaminante se pone en contacto con la piel (por ejemplo, si el contaminante estaba disuelto en agua, o en suelo cuando se pone en contacto con la persona); y
- si la piel está dañada de alguna forma antes de ponerse en contacto con el contaminante.

El área de la piel que está expuesta puede estar influida por la actividad que se desarrolla y por la época del año. Para estimar la absorción de un contami-

nante en agua a través de la piel se debe usar una constante de permeabilidad (P). Sin embargo, tales constantes han sido establecidas sólo para pocas sustancias químicas. Aún para las sustancias químicas que han sido estudiadas, el valor de la constante puede depender en un grado muy alto del diseño del experimento utilizado para ensayar la sustancia química. Para estar seguros y no subestimar la exposición, se puede usar una permeabilidad de 1.0 cm/h en el cálculo. El Cuadro 3.5 resume la información necesaria para calcular el ingreso a través de la ingestión y de la absorción por la piel.

La dosis total estimada se calcula simplemente sumando estas DE. Observe que las ecuaciones son muy similares, con excepción de que la tasa de contacto varía dependiendo del tipo de exposición.

Cuadro 3.5

Ecuaciones básicas para el cálculo del ingreso (dosis efectiva) por ingestión y absorción dérmica

Ingestión. Dosis Efectiva = $(C \times TI_g \times FE)/PC$

Absorción dérmica (agua) DE = $(C \times P \times AS \times TE \times FE)/PC$

Absorción dérmica (suelo) DE = $C \times A \times FB \times FE/PC$

C = Concentración del contaminante

TI_g = tasa de ingestión (usualmente litros/día)

P = factor de permeabilidad en el sitio de la piel

AS = área superficial expuesta

TE = tiempo de exposición

FE = factor de exposición

PC = peso corporal

A = suelo total adherido (con frecuencia es necesario utilizar tablas de valores normales)

FB = factor de biodisponibilidad (porcentaje de contaminante en el suelo que está libre para moverse a través del suelo y de la piel) (sin unidades).

Ejercicio de estudio

¿Cuáles son las ventajas y desventajas del monitoreo ambiental y biológico, respectivamente?

3.5.8 PRINCIPIOS DE MUESTREO POBLACIONAL

Para ayudar a la selección de una muestra poblacional para la evaluación de la exposición humana, se brinda la siguiente guía:

Un *plan de muestreo* debe: a) listar a todas las personas en las poblaciones blanco; o b) listar zonas y el número aproximado de personas asociado a cada zona. Si las personas en la población blanco son móviles, ellas deben ser asociadas a las zonas en donde comen o duermen. Los países desarrollados usualmente tienen un buró estadístico central que mantiene los registros o ejecuta censos de población, que pueden formar un marco ideal para el muestreo de la población general. Como estos listados rara vez están completos, los planes de muestreo con frecuencia necesitan ser ejecutados en etapas, como se discute más adelante, y esos datos constituyen un marco de muestreo para las etapas iniciales de una muestra de etapas múltiples. En países en desarrollo, en los cuales los datos censales no están generalmente disponibles, se pueden necesitar esfuerzos especiales para estimar la población asociada a las zonas con el fin de construir un plan de muestreo.

Si la población blanco consiste solamente de personas con características específicas, los listados de esas personas deben estar disponibles. Por ejemplo, si la población blanco consiste en madres que lactan, los centros de salud en la zona deben ser capaces de proporcionar las listas de madres que parieron recientemente. Si los listados disponibles no proporcionan la cobertura casi total de la población blanco, las muestras obtenidas de las listas deben ser complementadas con muestras de otros marcos, posiblemente menos eficientes, los cuales proporcionen una cobertura más completa de la población blanco (ver UNEP/WHO, 1993).

La Figura 3.18 proporciona una representación visual del *muestreo de etapas múltiples* indicando que los investigadores deben comenzar muestreando unidades relativamente grandes, y continuar trabajando hacia unidades cada vez más pequeñas. Una muestra de las zonas geográficas se selecciona, utilizando estimados del número de personas residentes en cada zona. En la siguiente etapa, puede listarse la muestra o pueden listarse zonas geográficas más pequeñas dentro de cada zona seleccionada en la primera etapa del muestreo. En la etapa final del muestreo se prepara una lista de las personas residentes en cada zona y se selecciona una muestra de personas de las listas. Por ejemplo, para seleccionar una muestra de adultos que viven en una gran unidad, los investigadores deben: 1) seleccionar aleatoriamente diez vecindarios 2) dentro de cada vecindario, se seleccionan al azar dos manzanas urbanas; 3) dentro de cada manzana, se seleccionan diez viviendas; 4) dentro de cada vivienda se selecciona un adulto

para el estudio. Los métodos para implementar un *muestreo aleatorio* simple y un *muestreo sistemático* son discutidos en otras numerosas publicaciones. El *muestreo aleatorio estratificado* es con frecuencia una técnica efectiva para asegurar que los subgrupos estén adecuadamente representados. En este método la subpoblación de interés especial (por ejemplo, personas entre ciertas edades) son muestreadas en una mayor proporción que el resto de la población de forma que se obtengan resultados suficientemente precisos en este grupo.

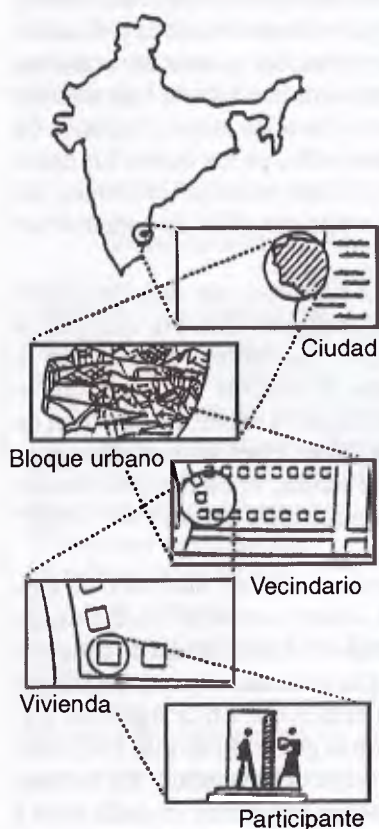


Figura 3.18 Procedimiento de muestreo multietápico. (Reimpresión de UNEP/OMS, 1992a.)

3.5.9 ERRORES Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El potencial para cometer errores en la evaluación de la exposición ambiental es grande. Los errores pueden ocurrir con respecto a la representatividad de los

sitios de muestreo, los métodos de recolección de muestras, el procedimiento analítico y la manipulación de los datos.

El *error de representatividad* se refiere a si la muestra colectada representa la concentración promedio en el medio bajo estudio. Por ejemplo, un monitor exterior en el techo de un edificio de varios pisos no brindará los datos de concentración necesarios para estimar la exposición promedio a través del aire de la comunidad. Aún si el muestreo es ejecutado en un sitio razonable, siempre existirá la pregunta de cuán representativo es de la exposición de los residentes en diferentes momentos o de cuando el viento sopla de diferentes direcciones. El muestreo móvil en varias direcciones y a distancias variables de un sitio dado puede con frecuencia ayudar en ese aspecto.

Los *errores en la recolección de la muestra* (por ejemplo, muestras de agua, suelo o alimentos), pueden ser minimizados con frecuencia simplemente empleando recipientes libres del contaminante de interés. Las muestras de aire son más difíciles de coleccionar adecuadamente y existe una controversia considerable sobre el instrumento más apropiado para utilizar en diferentes situaciones. Por ello los higienistas industriales obtienen considerable entrenamiento en las técnicas para una adecuada recolección de muestras, y sólo las personas entrenadas en estas técnicas deben ejecutar el muestreo de aire.

Los *errores analíticos* pueden producirse por el uso de procedimientos de calibración impropios, variaciones en temperaturas o en el voltaje de las líneas en el laboratorio, errores del operador, así como la imprecisión e inexactitud intrínsecas de los métodos analíticos seleccionados.

Finalmente, los *errores en la manipulación de los datos* pueden ocurrir en varias etapas, y con frecuencia se relacionan con el número de individuos involucrados en obtener una medición ambiental. Estos especialistas incluyen la persona que colecciona la muestra en el terreno, el técnico de laboratorio que hace el análisis, el operador de computadora que captura los datos y el epidemiólogo que interpreta los datos, con frecuencia con la ayuda de un estadístico.

Los programas de *garantía de la calidad* han sido ampliamente desarrollados y se han aportado muchas guías internacionales en esta materia. Los procedimientos incluyen el uso de patrones de referencia cuando se calibran los instrumentos, el mantenimiento del voltaje en las líneas y una temperatura constante, la ejecución del análisis en duplicado de algunas de las muestras colectadas, utilizando diferentes medios, tales como comparaciones interlaboratorios, uso de diferentes métodos analíticos para analizar la misma muestra, la utilización de varios procedimientos estadísticos para identificar datos erróneos o valores extremos etcétera.

3.5.10 GARANTÍA DEL TAMAÑO DE MUESTRA ADECUADO

La determinación de un *tamaño de muestra* apropiado requiere balancear restricciones de precisión y costo. Las guías para el cálculo de tamaños de muestra requeridos para estimados exactos están disponibles en muchos libros de texto y otras publicaciones de la OMS incluyendo UNEP/WHO, 1993. Aún si el tamaño de muestra final se determina en primer lugar por restricciones de costo, más que por la precisión deseada, es esencial calcular la precisión que se espera para estimados de parámetros importantes, y la potencia esperada para pruebas de hipótesis importantes. Deben haber, sin embargo, normas mínimas para la confiabilidad de las inferencias. En general, un tamaño de muestra de 50 es el mínimo aceptable para estudios de monitoreo de la exposición humana y se considera deseable un rango de 250 o más personas. Cuando se preparan informes basados en el muestreo con tamaños de muestra mínimos o en el límite, es esencial discutir los problemas relativos a la inferencia a las poblaciones blanco. Estos incluyen: a) estimados puntuales no confiables, b) estimados de precisión no confiables, y c) falta de normalidad para los estimados de intervalos y prueba de hipótesis (ver UNEP/WHO, 1993 para mayores detalles).

3.6 Caracterización del riesgo para la salud

3.6.1 RESUMEN DEL ENFOQUE GENERAL

La *caracterización de riesgo* sintetiza los tres primeros componentes de los procesos de evaluación de riesgo: identificación del peligro, evaluación de la dosis-respuesta y evaluación de la exposición, y estima la incidencia y severidad de los efectos potenciales adversos. Las principales suposiciones, juicios científicos e incertidumbres deben ser identificadas para comprender completamente la validez de los riesgos estimados.

La caracterización de riesgos (o *estimación de riesgos* como es también denominada) puede ser subdividida en cuatro etapas diferentes como se indica en la Tabla 3.10. La primera ecuación de exposición total combina la concentración de contaminantes (por medición directa a través del muestreo y análisis, modelación, análisis de marcadores biológicos y cuestionarios) con la duración de la exposición, expresada de acuerdo a los efectos de salud de interés. Para efectos carcinogénicos, el total de horas o días de exposición durante el tiempo de vida de las personas es el foco de interés (la exposición diaria a lo largo del período de vida pudiera ser 25 550 días, asumiendo un tiempo de vida de 70 años). Para efectos no carcinogénicos, las exposiciones agudas a elevadas concentraciones son de interés, por lo tanto una duración de horas o aún de minutos puede ser importante. Para exposiciones crónicas, la concentración diaria pro-

Tabla 3.10 Etapas consecutivas en la caracterización de riesgos para la salud.

1. Exposición	Concentración del contaminante/duración de la exposición (o la medida directamente por el muestreo integrado).
2. Dosis	Exposición (1) x factores de dosimetría (tasa de absorción, tasa de inhalación, etc.)/ peso corporal o área superficial.
3. Riesgo individual para toda la vida	Dosis (2) x factor de caracterización de riesgo (potencia carcinogénica, umbral no carcinogénico [por ejemplo, NENO] o severidad [por ejemplo, NEANO]), con factores de incertidumbre.
4. Riesgo de la población expuesta	Riesgo individual (3) x número de personas en la población expuesta (esto debe tomar en en consideración la edad, otros factores de susceptibilidad, actividades de la población, etcétera.)

medio del contaminante es usualmente utilizada bajo la suposición de que es relativamente constante durante el tiempo de vida. Para niños, los períodos de exposición generalmente se dividen en categorías de edades, por ejemplo, 0-6 meses, 6 meses a 5 años y de 5 a 12 años debido a los diferentes pesos corporales. Para cada una de estas situaciones diferentes, se deben hacer cálculos distintos, como fue mostrado en la Sección 3.5.4.

La segunda ecuación combina la información sobre exposición con factores de dosimetría para obtener la dosis promedio diaria durante toda la vida. Estos factores incluyen tasa de absorción, peso corporal promedio, tiempo de vida promedio y otros de igual importancia. La dosis usualmente se expresa como masa del contaminante por kilogramo de peso corporal por día. También debe incluir las exposiciones a través de todos los medios (aire, agua, suelo, contacto dérmico directo, etc.). De forma tal que la dosis total es la suma de todas las dosis individuales.

La tercera ecuación integra esta evaluación de la exposición con la caracterización de la dosis-respuesta. Como se discutió en la Sección 3.4, incorpora factores de incertidumbre (y cualquier otro factor modificante que refleje el juicio profesional relativo a las incertidumbres científicas de la base de datos completa) con el NEANO. Esto crea una referencia contra la cual evaluar el significado de la dosis con respecto a sus implicaciones para la salud.

Para muchos carcinógenos, la Agencia de Protección Ambiental de EUA (EPA, siglas en inglés) ha estimado factores de potencia que pueden ser aplicados. (Las metodologías para estimar la posibilidad de efectos tóxicos que no sean cáncer están menos desarrolladas). La dosis de referencia o *concentración máxima recomendada* en algunas jurisdicciones, es el NEANO dividido por factores de incertidumbre, multiplicado por cualquier factor modificante de interés. Para el cáncer esto se expresa como el exceso de riesgo de cáncer durante toda la vida para un individuo sometido a la exposición dada durante el tiempo de vida. Para agentes no carcinogénicos, se asume usualmente que existe un umbral bajo el cual no hay efectos. La razón del nivel de exposición y la dosis umbral da algún índice de la posibilidad de que puedan resultar efectos adversos para la salud a causa de la exposición a la sustancia tóxica.

Para generalizar esto a una población expuesta (más que al individuo), se multiplica el riesgo individual para toda la vida por el número de individuos en la población (o en cada subpoblación) expuesta. Esta cifra final es el exceso de riesgo para un efecto dado que produce una exposición para la población completa. En el Capítulo 4 se discutirá más ampliamente cómo debe ser interpretado y comunicado al público este riesgo, y el enfoque usado para manejarlo. Primero, sin embargo, se brinda un ejemplo de cómo los principios anteriores pueden ser aplicados en estudios de campo.

3.6.2 EVALUACIONES DE RIESGOS ESPECÍFICOS PARA LA SALUD EN SITUACIONES DE CAMPO

Cada vez que el marco de evaluación de riesgos se aplica a una situación de campo real y concreta ocurren problemas nuevos e inesperados y obstáculos. En algunos casos es obvio cuáles factores de riesgo están involucrados, mientras que en otros la presencia de peligros potenciales es extremadamente difícil de investigar. En otras situaciones, la dosis ingerida puede ser fácilmente calculada a partir de los niveles de contaminación de los alimentos y los datos promedio de consumo, en contraste con situaciones donde están involucradas las diversas vías de exposición y los factores dosimétricos no están disponibles. En tales casos, el uso de biomarcadores puede ser la única vía alternativa para lograr una estimación exacta de la dosis total.

3.7 La salud en las evaluaciones de impacto ambiental

Además de las evaluaciones de riesgos para la salud en situaciones de campo es también importante considerar los efectos particulares para la salud de los proyectos o actividades que se planean para el futuro. Sin embargo, los efectos para la salud no han recibido con frecuencia una atención adecuada durante la formu-

ción de políticas de desarrollo y la planificación de proyectos. En muchos países, en los cuales existen procedimientos para evaluar impactos ambientales, sólo (o predominantemente) se evalúan los impactos en el ambiente biofísico. Cuando esos parámetros están de acuerdo con las normas ambientales legalmente establecidas se asume que no es probable que ocurran efectos en la salud humana.

Se han desarrollado grupos de procedimientos para identificar, evaluar y mitigar los efectos para el ambiente y la salud de los principales proyectos industriales, agrícolas y otros grandes proyectos de desarrollo antes de que los mismos se ejecuten. Se han preparado guías de *Evaluaciones de Impacto en Salud Ambiental* (EISA) por varias organizaciones internacionales incluyendo la oficina regional de la OMS para Europa (1985, 1986). Varios países también han preparado guías nacionales. Con la declaración adoptada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo de 1992, según la cual "los seres humanos constituyen el centro de preocupación para el desarrollo sostenible". Ahora es ampliamente reconocido que las evaluaciones de impacto ambiental deben atender intereses de salud.

En principio la evaluación de impactos adversos para la salud sigue un enfoque similar al marco de evaluación de riesgos discutido en las secciones previas de este capítulo. Primero, tienen que ser identificados los peligros potenciales asociados con el proyecto que requieren una investigación más amplia. Seguidamente, se deben calcular o estimar las emisiones utilizando las especificaciones tecnológicas del proyecto. Sobre la base de estos datos, las concentraciones emitidas, la exposición y la dosis total deben ser calculadas empleando modelos matemáticos que han sido desarrollados específicamente para estos propósitos. Estos modelos deben también tomar en cuenta las características geográficas y los factores climáticos locales. La interpretación de los datos generados requiere habilidades específicas y juicios de expertos. Puede no ser fácil determinar la importancia de, por ejemplo, un incremento de 10 dB(A) en los niveles de ruido para los habitantes de un área residencial particular. La importancia relativa de los impactos en comparación con otros de diferentes naturaleza debe también ser considerada. Finalmente, los riesgos para la salud pueden ser caracterizados como se discute en la Tabla 3.10. En esta etapa, debe considerarse que ciertos proyectos pueden cambiar la naturaleza y la demografía de la población expuesta y el porcentaje de personas vulnerables. Por ejemplo, los grandes proyectos que incluyen el reasentamiento de poblaciones pueden incrementar el porcentaje de ancianos entre la población expuesta, simplemente porque los individuos de mayor edad son más resistentes a mudarse. Por otra parte, los grandes proyectos constructivos pueden incrementar el número de hombres jóvenes.

Como una *evaluación de impacto ambiental* (EIA) es un proceso práctico a desarrollar en un plazo relativamente breve, generalmente no es posible ejecutar simultáneamente una investigación preliminar adicional. En consecuencia, las conclusiones usualmente se deben basar en conocimiento científico aceptado actualmente. Más aún, no pueden ejecutarse mediciones durante la etapa preparatoria de un proyecto que no sean evaluaciones de los niveles de base o mediciones de proyectos piloto. Por tanto, la extrapolación de datos referentes a emisiones, exposiciones y efectos sobre la salud (si están disponibles), de proyectos similares pueden ser extremadamente útiles. Estas extrapolaciones de una situación a otra con características geográficas y demográficas diferentes, así como de exposición, usualmente requieren de diferentes suposiciones, y por tanto, otra vez se requiere experiencia específica.

El componente de salud de las evaluaciones de impacto ambiental debe incorporar algo más que la mejor información científica disponible. Debe obtener información basada en la comunidad y conocimiento tradicional de pueblos nativos y otros en la comunidad. También debe reconocer que muchos proyectos tienen tanto beneficios como efectos adversos para la salud y el bienestar. Mediante la creación de trabajos y proporcionando otros beneficios económicos que contribuyan a un mejor nivel de vida, la salud puede ser mejorada mucho a causa del proyecto en cuestión. Como se señaló en el Capítulo 1, el bienestar económico ha estado repetidamente asociado con la longevidad y otros indicadores de salud, a causa de que, entre otras razones, las personas con ingresos adecuados pueden costear el consumo de dietas balanceadas y vivir estilos de vida saludables. Los efectos adversos para la salud pueden ser experimentados de forma desproporcionada por las personas que no compartirán los beneficios de un proyecto. Es por esto que el componente de salud de la EIA debe evaluar quién se beneficiará y quién puede sufrir los efectos adversos. Si se identifican efectos adversos potenciales, las recomendaciones para las medidas de mitigación y seguimiento deben ser incluidas en la *Declaración de Impacto Ambiental* (DIA) que debe hacer quien propone el proyecto. La EIA también debe considerar alternativas al proyecto, incluyendo los efectos potenciales en la salud de no permitirse que el proyecto proceda. Aunque pueden existir consideraciones jurisdiccionales respecto a cual departamento gubernamental es responsable de la salud ocupacional versus la salud pública en algunos países, ambos componentes son esenciales para determinar los beneficios potenciales y los efectos adversos de una propuesta.

La colaboración multidisciplinaria es crucial en la EIA. Es importante asegurar que los componentes de salud sean considerados en cada una de las etapas de la evaluación. Para que sea efectiva, la EIA debe ocurrir en la etapa de

planeación del proyecto. Por lo tanto, debe ser un componente integral en el diseño de un proyecto, más que algo añadido después que se ha terminado el diseño. De esta forma, la EIA debe sugerir diseños alternativos del proyecto con mayores beneficios y menores riesgos para la salud. Para cualquier proyecto grande, es esencial alguna descripción de los niveles base de salud ambiental y condiciones sociales. Esto debe incluir las características demográficas de las poblaciones potencialmente afectadas, el estado actual de salud, los servicios locales de cuidados de salud y de salud ocupacional, las características de cualquier grupo afluente de personas, tales como obreros de la construcción o mineros, la historia de las poblaciones potencialmente afectadas con relación al desarrollo, y cualquier comportamiento tradicional que pueda ser impactado por el desarrollo.

Un proyecto de irrigación en Turquía (descrito en el Cuadro 3.6) ilustra como un proyecto puede influir en la salud a través de varios mecanismos.

Cuadro 3.6

El proyecto de Irrigación Bajo Seyhan en Turquía

Uno de los proyectos mayores relacionados con el agua en Turquía fue comenzado en el Cukurova al principio de la década de los 50, más conocido como el proyecto de Irrigación Bajo Seyhan. Las actividades del proyecto incluían:

- la construcción de una represa en el río Seyhan para almacenar agua para propósitos hidroeléctricos y agrícolas
- el establecimiento de un aliviadero para el exceso de agua
- la construcción de canales de irrigación con el fin de distribuir el agua a través del llano y para la irrigación de terrenos.
- construcción de canales de drenaje para el exceso de agua de los terrenos

Las autoridades del Cukurova no consideraron como un peligro cuando los trabajadores infectados por malaria llegaron de la parte sudeste de Turquía (donde aún ocurría la transmisión de malaria). Se pensó que la enfermedad estaba totalmente bajo control, a causa del bajo número de casos de malaria reportados para todo el país. Las consecuencias del proyecto pueden enunciarse como sigue:

1. Las poblaciones de áreas que iban a ser cubiertas por el agua fueron reasentadas alrededor de área recién irrigadas.
2. La productividad de las tierras irrigadas creció.
3. Insectos y diferentes tipos de insecticidas fueron introducidos en el área, creando la resistencia de los vectores a los insecticidas.
4. La irrigación expandió el número de terrenos arables, creando un incremento de la necesidad de obreros.

continúa...

5. Las personas (la mayoría de éstos venían de áreas donde aun ocurrían epidemia de malaria no detectadas) se mudaron de partes más pobres del país para ser trabajadores estacionales en el área recientemente en desarrollo.
6. Los trabajadores estacionales se instalaron a lo largo de los canales (atraídos por la vegetación y por las pendientes de menos de 1 %) donde las aguas colectadas se convirtieron en lugares eficientes para la alimentación de los vectores de malaria.
7. Los parásitos de malaria fueron introducidos al vector local (*Anopheles sacharovi*) el cual tiene una gran capacidad para transmitir la enfermedad
8. Las industrias incrementaron su trabajo en productos locales a causa del desarrollo de la agricultura.
9. El incremento de la actividad industrial creó una mayor demanda de obreros.
10. Los trabajadores y las familias gravitaron en actividades industriales resultando en el incremento de la población de la provincia de Adana.
11. Fueron establecidos asentamientos insalubres para las poblaciones afluentes alrededor de las ciudades.
12. Fueron construidos nuevos edificios altos de apartamentos para atender las necesidades de vivienda de los recién llegados. Los pisos subterráneos de estos edificios se convirtieron en nuevos lugares de alimentación para vectores a causa del alto nivel de la tabla de agua y a la profundidad de excavación de los sótanos.
13. Los parásitos de la malaria fueron transmitidos a personas locales no inmunes. Finalmente, debido a otras actividades administrativas y operacionales equivocadas, hubo un resurgimiento de la malaria en un área desarrollada. Durante 1970, el número de casos reportados en el Cukorova se incrementó de 49 a 149.

Fuente: WHO/CEMP, 1992

El incremento de la percepción pública de los riesgos tecnológicos y de salud ambiental ha sido acompañado de un incremento de la participación pública en el marco de la toma de decisiones. Como resultado, la participación pública debe ser una parte integral de cualquier sistema de EIA. Las ventajas de incluir al público general y a otros grupos de interés en la EIA incluye:

- obtención de información de los aspectos que el público percibe;
- posible identificación de acciones alternativas;
- un incremento en la aceptabilidad del proyecto ya que el público comprenderá mejor las razones y riesgos relacionados con el proyecto; y
- minimizar conflictos y demoras.

En conclusión, una EIA puede ayudar en el uso eficiente de los recursos naturales y humanos a los inversionistas y tomadores de decisiones. Puede reducir el tiempo requerido para llegar a una decisión. Y puede minimizar los costos mediante la identificación de consecuencias primarias y secundarias las cuales pueden requerir la introducción de medidas costosas de control de la contaminación, de compensación o de otros costos en fechas más lejanas.

En el Capítulo 4, serán abordados más ampliamente los aspectos de percepción pública del riesgo y de comunicación de riesgos.

Ejercicio de estudio

- ¿Cuáles de las consecuencias que se indican en el Cuadro 3.6 están directamente o indirectamente relacionadas con la salud?
- ¿Cuáles de estos impactos en la salud humana puede esperarse que sean positivos o negativos?
- ¿Cuáles de estos aspectos deben ser considerados en una EISA, y que información específica se necesitaría para la evaluación cuantitativa de los riesgos para la salud antes del comienzo del proyecto?

Capítulo 4

MANEJO DE RIESGOS

Objetivos de estudio:

Después del estudio de este capítulo usted será capaz de:

- Comprender los principios básicos del manejo de riesgos, incluyendo el proceso para la selección, implementación y evaluación de las estrategias de control apropiadas.
- Apreciar los factores que afectan la percepción de riesgos, los principios de la comunicación de riesgos y ser capaz de emplearlos en el manejo de riesgos.
- Comprender los requisitos básicos de un sistema de vigilancia.
- Realizar el ordenamiento de las medidas según el enfoque metodológico del manejo de una emergencia ambiental.
- Analizar las ventajas y desventajas del control de los contaminantes en cada etapa: en la fuente, en la vía de exposición (el ambiente) y en las personas.
- Aplicar los principios de la evaluación económica en las intervenciones en salud ambiental.

4.1 El enfoque del manejo de riesgos

La primera etapa es la *caracterización del riesgo* (Fig. 4.1). La misma constituye la última etapa de la evaluación de riesgos (Capítulo 3), en la que se expresan las conclusiones de un ejercicio científico cuantitativo, se compara con las normas, valores guía u otros riesgos comparables. A partir de esta comparación y conociendo las asunciones, extrapolaciones y estimaciones consideradas en los cálculos de las cifras que se comparan (como fue explicado en el capítulo 3), el profesional en salud ambiental puede determinar si está presente un riesgo considerado como significativo. Sin embargo, la forma de percepción del riesgo por parte de los individuos o las comunidades también debe ser tomada en cuenta. Este aspecto se analiza en la sección 4.3. Por supuesto, la forma en que se comunica la evaluación del riesgo (sección 4.5), afectará la percepción del mis-

Evaluación de riesgos

1. Identificación del peligro
2. Evaluación de la dosis respuesta
3. Evaluación de la exposición

↓
4. Caracterización del riesgo



Manejo de riesgos

5. Evaluación del riesgo
6. Caracterización o estimación del riesgo
7. Control de la exposición
8. Monitoreo del riesgo

Figura 4.1 Esquema de la evaluación y el manejo de riesgos.

mo; igual ocurrirá con la efectividad de la comunicación respecto a los planes y los resultados de las medidas para el control de la exposición.

Después que se ha evaluado el riesgo y la exposición es controlada de forma adecuada, el riesgo debe ser monitoreado. Aunque en ocasiones el problema puede ser resuelto, usualmente el manejo de riesgos constituye un proceso iterativo, a través del cual el riesgo deberá ser reevaluado. De igual forma la percepción comunitaria deberá ser continuamente reevaluada. Realmente este proceso interactivo significa que los diferentes pasos de la evaluación y el manejo de riesgos deben ser conducidos simultáneamente.

4.2 Evaluación del riesgo

4.2.1 COMPARACIÓN DE LOS RIESGOS CON LAS NORMAS O LOS VALORES GUÍA

Los efectos de un peligro para la salud pueden variar en un rango que va desde los cambios fisiológicos menores hasta la muerte prematura (como se analizó anteriormente). La aproximación a la evaluación de la importancia de un nivel de riesgos depende en gran medida del concepto del término *salud* aceptado por la comunidad en cuestión. Por ejemplo, para el establecimiento de la mayoría de las normas ambientales, así como en las ocupacionales en América del Norte, las autoridades han asumido que no existe amenaza para la salud hasta tanto la exposición no induce perturbación de algún tipo y grado que sobrecarga el mecanismo normal de defensa del organismo. En cambio, en la antigua Unión Soviética, los valores máximos permisibles para las concentraciones de los contaminantes ambientales se establecían por debajo de los niveles que ocasionan modificaciones fisiológicas y otras de significado incierto. (Esas normas tenían el estatus de valores guía, en lugar de límites absolutos y no eran necesariamente cumplidas).

En algunas jurisdicciones *los valores guía* son establecidos como recomendaciones, pero no están respaldados por la ley, en tanto que en otras, *las normas* son establecidas y los individuos o las compañías que las exceden pueden sufrir las penalizaciones prescritas por la legislación. En cada caso, la aproximación general a la evaluación de riesgo es comparar la exposición de riesgo encontrada con la que se considera aceptable (estimación del riesgo), con base en los valores guía o las normas (por ej. Las IDA o DRF que fueron calculadas en el Capítulo 3).

El propósito de cualquier estimación de riesgos es ayudar en la toma de decisiones para el control de los peligros. Mientras que la comparación con las normas, valores guía o lineamientos legalmente establecidos (ejemplo IDA o DRF), resulta esencial para los inspectores y otros funcionarios oficiales encargados de exigir el control, también es importante para los profesionales en salud ambiental tener alguna perspectiva acerca del significado y la magnitud del riesgo y ser capaces de transmitirlo a los encargados de la toma de decisiones y al público.

La forma en que los riesgos son percibidos está fuertemente relacionada con la manera en que los mismos han sido estimados. Los riesgos calculados a partir de datos históricos tienden a ser más fáciles de comprender. Por ejemplo: existen abundantes datos acerca de accidentes automovilísticos, y cualquier riesgo en una jurisdicción puede ser comparado con los datos de otras (con ciertas limitaciones metodológicas), o los datos de un riesgo específico en una comunidad determinada pueden ser comparados con datos de la misma comunidad en una fecha anterior.

Sin embargo, este enfoque de tipo histórico para la estimación del riesgo sólo es aplicable a situaciones en las que los peligros que ocasionan los riesgos son conocidos y la exposición a los mismos es predecible, y cuando la ocurrencia de efectos como resultado de la exposición pueda ser medida directamente en una población y relacionada con la exposición previa al peligro. Por ejemplo, si uno está interesado en la evaluación del aumento del riesgo de cáncer debido a la exposición al humo del cigarrillo, podría necesitar conocer que las tasas de fumadores raramente cambian dramáticamente de año a año, que esta magnitud de tabaquismo está asociado a cierto nivel de riesgo, así como la magnitud del tabaquismo en diferentes grupos de la población de interés. Esto puede realizarse solamente porque pueden identificarse y contabilizarse los casos de cáncer en esa población, así como que actualmente se conoce que el fumar cigarrillos produce cáncer.

4.2.2 COMPARACIÓN DE RIESGOS CUANDO NO EXISTEN DATOS HISTÓRICOS

Si no existen bases de datos históricos para un peligro, tal como ocurre cuando

no existe información de dosis-respuesta, la evaluación de riesgos es mucho más complicada. Con respecto a una nueva tecnología, para la cual no hay bases de datos históricos (por ejemplo: una nueva planta de generación de energía o instalación industrial) una aproximación es considerar la misma en partes separadas, calculando los riesgos de cada una de las partes y adicionándolos de forma conjunta para estimar un riesgo para la totalidad. En este enfoque todas las posibles cadenas de eventos, desde los primeros hasta un accidente final son colocados en una secuencia denominada *árbol de eventos*, en el que la probabilidad de cada evento es estimada a partir de los datos históricos en diferentes situaciones.

Resulta particularmente útil comparar riesgos que son calculados de manera similar. Por ejemplo, el riesgo de viajes en automóvil puede ser comparado con el de viajes a caballo o en avión. De forma similar, los riesgos de las radiaciones y por el empleo de los rayos X en medicina pueden ser comparados con los del gas radón, o con la dosis promedio experimentada por un residente de las cercanías de Chernobyl, o con la dosis de radiación que un individuo recibe por un viaje transcontinental en avión.

El establecimiento de normas de calidad del agua, contaminantes en los alimentos y contaminantes del aire se expone en los capítulos correspondientes al aire, el agua y los alimentos (Capítulos 5, 6 y 7 respectivamente). Los valores límites de umbral empleados en salud ocupacional serán analizados por separado en el Capítulo 10 (industria).

4.3 Factores que afectan la percepción y aceptación del riesgo

4.3.1 PERCEPCIÓN DE RIESGO

Los profesionales de salud ambiental con frecuencia descubren que la percepción pública de un riesgo ambiental para la salud difiere ampliamente con respecto a la de los científicos. El grado de ultraje o maltrato con que el público percibe un peligro ambiental para la salud constituye una de las características de mayor importancia en la aceptabilidad del riesgo asociado con dicho peligro. En las décadas pasadas a menudo se pensaba que si el público era educado acerca de los riesgos asociados al peligro, el mismo lo consideraría más aceptable. Hoy día se conoce que la comprensión del riesgo constituye sólo una de las muchas dimensiones que afectan la percepción y la aceptación del riesgo; además, se ha demostrado que la misma constituye un factor de menor importancia que otros. Algunas de las dimensiones de mayor importancia que afectan la percepción de los riesgos ambientales para la salud, así como las estrategias para el manejo y la comunicación de los riesgos en virtud de esas dimensiones,

se muestran en la Tabla 4.1. Aparte de estos (por ejemplo, la voluntariedad, la atribución de culpabilidad, la comprensión, etc.), los riesgos a largo plazo (los relacionados con efectos reversibles y los que tendrían impacto sobre las generaciones futuras) son aceptados más rápidamente que los que ocasionan efectos que se hacen evidentes de inmediato.

Tabla 4.1 Dimensiones del riesgo, sus efectos sobre la percepción de riesgo y estrategias relacionadas con el manejo de riesgo y la comunicación.

Características de dimensiones	Condiciones asociadas a mayor percepción de riesgo	Condiciones asociadas a menor percepción de riesgo	Estrategia de manejo
Voluntariedad	Exposición involuntaria (contaminación del aire)	Riesgos afrontados por elección (esquiar, nadar, tabaquismo)	Hacer el riesgo más voluntario mediante participación comunitaria; negociar condiciones de aceptabilidad
Atribución de culpabilidad	Riesgos ocasionados por errores humanos (p. ej. explosión en una industria)	Riesgos causados por la naturaleza (ej. rayos, aflatoxinas en la manteca de mani)	No comparar riesgos naturales con antropogénicos
Familiaridad	Riesgos no familiares (ej. depleción del ozono, instalaciones de tratamiento de residuales)	Riesgos familiares (ej. accidentes del hogar, radón en los cimientos)	Hacer el riesgo más familiar mediante conferencias abiertas, visitas, videos, mantener la información acerca de los riesgos hasta que estos se hagan más familiares y conocidos
Comprensión	Carencia de personal con conocimiento de los mecanismos o procesos involucrados (ej. accidentes en plantas de energía de origen nuclear)	Conocimiento del personal, de los mecanismos o procesos involucrados (ej. resbalamiento en el hielo)	Educación, realizar inversiones en la formación de expertos técnicos
Atención por los medios de difusión	Mucha atención por los medios (ej. caída de aviones de pasajeros y accidentes industriales)	Poca atención por los medios de difusión (ej. accidentes de trabajo)	Reconocer la importancia de los medios de difusión y la información amplia
Memorabilidad	Eventos con alta publicidad (ej. derrame de petróleo de la Exxon Valdez)	Ocurrencia no recordada	Reconocer la imagen y señalarla de forma abierta

continúa...

Tabla 4.1 Continuación...

Características o dimensiones	Condiciones asociadas a mayor percepción de riesgo	Condiciones asociadas a menor percepción de riesgo	Estrategia de manejo
Temor	Riesgos que evoquen temor (ej. sitios de deposición de desechos abandonados)	Riesgos no temidos (ej. envenenamiento por alimentos)	Reconocer el temor como legítimo y coincidir con el disgusto
Agrupación	Muertes o daños agrupados en tiempo o espacio (ej. grandes explosiones industriales)	Muertes o lesiones distribuidas al azar en tiempo o espacio (ej. muertes por accidentes automovilísticos)	Tomar en consideración el peor escenario; prestar mayor atención a la magnitud que a la probabilidad
Potencial catastrófico	Riesgos imprecisos (ej. desacuerdos entre los científicos acerca de los riesgos de la energía nuclear)	Riesgos relativamente bien conocidos por los científicos (ej. guerras, accidentes de automóviles)	Reconocer el rango en que varían los riesgos para minimizar el debate
Alcance del control personal	Poco control personal o comunitario (ej. pasajeros de un auto o un avión)	Algún control personal o comunitario (ej. conduciendo un automóvil)	Dar poder, por ejemplo mediante consejos e instrucciones comunitarias
Equidad	Ningún beneficio directo para aquellos expuestos al riesgo (ej. residencia cercana a un sitio de disposición de desechos abandonados)	Mostrar una distribución equitativa de los riesgos y los beneficios (ej. vacunaciones)	Compartir los beneficios en proporción a los riesgos (preguntar a la comunidad qué desea a cambio)
Relevancia moral o claridad de los beneficios	Beneficios o necesidad de la actividad generadora de riesgos (ej. uso de la energía nuclear)	Beneficios evidentes (ej. viajando en automóvil)	No presumir los valores morales de la comunidad
Confianza en la honradez	Falta de confianza en las instituciones responsables del riesgo (ej. agencias reguladoras dependientes de las industrias)	Organizaciones responsables prestigiosas e independientes (ej. dirección de investigaciones sobre ADN recombinante por universidades)	No pregunte por una institución confiable; cuantifique esa confianza
Proceso responsable	Riesgos que son rechazados (ej. lanzamiento de desechos en un río)	Riesgos que son reconocidos (ej. el abuso infantil)	No minimizar o magnificar; ser neutral; explicar las medidas de prevención adoptadas
Impactos sobre los niños	Riesgos específicos para los niños (ej. malformaciones congénitas)	Riesgos relacionados sólo con adultos (ej. riesgos ocupacionales)	Caracterizar los riesgos para la familia completa o la comunidad.

Adaptado de diferentes fuentes, incluyendo Sandman 1986 y Covello 1989.

4.3.2 ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN O ENFRENTAMIENTO

Muchos factores influyen la forma en que las personas responden a los riesgos ambientales para la salud. Como se ha expuesto anteriormente, la percepción de riesgo por una persona pudiera ser completamente diferente de la percepción por parte de otra. Además, los individuos poseen diferentes estrategias de adaptación para enfrentar el riesgo percibido, o los estresores en general. Se puede hacer una distinción entre las estrategias de adaptación que se concentran en la respuesta emocional individual, señalados como *adaptación de enfoque emocional*, y las estrategias centradas en la eliminación o la reducción del peligro observado, denominadas *estrategias de adaptación focalizadas en el problema*. Esas estrategias pueden involucrar tanto la acción directa como los procesos mentales.

La mayor parte de este texto está dirigida a las respuestas a los riesgos centrados en el problema. La estrategia de enfoque emocional puede llevar al profesional en salud ambiental a atribuir a problemas individuales de salud el estrés emocional ante una situación (p. ej. Chernobyl, ver Capítulo 9), o a las acciones de las propias personas, dictaminadas por su incapacidad de adaptación. Esto pudiera llevar, de forma inadvertida a inculpar a la víctima, lo que a su vez puede oscurecer la verdadera amenaza que impone un riesgo y, en ningún caso ayuda a lograr comprensión alguna para orientar de forma efectiva a los individuos. Sin embargo, para los profesionales de la salud ambiental es importante comprender las estrategias de adaptación para el adecuado manejo de los riesgos ambientales para la salud.

Las estrategias cognoscitivas de adaptación se caracterizan por el empleo de procesos del pensamiento dirigidos hacia la reducción del estrés experimentado. Esas estrategias de tipo mental tienen lugar de formas muy diferentes:

- Negación del problema: el individuo trata de convencerse a sí mismo de que el riesgo para la salud es exagerado por los demás o por los medios de difusión, y que las autoridades ejercerán sus responsabilidades para proteger a la comunidad.
- Supresión del problema: el individuo no rechaza el riesgo percibido, pero intenta no pensar en el mismo.
- Redefinición del problema: el individuo redefine el problema de forma tal que los efectos positivos son más importantes (p. ej. estimulación de la economía de la región, o incremento de los empleos).
- Aceptación del problema: esta estrategia está dirigida a recuperar la estabilidad emocional ante una situación en la cual no se ven posibilidades de influir para modificarla.

Las estrategias de adaptación pueden estar dirigidas al desarrollo de acciones. Éstas incluyen:

- Acciones dirigidas a la reducción del riesgo: pudiera lograrse tratando de influir en el proceso de la toma de decisiones, por ejemplo, mediante demostraciones contra una situación dada o la organización de grupos de acción.
- Búsqueda de información: pudiera resultar en una mejor comprensión del riesgo. Puede constituir una estrategia valiosa, debido a que el conocimiento escaso se relaciona con frecuencia a la sobreestimación del riesgo.
- Búsqueda de ayuda: pudiera incluir contactos con grupos de acción a favor del ambiente que pueden dar consejos o ayuda práctica para la reducción del riesgo. El trabajo despojado de prejuicios personales mediante discusiones en grupos constituye otra forma activa de adaptación.
- Búsqueda activa de distracción: ocupándose de la realización de deportes o entretenimientos, evitando pensar en el problema.
- Modificación emocional: el uso del tabaco, alcohol o drogas son vistos como formas de modificación emocional. Sin embargo, estas estrategias de adaptación representan también peligros para la salud por sustancias químicas y pueden ocasionar trastornos en las estructuras sociales, así como conductas violentas y criminales.

Aparte de las estrategias de adaptación, es posible que la personalidad del individuo y el grado de apoyo social influirán en la respuesta de estrés. Las evidencias indican que tanto la salud como el bienestar de los individuos con mayor apoyo social, generalmente, son mayores con respecto a aquellos que no lo tienen. Este apoyo social pudiera consistir en la asistencia real, o el suministro de información para resolver los problemas, o el apoyo emocional. Las características de la personalidad que han sido asociadas con menores respuestas de estrés incluyen: una actitud general de tratar de influir sobre los acontecimientos importantes de la vida; una tendencia a definir cambios súbitos o situaciones amenazantes como un desafío en lugar de una amenaza; una motivación por involucrarse en la sociedad y tener un propósito en la vida.

Preguntas de estudio

En la proximidad de un área residencial, se ha planteado la construcción de un sitio para depositar residuos químicos. Muchos residentes perciben esta nueva situación como una amenaza para su salud y la de sus familias. De ejemplos de posibles estrategias de adaptación que puedan ser caracterizadas como de enfoque emocional o estrategias enfocadas en el problema.

4.3.3 PRINCIPIOS EN COMUNICACIÓN DE RIESGOS

La *comunicación de riesgos* se define como la difusión intencionada de información acerca de la existencia, naturaleza, forma, severidad o aceptabilidad de riesgos. Los objetivos de la comunicación de riesgo pudieran ser tanto, a) alertar al público o a los encargados de la toma de decisiones de un riesgo significativo del cual no están advertidos, como b) calmar las inquietudes acerca de un riesgo pequeño que el público o los encargados de la toma de decisiones perciben como severo.

Con el incremento del interés público acerca de diferentes riesgos ambientales para la salud ha tenido lugar, para los profesionales de la salud, un aumento en las necesidades de información que explique la naturaleza del riesgo en términos claros y comprensibles y que transmita credibilidad e integridad. Se ha prestado un interés cada vez mayor porque la comunidad responda no sólo al deseo del público de ser informado, sino también para vencer la oposición a las decisiones y el desarrollo de alternativas efectivas en la regulación directa del control. Esas alternativas pueden requerir una mayor responsabilidad por parte de los individuos, agencias o corporaciones privadas.

La estrategia de manejo dirigida a la localización de los riesgos teniendo la variabilidad en la percepción del riesgo, fue analizada en la sección 4.2. La misma puede ser puesta en tensión por la mera diseminación de información, sin observar los principios de la comunicación, dando lugar a mensajes inefectivos acerca de la estimación del riesgo y la de las medidas para el control del peligro. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) ha establecido siete reglas cardinales en la comunicación de riesgo, las mismas se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Las siete reglas cardinales de la comunicación de riesgo según USEPA.

Acepte e incluya al público como un legítimo participante.
Planea cuidadosamente y evalúe sus esfuerzos.
Preste atención a los intereses específicos del público.
Sea honesto, franco y abierto.
Establezca coordinación con otras fuentes dignas de crédito.
Encuentre las necesidades de recursos.
Hable con claridad y compasión.

Fuente: Covello, VT y Allen, FW, 1988.

En adición a estas reglas, debe enfatizarse que para lograr una efectiva comunicación de riesgo, el profesional de la salud debe tener una adecuada com-

prensión de la información técnica que pudiera ser solicitada. Como en algunos estados el público obtiene gran parte de la información por los medios de difusión masiva, los lineamientos para la negociación con estos medios son expuestas en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1

Precauciones en las relaciones con los medios de difusión

1. *No de las respuestas de forma personal*: si usted da la impresión de que está a la defensiva, el representante del medio se sentirá por encima y presionará para encontrar lo que usted está escondiendo.
2. *Nunca diga "sin comentarios"*: a menudo esto es interpretado por los periodistas como una admisión de culpa. En su lugar, diga por qué usted no puede hacer el comentario. Por ejemplo, en este momento estamos investigando la situación, por lo que no es posible aún comentar nuestros hallazgos.
3. *Diga siempre la verdad*: si se trata de un problema en el cual usted tiene parte de la responsabilidad (por ejemplo, errores de juicio), explique esto, pero mencione muchos aspectos positivos que sobrepasen los negativos. Por ejemplo: "inicialmente tuvimos dificultades con nuestros procedimientos de comunicación, pero los mismos han sido corregidos y a continuación de este incendio todo el plan de emergencia será revisado y perfeccionado."
4. *Nunca especule*: comente sólo los hechos; "el resto se está investigando", "no está confirmado" o "aún no se conoce".
5. *No hable fuera de lo registrado*: Aunque usted tenga buenas razones para confiar en la honestidad del periodista, si hace otros pronunciamientos fuera de lo formalmente expuesto, debe tener en cuenta que cualquier comentario que haga puede hacer el juego a alguien que persigue una buena historia.

Otras precauciones generales.

- Responda las llamadas de los medios tan pronto como sea posible. Esto da tiempo para que los periodistas procesen la información que usted les ha proporcionado y construyan sus historias en lugar de añadirle la mayor parte a una historia que ha sido previamente escrita.
- Acuda a la entrevista con dos o tres aspectos clave que usted desea que el periodista presente al público. Repita esas cuestiones muchas veces.
- Asuma que el periodista no tiene información de base acerca del asunto, explíquelo todo.
- Evite la jerga técnica (de otra manera él simplificará las cosas por usted, posiblemente de forma incorrecta).

continúa..

- Acuda preparado con un resumen escrito de la información de riesgos (por ejemplo, enfermedades que han ocurrido, factores relacionados, tasas, factores de confusión, normas, valores guía).
- Manténgase dentro de los límites de su experticia. Acuda a otros cuando esté indicado.
- No diga más de lo que usted quiere.
- No comente hechos o cifras que usted no haya visto o analizado.
- Si usted no sabe, indique que desea verificar los hechos y que regresará con la información.
- Si las preguntas comienzan a hacerse repetidas, el especialista de salud puede terminar la entrevista diciendo: yo pienso que lo hemos abarcado todo. ¿Por qué no me llama después si a usted se le presentan nuevas interrogantes?
- Si un reportero lo está presionando, permanezca calmado. Pedirle que repita la pregunta le confiere tiempo para controlar la tendencia a enojarse.
- Si usted ha cometido un error, debe evaluar su orgullo ofendido contra el logro de su propósito general. Podría resultar mejor hacer sólo una llamada telefónica al reportero y explicar el error (usted podría considerar el envío de una carta cortés al reportero; de este modo dispone de documentación de la versión correcta con fines legales).
- Combata la tendencia de los periodistas de dicotomizar el riesgo (por ejemplo ¿hay riesgo? Sí / No. Haga lo máximo por hacerles comprender el grado del riesgo.)
- En la conclusión de la entrevista, usted tiene la libertad de preguntar al periodista acerca de su interpretación del asunto y qué parte de la información que usted ha proporcionado será utilizada. Aunque los periodistas no tienen la obligación de revelar esas cuestiones, a menudo colaborarán, y esto podría proporcionar una oportunidad para aclarar una confusión antes que la misma termine en la imprenta.

4.4 La prevención y el control de las exposiciones

4.4.1 UN ESQUEMA PARA EL ABORDAJE DE LAS ESTRATEGIAS DE CONTROL

La prevención y el control de las exposiciones constituye una fase esencial del manejo de riesgo (Figura 4.1). El modelo clásico de la higiene ocupacional para el control del peligro (tal como se expone en cualquier texto de higiene industrial), indica que la situación ideal es prevenir totalmente las exposiciones. Esto es conocido como *control en la fuente*, y emplea la sustitución o el encapsulamiento del peligro, así como otras medidas. Si esto no puede ser logrado, la exposición deberá ser reducida *a lo largo de la ruta* de exposición, mediante la ventilación, el empleo de barreras protectoras, o medidas relacionadas. Sólo en tercer lugar, la exposición debería ser controlada a nivel personal, empleando

equipos de protección personal, controles administrativos, u otras medidas de prevención primaria tales como entrenamiento del personal, o aún medidas biológicas tales como la inmunización. La medida final para controlar un peligro es la prevención secundaria, por ejemplo, la detección temprana de efectos de la exposición y la subsiguiente remediación. La jerarquía de las medidas para el control de un peligro se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Jerarquía de las medidas de control en la industria.

Estadios
1. Control en la fuente
• Sustitución
• Medidas de ingeniería para el control
• Ventilación general
2. Control a lo largo de la ruta de exposición
• Ventilación para la extracción
• Barreras protectoras
3. Control a nivel personal
• Equipos de protección personal
• Entrenamiento
• Controles administrativos (p. ej. rotación o cambio de personal)
4. Prevención secundaria

La misma jerarquía de controles puede ser utilizada en el control de los peligros del ambiente para la salud mediante normas reguladoras. La figura. 4.2 hace un esquema de éstas.

Debe tenerse en cuenta que las medidas pueden ser tomadas en más de un punto. Las decisiones tales como los puntos de intervención, así como el tipo de medidas y el nivel de control a ser adoptados deben tener en cuenta las características químicas y físicas del peligro, su transporte a través del ambiente y otras posibles exposiciones contaminantes. Otros elementos que deben considerarse son: la tecnología disponible, los recursos financieros tanto de la industria como del gobierno que deben exigir o ejecutar las decisiones, así como el respaldo legal y las tradiciones culturales de las jurisdicciones.

4.4.2 CONTROL EN LA FUENTE

Un peligro puede ser controlado en la fuente mediante su completa eliminación, o por medios novedosos de ingeniería para eliminar o minimizar la exposición al peligro. La *extracción mediante ventilación local* captura los contaminantes

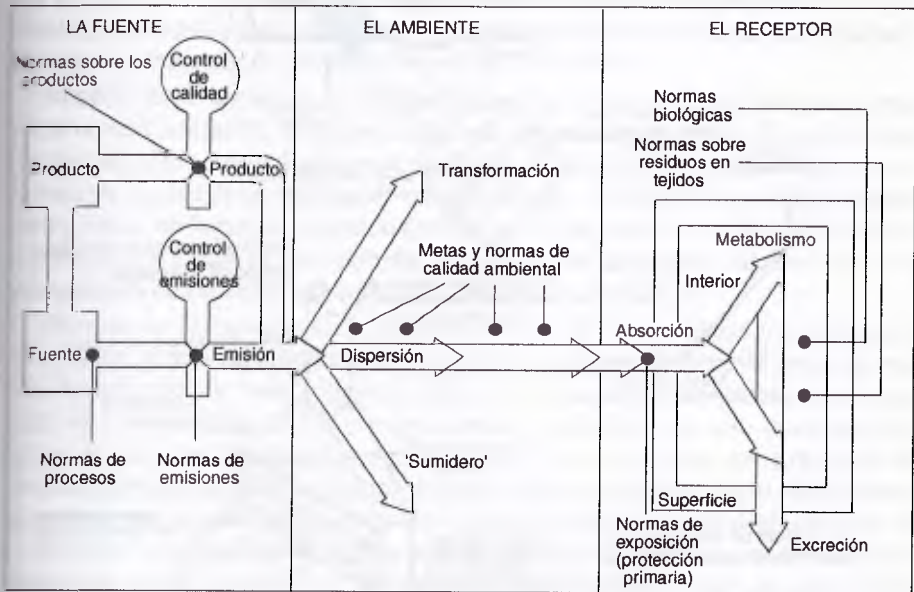


Figura 4.2 Vía seguida por el contaminante con indicación de los puntos en los que se pueden establecer normas. (Fuente: de Koning, 1987.)

del aire en o cerca del lugar donde los mismos son generados y los extrae del lugar de trabajo. Para algunas exposiciones, por ejemplo en la soldadura, los gases y vapores producidos son eliminados de forma mucho más efectiva mediante la extracción por ventilación local que mediante ventilación general. Ello resulta también más económico debido a que requiere movilizar un menor volumen de aire. Un sistema de extracción mediante ventilación local generalmente incluye una cámara o campana, un conducto para la extracción, un dispositivo para el suministro de aire limpio y un ventilador que arrastra el aire contaminado a través del sistema de extracción y lo descarga al exterior. El sistema debe ser diseñado de forma tal que capture los contaminantes antes que estos alcancen la zona donde respiran los trabajadores. Las campanas sobre la cabeza no deben ser utilizadas si por su diseño arrastran los contaminantes sobre los trabajadores en lugar de alejarlos de éstos. La Figura 4.3 muestra tres ejemplos de ventilación local de extracción para operaciones de soldadura.

Como se muestra en la Figura 4.2, el control en la fuente puede ser regulado por normas de productos, normas de procesos y normas de emisiones.

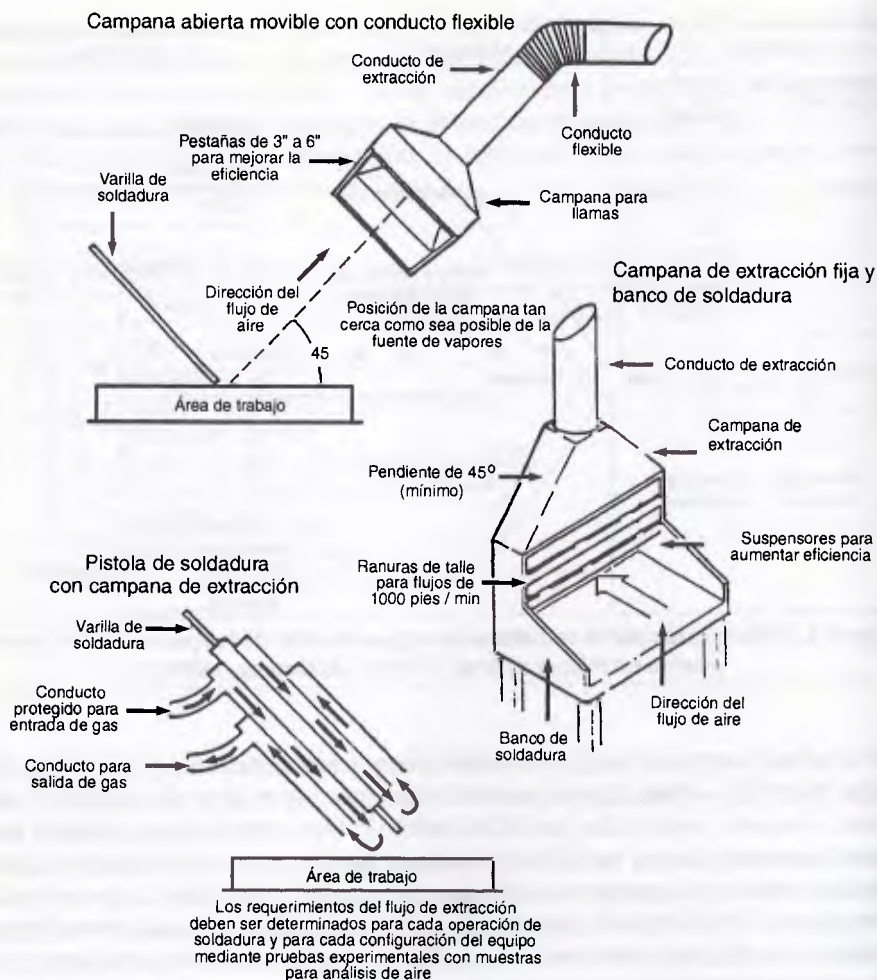


Figura 4.3 Ejemplos de extracción por ventilación local en soldadura. (Fuente: Canadian Centre for Occupational Health and Occupations Safety Fact Sheet.)

Normas de productos: si una sustancia no tiene un nivel de umbral conocido de efectos o no ha sido adecuadamente probado, puede tener sentido si se rediseña el producto que utiliza esa sustancia o se busca un sustituto de la misma. Los gobiernos pueden prohibir el uso de una sustancia para propósitos específicos.

Por ejemplo, en Suecia se ha prohibido el uso del cadmio excepto para electroplatinado, pigmentos y estabilizadores para plásticos y en soldaduras si el producto no se pone en contacto con agua de bebida o alimentos.

Normas de procesos: si en el desarrollo de un proceso de manufactura interviene un contaminante, los gobiernos pueden fomentar el empleo de otros procesos de manufactura mediante medidas tales como incentivos arancelarios o información acerca de programas de modificaciones. Otra opción es la legislación, por ejemplo, en Japón la situación creada por la enfermedad de Minamata incitó al gobierno a exigir el reciclaje de toda agua con contenido de mercurio y la sustitución de las celdas de mercurio con otras tecnologías.

Normas de emisiones: los límites de emisiones de descargas industriales al aire o agua, y más recientemente al suelo, han existido durante décadas en muchas jurisdicciones. Esas normas pueden ser expresadas en términos de concentraciones permisibles de los contaminantes en unidades de aire emitidas o en aguas de desecho descargadas por una fuente, o en términos de carga total de contaminante por unidad de tiempo, unidades de producción, o unidades de energía o materias primas. Las normas de emisiones o efluentes también pueden ser expresadas en términos de daños para la salud o el ambiente, referidos a un método de control específico. Este enfoque implica la utilización del mejor control tecnológico disponible y económicamente factible.

Las normas pueden también referirse a prácticas de operación, incluyendo medidas de mantenimiento para evitar escapes o derrames, medidas para promover la limpieza de efluentes, el almacenamiento cuidadoso y la segregación de los desechos. Las mismas pueden estipular la limpieza y el mantenimiento de los equipos, así como el entrenamiento. También se debe requerir plan de medidas de emergencia. De hecho, muchas jurisdicciones poseen regulaciones concernientes al envase, almacenamiento, manipulación, transportación y la disposición de sustancias tóxicas.

Preguntas para estudio

Considere las ventajas y desventajas de una medida basada en el enfoque de la mejor práctica disponible al compararla con una norma de emisión o de efluente:

- ¿Cuál preserva mejor la calidad del ambiente en áreas no contaminadas?
- ¿Cuál estimula más el desarrollo de nuevas tecnologías para reducir la contaminación?
- ¿Cuál está mejor relacionada con los problemas de salud actuales?

4.4.3 CONTROL A LO LARGO DE LA RUTA

Una norma de calidad ambiental puede variar desde un valor guía (o lineamiento), el que se establece para proveer determinado grado de protección a la salud, hasta una norma reguladora que especifica concentraciones permisibles del contaminante, los requerimientos de cumplimiento, prescribe los métodos y la frecuencia de muestreo y los métodos analíticos aceptados. El cálculo de las ingestas diarias admisibles para el agua de bebida ha sido analizado, en tanto que el desarrollo de los valores límites de umbral (VLU) serán analizados en el Capítulo 10.

Para los peligros químicos, la *extracción mediante ventilación local* pudiera considerarse como un ejemplo de control *a lo largo de la ruta* entre la fuente y el receptor. La ventilación general es un método común para el control de las exposiciones a agentes que no poseen toxicidad elevada. La ventilación general o ventilación para la dilución consiste en la introducción de grandes cantidades de aire al local de trabajo (u otros ambientes peligrosos) tanto por medios naturales, tales como mediante la abertura de puertas y ventanas, como por el uso de ventiladores que movilizan grandes cantidades de aire. Más que extraer los contaminantes, la ventilación general los diluye en un volumen lo suficientemente grande para alcanzar una concentración aceptable del contaminante. Para los peligros físicos, tales como el ruido, la ubicación de barreras puede resultar efectiva.

4.4.4 CONTROL SOBRE LA PERSONA O EL RECEPTOR

También puede ser regulado el control sobre la persona expuesta o “el receptor” (Figura 4.2). *Los controles administrativos*, que incluyen la reducción del número de trabajadores expuestos y la duración de la exposición, se encuentran cargados de controversias. Resulta evidente que sólo deben permanecer en el área riesgosa aquellos trabajadores necesarios para realizar un trabajo específico en la misma. Los trabajadores de mantenimiento o de limpieza, los electricistas u otros, deberán realizar su trabajo cuando el proceso peligroso no se encuentre en operación. Los trabajadores de mantenimiento pueden estar más altamente expuestos que los propios operadores del proceso debido a que no se han desarrollado procedimientos para su protección, a pesar de que sus labores a menudo requieren una estrecha proximidad a los procesos peligrosos en las plantas. Por ello, en los procedimientos de seguridad a los riesgos químicos, deben incluirse medidas especiales para la protección de los trabajadores de mantenimiento. Aunque la reducción del período de tiempo y la frecuencia de la exposición de los trabajadores puede ser lograda mediante un sistema de rotación de las tareas, esto no resulta aceptable; simplemente exponer a un mayor número de trabajadores con una frecuencia menor a niveles inaceptablemente elevados no constituye una alternativa para reducir los niveles de exposición.

El uso de *dispositivos de protección personal* (DPP) debería ser empleado solamente después de que los controles mediante la sustitución y las medidas de ingeniería hayan sido implementadas en todo lo posible. Los dispositivos de protección personal incluyen las máscaras faciales, respiradores, guantes, botas de goma, ropas protectoras, gafas y lentes protectores, cascos resistentes, protectores de la audición y otros. La Tabla 4.4 presenta un sumario de las etapas y los recursos requeridos para un programa de protección mediante equipos personales. La Figura 4.4 muestra a un minero de uranio con los DPP y el equipo de monitoreo.

Tabla 4.4 Aspectos clave para un programa de protección personal.

-
- Equipamiento adecuado
 - Programa de entrenamiento completo
 - Pruebas de ajuste
 - Mantenimiento regular de los equipos
 - Lugar de almacenaje seguro y limpio para el equipo de seguridad personal de cada individuo.
-

El Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS) ha establecido lineamientos respecto a cada uno de los aspectos anteriores, con especificaciones acerca de cómo seleccionar el equipamiento apropiado (vea *Cómo utilizar las Guías de Salud y Seguridad del IPCS*, UNEP/ILO/WHO, 1993.)

Preguntas de repaso

Considere usted si está de acuerdo o no con el criterio de que el equipamiento para la protección personal debe considerarse entre las últimas opciones de control. ¿Por qué lo afirma o lo niega? ¿Bajo qué circunstancias?

Otras medidas a nivel del individuo expuesto incluyen la inmunización contra los peligros de infecciones. Los lineamientos respecto a qué trabajadores deben recibir las inmunizaciones se proveen por distintas agencias y organizaciones internacionales. Es importante considerar distintos aspectos, tales como si esas inmunizaciones deberían ser voluntarias u obligatorias, cuáles son los riesgos involucrados, y cuáles son las implicaciones para el individuo en caso de un fracaso de la respuesta inmune.

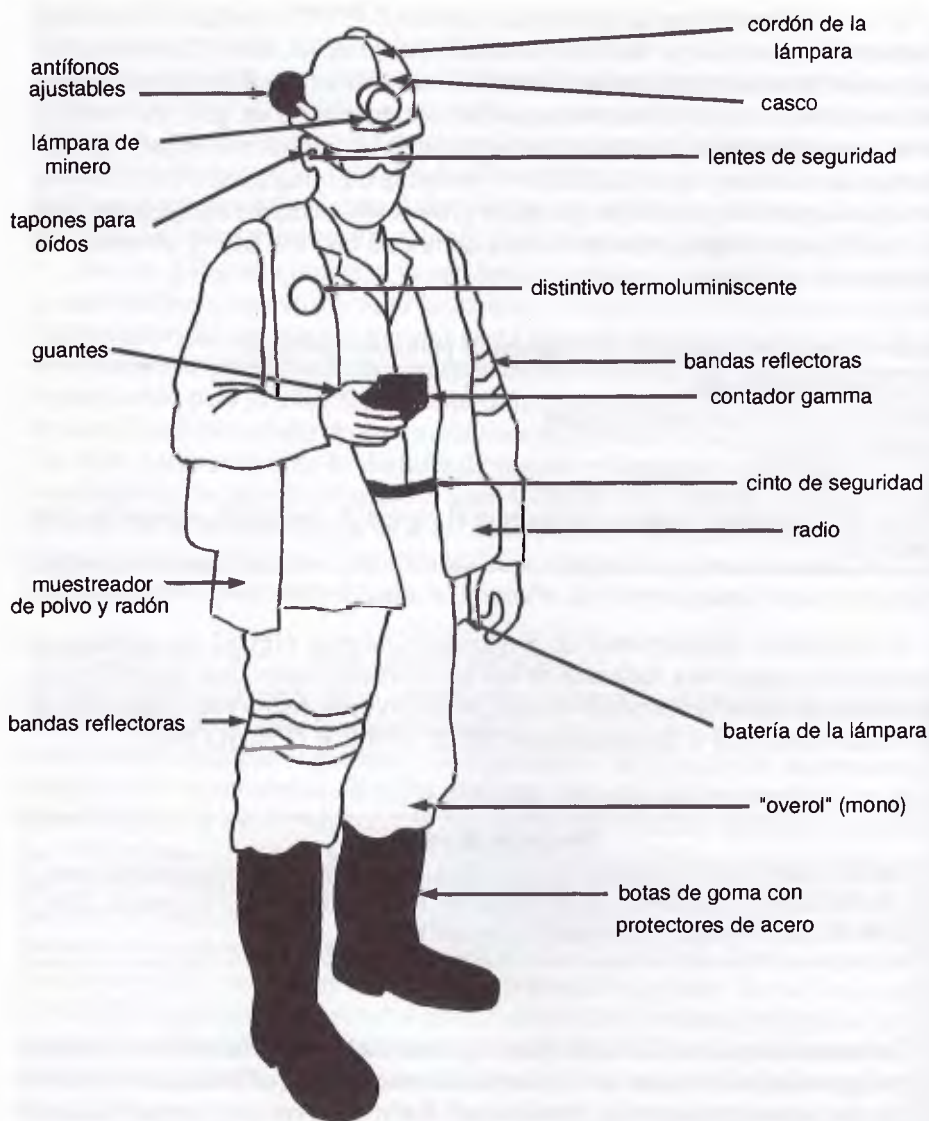


Figura 4.4. Minero con equipo de protección personal y para monitoreo de la exposición. (Reimpreso de Carneco Corporation, McArthur Mining Development Environmental Impact Statment, 1996.)

Pregunta de repaso

Piense en un ejemplo del uso de la inmunización en un contexto de salud ocupacional y considere las ventajas y desventajas de esta práctica. ¿Debería ser obligatoria esta inmunización? ¿Por qué sí o no?

4.4.5 LA EDUCACIÓN PARA LA SALUD COMO UNA HERRAMIENTA DEL MANEJO DE RIESGOS

Muchos riesgos para la salud tienen un componente en la conducta. Por ejemplo, al proveer ropa de trabajo con fines protectores, pudiera preverse que las mismas proporcionen una adecuada protección contra la exposición, pero puede que no sean cómodas para el trabajo. Esta pudiera ser una razón para que los empleados no la usen durante todo el horario de trabajo. Por otra parte, los lineamientos o procedimientos de seguridad pudieran no ser observados por distintas razones, incluyendo el hecho de que los mismos necesitan el empleo de tiempo o que se consideren redundantes.

Con el advenimiento del criterio generalmente aceptado de que numerosas enfermedades deberían ser prevenidas en lugar de curarlas, la importancia de la educación para la salud dentro de la promoción de la salud pública se ha hecho cada vez más obvia. En la educación para la salud existen diferentes instrumentos que pueden ser usados para educar al público, incluyendo los anuncios televisivos, los anuncios de grupos o instituciones y conferencias a nivel local. Sin embargo, un concepto erróneo frecuente, es que la transferencia de conocimientos e información relevante a la población de interés por sí misma, dará como resultado modificaciones en la conducta. Para lograr finalmente cambios en la conducta, antes deberá seguirse una serie de pasos cruciales:

- Análisis del problema: caracterizar la relación entre el problema de salud y la conducta humana.
- Determinantes de la conducta: identificar los factores que determinan una conducta específica.
- Opciones de cambio de conducta: evaluar la importancia relativa de los factores determinantes y la cuantía en que los mismos pueden ser modificados.
- Planificación de la intervención: determinar cómo puede ser modificado más exitosamente el comportamiento.
- Implementación de la intervención.
- Evaluación: precisar el efecto de la intervención.

Cuando la relación entre el problema de salud y la conducta humana no está bien establecida, o cuando la conducta sólo tiene una importancia menor en la magnitud del problema, es poco probable que una intervención planificada para modificar la conducta produzca un mejoramiento significativo de la salud pública.

Los tipos más importantes de determinantes de la conducta incluyen: la acti-

tud, las influencias sociales, la percepción del control de la conducta, conocimientos y barreras (ver Cuadro 4.2 y Figura 4.5). Cuando se intenta modificar elementos específicos de la conducta, resulta esencial comprender las razones que determinan esa conducta indeseada. Un individuo pudiera intentar asumir una conducta deseada pero simplemente no es capaz de hacerlo; por ejemplo, alguien pudiera desear reducir la exposición a solventes orgánicos presentes en la pintura mediante el empleo de pinturas con base acuosa, pero no puede alcanzar este objetivo por un par de razones: este tipo de pinturas no están disponibles en esa población (falta de opción alternativa), o las mismas resultan demasiado costosas (barrera económica).

Cuadro 4.2.

Teoría de la conducta planificada

En la Figura 4. 5 se indican los principales determinantes de la conducta de acuerdo con la teoría de la conducta planificada (Azjen, 1991). En este modelo se considera que la intención captura los factores motivacionales que determinan la conducta e indica qué tan fuerte es el compromiso de las personas para desarrollar esa conducta. El primer determinante de una intención es la *actitud*, que se refiere al grado con que un individuo evalúa una conducta como favorable o desfavorable. El segundo determinante es la *presión social* que se percibe para realizar o renunciar a la conducta. El *control conductual percibido* es el tercer determinante. Este factor se refiere a la dificultad o facilidad percibida para desarrollar la conducta y se considera que refleja la experiencia pasada y los impedimentos y obstáculos que pueden anticiparse. Sin embargo, la fuerte intención para realizar una conducta no implica necesariamente que uno va a desarrollarla con éxito. Los factores no motivacionales como la disponibilidad de recursos (dinero, cooperación, habilidades) o las oportunidades, determinan el control real de las personas sobre su conducta.

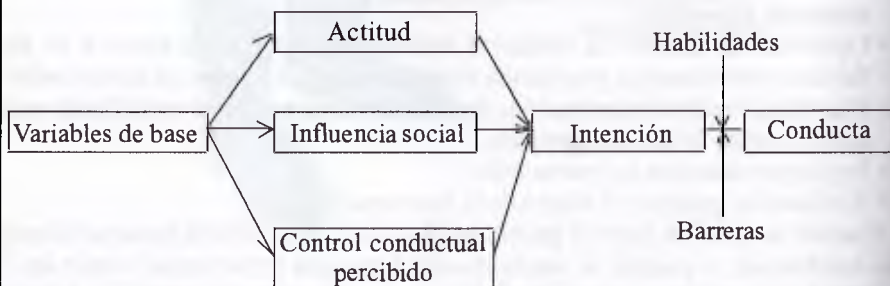


Figura 4.5 Determinantes de la conducta

4.5 Principios en comunicación de riesgos

La *comunicación de riesgos* se define como la difusión intencionada de información acerca de la existencia, naturaleza, forma, severidad o aceptabilidad de riesgos. Los objetivos de la comunicación de riesgos pudieran ser desde alertas al público o a los encargados de la toma de decisiones de un riesgo significativo del cual no están advertidos, hasta calmar las inquietudes acerca de un riesgo pequeño que el público o los encargados de la toma de decisiones perciben como grande.

Con el incremento del interés público acerca de diferentes riesgos ambientales para la salud, ha tenido lugar por parte de los profesionales de la salud, un incremento en las necesidades de información que explique la naturaleza del riesgo en términos claros y comprensibles y que transmita credibilidad e integridad. Se ha prestado un interés cada vez mayor a que la comunicación responda no sólo al deseo del público de ser informado, sino también para vencer la oposición a las decisiones y el desarrollo de alternativas efectivas en la regulación directa del control. Esas alternativas pueden requerir una mayor responsabilidad por parte de los individuos, agencias o corporaciones privadas.

La estrategia de manejo dirigida a la localización de los riesgos considerando la variabilidad en la percepción del riesgo, fue analizada en la Sección 4.2. La misma puede ser puesta en tensión por la mera diseminación de información, sin observar los principios de la comunicación, dando lugar a mensajes que dan una inefectiva estimación del riesgo y de las medidas para el control del peligro. Las siete reglas cardinales en la comunicación de riesgo establecidas por la USEPA (Tabla 4.2) ya fueron expuestas en la sección 4.3.3 de este capítulo.

4.6 Monitoreo del riesgo y empleo de indicadores

Los métodos de monitoreo de la exposición fueron discutidos con anterioridad, incluyendo los aspectos a favor y en contra del monitoreo biológico y se enunciaron diferentes métodos de vigilancia en salud. El monitoreo de riesgos puede ser considerado como una forma de evaluar la efectividad de la combinación de medidas empleadas para el manejo de riesgos. Las variables usadas en el monitoreo de riesgos se denominan comúnmente "indicadores". Estos indicadores deben ser confiables, fáciles de medir año tras año, relacionados estrechamente con los riesgos para la salud o la medición de la ocurrencia de efectos y muy relacionados con la oportunidad de exposición a los peligros ambientales. Además, la ocurrencia de efectos sobre la salud empleados para este propósito deben tener lugar un corto tiempo después de la exposición. Algunos indicadores propuestos para su uso en el monitoreo de la situación de salud ambiental en las poblaciones son la tasa de diarrea (reflejando la calidad del agua), la frecuencia

de crisis de asma en individuos asmáticos (reflejando la calidad del aire), la tasa de incidencia de leptospirosis (reflejando la exposición a ratas), la tasa de casos nuevos de pérdida auditiva inducida por el ruido (reflejando la exposición al ruido en el puesto de trabajo), y las pruebas del nivel de plomo en sangre de las personas residentes en un área (reflejando la exposición a plomo en la comunidad).

Algunos de estos indicadores, tales como las enfermedades diarreicas, se ha visto que funcionan mejor que otras. Las tasas de asma no funcionan tan bien como uno pudiera esperar, debido a que su relación con la exposición a los factores ambientales es complicada por muchos otros factores que provocan crisis asmáticas, algunos de los cuales, como la exposición a alérgenos, pueden resultar más poderosos que la contaminación del aire en la provocación de este efecto. Por otra parte, las tasas de cáncer no funcionan muy bien para el monitoreo del comportamiento de la exposición a los peligros ambientales, debido a que estos efectos tienen lugar con un retardo de muchos años. Los indicadores adecuadamente seleccionados para que resulten informativos y prácticos en una situación determinada, ofrecen un cuadro de cómo están cambiando los riesgos ambientales para la salud en una población y cómo están funcionando las acciones sobre el ambiente y la salud pública en el control de los riesgos; también son útiles para comparar el comportamiento del problema entre estados o unidades para seleccionar alternativas de control de riesgo, o para detectar la presencia de un peligro que requiere atención.

4.6.1 SISTEMAS DE VIGILANCIA EN SALUD

La vigilancia sistemática en salud es desarrollada mediante el funcionamiento rutinario y estandarizado de un grupo de pruebas para la identificación temprana de algunos (a menudo específicos) problemas de salud a intervalos regulares, usualmente anuales. Ello es aplicado con frecuencia a trabajadores expuestos a peligros específicos, con el objetivo de detectar enfermedades ocupacionales en etapas tempranas y prevenir el empeoramiento de aquellas. Los exámenes periódicos de rayos X de tórax para identificar enfermedades pulmonares ocupacionales, tales como la silicosis y la asbestosis, han jugado el papel principal en el control de estas enfermedades. Desafortunadamente, la vigilancia sistemática en salud, por sí sola no puede prevenir las enfermedades profesionales y resulta inefectiva para muchas afecciones, tales como el cáncer pulmonar y otros, para los cuales no se logran las condiciones mostradas en el Cuadro 4.3.

4.6.2 NUEVAS TENDENCIAS ACERCA DEL EMPLEO DE LOS INDICADORES DE SALUD AMBIENTAL

En el proceso de monitoreo del manejo de riesgos es de particular importancia el establecimiento y empleo de *indicadores de salud ambiental*. Se han venido

Cuadro 4.3

Principios aplicados en la selección de pruebas de tamizaje para los sistemas de vigilancia

1. La prueba debe ser sensible y específica.

- *La sensibilidad* refiere la proporción de personas enfermas en la población que son correctamente identificadas por la prueba.

- *La especificidad* refiere la proporción de individuos no enfermos que son correctamente clasificados como tales por la prueba.

Una prueba con baja sensibilidad y alta especificidad puede ocasionar muchos resultados falsos negativos [c], en tanto que una prueba con alta sensibilidad pero poco específica puede producir muchos falsos positivos [b]. Considere que el *valor predictivo positivo* expresa la proporción de personas con resultado positivo de la prueba y que están verdaderamente enfermos. El *valor predictivo negativo* expresa la proporción de personas con resultados de la prueba negativos y que no están enfermos. Esos dos índices dependen de la sensibilidad y especificidad de la prueba, así como de la prevalencia de la enfermedad. Estos dos últimos índices son referidos con menor frecuencia que la sensibilidad y la especificidad, pero deben tenerse en cuenta al analizar la utilidad de una prueba de tamizaje.

2. La prueba debe ser sencilla y barata.

3. La prueba debe ser segura.

La prueba debe tener un alto grado de seguridad, lo que significa que será aplicada a un gran número de personas sanas, las que tendrán sólo un riesgo muy bajo de presentar el problema en cuestión.

4. La prueba debe ser aceptable.

La prueba no puede resultar inconveniente, ocasionar pérdidas de tiempo, incómoda o desagradable para los sujetos a los que será aplicable dicho tamizaje.

realizando esfuerzos significativos a escala internacional para el establecimiento de un grupo de indicadores comunes con los cuales evaluar la política de salud ambiental. Por ejemplo, un grupo de expertos se reunió con este propósito en marzo de 1993 en la Consultoría de Indicadores de Salud y Ambiente para Uso en Salud y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para Europa. Los expertos definieron una serie de indicadores ambientales clave, socioeconómicos y de salud, para su empleo en la región europea. Los indicadores ambientales potenciales se muestran en la Tabla 4.5.

Es importante resaltar que las pruebas de tamizaje constituyen sólo parte de un programa de vigilancia. Para hacer una vigilancia efectiva, los resultados deben ser analizados, puestos a disposición de las autoridades responsables de la conexión del problema, y debe haber un interés especial para actuar de acuerdo con esos resultados.

El Cuadro 4.4 muestra un ejemplo de un programa de vigilancia efectivo. En este caso la disminución mantenida de las intoxicaciones ocupacionales por plomo sólo ocurrió cuando el monitoreo biológico de las intoxicaciones ocupacionales mediante el reporte centralizado de las concentraciones de plomo en sangre fue combinado con los controles de higiene industrial y el establecimiento de los criterios normativos de las concentraciones de plomo en el aire (Yassi *et al.*, 1991; 1996).

Tabla 4.5 Indicadores ambientales potenciales para la evaluación de riesgos para la salud.

Sustancia o agente	Indicadores y medio	Estimador o sustituto
Indicadores de calidad del aire		
SO ₂	Concentración en aire	Excedencia del valor guía OMS o la norma nacional. Emisiones Uso de carbón para cocina o calefacción doméstica
NO ₂	Concentración en aire	Excedencia del valor guía OMS o la norma nacional. Emisiones Uso de carbón para cocina o calefacción doméstica.
Partículas	Concentración en el aire de PST o PM10	Densidad del tránsito Excedencia del valor guía OMS o la norma nacional. Humo negro Emisiones de PST Uso de carbón
Ozono	Concentración en aire	Emisiones
CO	Concentración en aire	Densidad del tránsito Uso de gas en la ciudad
Indicadores de calidad del agua		
Indicadores de calidad de agua potable	Dureza, color, sabor, pH, conductividad, SST, COV, DBO, COT, nitratos, nitritos, fosfatos.	Tratamiento del agua

continúa...

Tabla 4.5 Continuación...

Sustancia o agente	Indicadores y medio	Estimador o sustituto
Indicadores multimedios y otros		
COV	Concentraciones de COV específicos en aire y agua	Emisiones
HAP	Concentración de benzo (a) pireno en aire y alimentos	Uso de petróleo Quema de madera y carbón a pequeña escala. Densidad del tránsito
Metales y elementos traza	Concentraciones de Cd, Pb, As, Hg en tejido humano Concentraciones de Al en agua de beber	Concentraciones en aire, agua y alimentos Emisiones
Sustancias químicas orgánicas persistentes	Concentraciones de BPC, dioxina, etc. en tejido humano	Concentraciones en aire y alimentos Emisiones
Plaguicidas	Concentraciones en alimentos Concentraciones en suelo, agua Concentraciones en tejido humano	Producción / consumo Uso de plaguicidas, ventas Uso del terreno
Nitratos, etc.	Concentraciones de nitratos, nitritos, fosfatos, etc. en aguas superficiales Concentración en aguas subterráneas y alimentos	Uso de fertilizantes Empleo de aditivos alimentarios
Patógenos y alergenicos	Patógenos de origen alimentario Patógenos de origen hídrico Alergenicos de origen aéreo (p. ej. pólenes) Alergenicos en interiores	Concentración Uso del terreno / vegetación Humedad Calidad de la vivienda Tratamiento de aguas Tratamiento de aguas residuales Higiene de los alimentos
Radiación	Actividad de radón en el aire interior de viviendas Radiación solar Radiación equivalente en alimentos	Geología Horas de sol/nubosidad
Exposición al humo de tabaco	Cotina en orina	Concentración de partículas en el aire interior Mutagenicidad del aire

continúa...

Tabla 4.5 Continuación...

Sustancia o agente	Indicadores y medio	Estimador o sustituto
Molestias	Molestias causadas por olores	Consumo de tabaco Controles de fumar en edificios públicos, etc. Quejas, tratamiento de residuales
	Niveles de ruido en el hogar	Quejas, emisiones de ruido
	Ruido del tránsito	Densidad del tránsito

Los indicadores generales de salud para los cuales se dispone actualmente de información suficientemente detallada y confiable, están restringidos a mediciones de mortalidad y morbilidad. Los *indicadores potenciales de salud* considerados se muestran en la Tabla 4.6 (para un análisis más completo ver Corvalán y Kjellström, 1995, o Briggs *et al.*, 1997).

La clave para lograr un muestreo preciso de los riesgos ambientales y ocupacionales está dado por el acople entre los indicadores ambientales y de salud (Briggs *et al.*, 1996; Corvalán *et al.*, 1997). Para visualizar esas relaciones Corvalán y Kjellström desarrollaron el esquema DPSEEA (Fuerzas directoras – Presiones – Situación o Estado – Exposición – Efecto – Acción), expuesto en la Figura 4.6, como una adaptación del esquema PER (Presión-Estado-Respuesta) empleado por la OCDE y las Naciones Unidas para el desarrollo de indicadores para el Monitoreo del Desarrollo Sustentable. Los indicadores ambientales relacionados en la Tabla 4.5 son fundamentalmente indicadores del “estado” y algunos de los estimadores o sustitutos pudieran ser indicadores de “presores” o de “fuerza directoras”. La Figura 4.6 resalta la importancia de la “exposición” en el monitoreo de las fuerzas ambientales para la salud y la necesidad de incluir indicadores “de acción” en el monitoreo de la implementación del manejo de riesgos. La Tabla 4.6 expone algunos indicadores potenciales de salud ambiental.

4.7 Problemas especiales en el manejo de los riesgos ambientales para la salud

4.7.1 ANÁLISIS DE LAS PREOCUPACIONES DE LOS INDIVIDUOS RESPECTO A LA SALUD AMBIENTAL

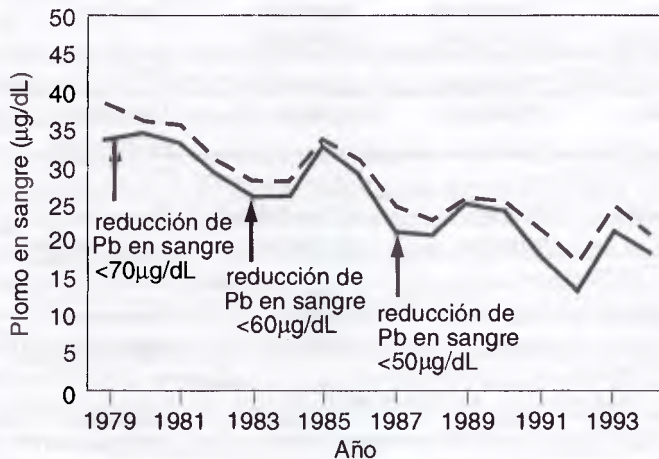
La medicina ocupacional y ambiental es la especialidad de la medicina dedicada a la identificación, evaluación, tratamiento y prevención de las afecciones relacionadas con el trabajo, y por extensión, la evaluación de las afecciones cuyo surgimiento o incremento se sospecha que tienen su origen en factores ambien-

Cuadro 4.4

Ejemplo de un programa efectivo de vigilancia para prevenir la intoxicación ocupacional por plomo en Manitoba, Canadá

En el período 1979-94 se desarrolló un análisis de 16,199 muestras de plomo en sangre de trabajadores de nueve tipos de puestos laborales considerados como de alto riesgo en Manitoba, como parte de un sistema integrado de vigilancia ocupacional. Se analizaron los niveles de las medianas ponderadas de plomo en sangre, así como la proporción de niveles superiores a las regulaciones propuestas a lo largo de los años. También se analizaron las tendencias en trabajadores individuales, así como en las empresas incluidas en el estudio.

Se encontró que en 1979 el establecimiento de la regulación gubernamental del nivel máximo admisible de plomo en sangre de $3.38 \mu\text{mol/L}$ ($70 \mu\text{g/dl}$) fue seguido por una disminución de las concentraciones de plomo en sangre; en 1983 la reducción de la concentración máxima permisible de plomo en sangre a $2.9 \mu\text{mol/L}$ ($60 \mu\text{g/dl}$) no fue seguida por una disminución de los niveles observados. El análisis longitudinal individual por trabajadores sugirió que las compañías estaban acatando la regulación mediante el uso de controles administrativos, por ejemplo, retirando a los trabajadores a áreas con menores niveles hasta que los valores de plomo hubiesen descendido, reintegrándolos luego a las áreas con altas concentraciones de plomo.



En 1987 fue establecida la retirada del puesto de trabajo con $2.4 \mu\text{mol/L}$ ($50 \mu\text{g/dl}$), limitando asimismo la exposición ambiental a $50 \mu\text{g/m}^3$. Este nuevo enfoque integrado trajo aparejado una significativa reducción de las concentraciones de plomo en sangre de modo general, así como en la mayor parte de las compañías con más alto

continúa...

riesgo. Además, se observó que esto se había conseguido en la mayor parte de las compañías sin haber tenido que recurrir a la rotación de los trabajadores.

Se concluyó que aunque resulta esencial la existencia de un riguroso límite de la concentración de plomo en sangre, el enfoque de control basado únicamente en el plomo en sangre resulta inefectivo para lograr su reducción. Las regulaciones deben incluir especificaciones acerca del monitoreo ambiental así como controles de la exposición, de modo que la vigilancia biológica sirva para evaluar la efectividad de esas medidas. Este análisis ilustra la utilidad de un sistema de vigilancia integral centralizado, vinculado a las inspecciones y el mejoramiento de las condiciones ambientales, así como el importante valor de la evaluación sistemática de la información relativa al monitoreo ambiental y biológico, la efectividad de las medidas y regulaciones establecidas y las correspondientes acciones derivadas de la interpretación de dicha información para lograr los objetivos del programa, en lugar de la implantación de medidas normativas preventivas de forma aislada, o la evaluación no sistemática de la efectividad de cada una de las medidas o esfuerzos reguladores.

Relaciones causa-efecto entre ambiente y salud

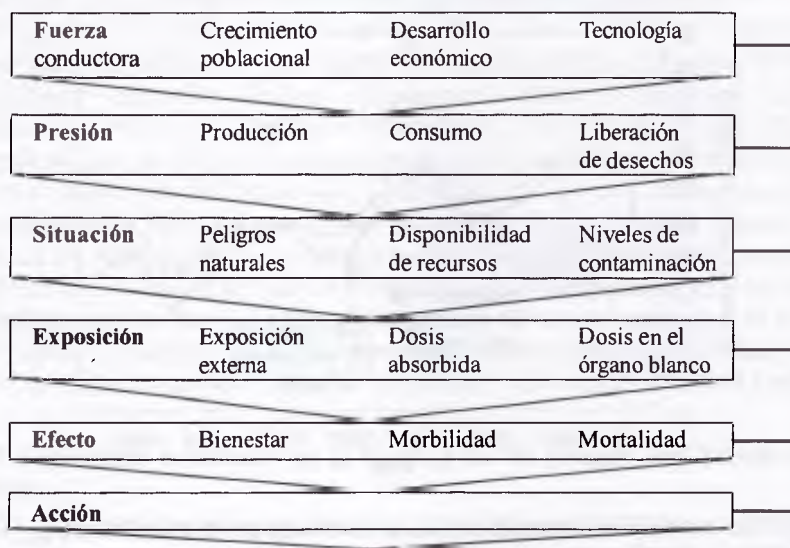


Figura 4.6 Diagrama DPSEEA para indicadores de salud ambiental.
(Fuente: modificado de Corvalán y Kjellstrom, 1995.)

Tabla 4.6 Indicadores potenciales de salud para la evaluación ambiental.

Indicadores generales	Mortalidad	Morbilidad
Morbilidad percibida	Expectativa de vida al nacer	Enfermedades respiratorias:
Índice de masa corporal	Todas las causas de muerte	⇒ asma bronquial
Expectativa de vida	(estandarizadas por edad y sexo)	⇒ enfermedades pulmonares
saludable	Muertes prematuras (0-64 años)	obstructivas crónicas
Peso al nacer.	Mortalidad por causas específicas	Cánceres:
		⇒ cáncer pulmonar
		⇒ leucemia
		⇒ cáncer de estómago
		⇒ mesotelioma
		⇒ cáncer de piel
		Alergia e hipersensibilidad
		Enfermedades cardiovasculares
		Enfermedades infecciosas
		Anomalías congénitas
		Enfermedades digestivas:
		⇒ enfermedad crónica del hígado
		Enfermedades ocupacionales
		Abortos espontáneos
		Intoxicaciones agudas

tales. De este modo, las personas que creen haber desarrollado un problema de salud ocasionado por el ambiente deberían, de forma ideal, consultar a un especialista en medicina ocupacional y ambiental.

Este campo tiene una historia que se remonta a escritores antiguos. Sin embargo, la especialidad en sí, se piensa que tuvo su inicio en el año 1700, cuando un médico italiano llamado Bernardino Ramazzini escribió la primera obra detallada al respecto. El alcance de la medicina ocupacional práctica se ha expandido en años recientes para incluir las enfermedades relacionadas con el ambiente, así como otras desviaciones de la salud claramente relacionadas con el trabajo. Con excepción de los lugares donde la ley establece la atención médica especializada como en Francia, la medicina ocupacional constituye a lo ancho del mundo, una pequeña especialidad, y sus practicantes tienden a trabajar para los gobiernos, las universidades, o las grandes empresas. Sin embargo, cualquier médico puede aplicar los principios esenciales de la medicina ocupacional y ambiental. También en el nivel del manejo de riesgos los médicos y los profesionales de la salud de otras especialidades pueden desempeñar un importante papel.

El primer paso para la identificación de un problema potencial de salud ambiental que preocupa a un individuo es comprobar si existe uno real. El proceso incluye: 1) el diagnóstico de la enfermedad, el que a su vez está basado en la

historia de los síntomas y sus patrones, el examen físico y los análisis de laboratorio; 2) evaluación de las exposiciones; y 3) determinación, comúnmente mediante la revisión bibliográfica, si la exposición pudiera haber causado la enfermedad en cuestión.

El reconocimiento de las lesiones ocupacionales resulta por lo general obvio. Sin embargo, el reconocimiento de las enfermedades ocupacionales o ambientales puede ser muy difícil. Muchas enfermedades ocupacionales y ambientales se asemejan a enfermedades por otras causas y sólo pueden ser identificadas realizando una cuidadosa historia ocupacional y ambiental. Ello es parte de la entrevista del médico cuando éste pregunta a los pacientes qué han hecho durante su vida y a qué agentes han estado expuestos en su trabajo y en la comunidad. La historia ocupacional ofrece muchas sugerencias que el médico puede seguir para determinar si un problema del paciente está relacionado con el trabajo.

Las enfermedades de origen ambiental resultan a menudo muy sutiles, pero muchos casos tienden a surgir asociadas a eventos específicos, tales como un incidente de nebulización con plaguicidas o un accidente industrial en la comunidad. En la medicina ambiental con frecuencia esto resulta difícil de conocer ante una enfermedad ya existente en la actualidad; a menudo los pacientes son remitidos para su evaluación, debido a que sus médicos no están seguros de que los efectos de una exposición sobre la salud puedan ser los responsables y desean tener la certeza.

En las enfermedades ocupacionales el diagnóstico es menos problemático que el establecer si una afección está relacionada con el trabajo. Por ejemplo, puede ser difícil probar que un cáncer estuvo relacionado con la exposición a asbestos 20 años atrás. El síndrome del túnel carpiano es una dolorosa afección neurológica ocasionada por la compresión de un nervio en la mano, pero que puede ser causada por muchos otros factores no relacionados con el trabajo, tales como el embarazo y algunas enfermedades; además de relacionarse con labores que involucran movimientos repetidos de las articulaciones de las manos. Las enfermedades de origen ambiental resultan a menudo más difíciles de identificar con certeza. Algunas afecciones, tales como el cáncer, y ciertos tipos de enfermedades pulmonares pueden ser el resultado de exposiciones laborales que tuvieron lugar años atrás.

El segundo paso en el seguimiento del problema es comúnmente el tratamiento. Por lo común no hay un tratamiento específico para una enfermedad ocupacional o ambiental, lo cual difiere mucho del tratamiento de la misma enfermedad si es ocasionada por cualquier otra causa. La separación de la exposición constituye el principal aspecto del tratamiento.

El tercer paso es la rehabilitación, el proceso de superación y adaptación a

las consecuencias de la lesión o enfermedad. A menudo el proceso de curación y el tratamiento lograrán la restauración de gran parte de las funciones temporalmente perdidas a consecuencia de la lesión, pero también pueden quedar secuelas permanentes. En las enfermedades ocupacionales y ambientales la forma más común de presentación espontánea es en un estado tardío de las mismas, y por ello la capacidad potencial de recuperación es limitada. Como ilustración general, según las estadísticas, luego de una lesión, mientras más tiempo el trabajador esté separado de su labor posteriormente a una lesión, menor será la probabilidad de su reintegración exitosa al puesto de trabajo. De modo tal que la intervención y reintegración temprana al trabajo, mediante el empleo de programas de trabajo modificado, resultan esenciales. De modo similar, el pronóstico de recuperación de una enfermedad como el asma ocupacional se incrementa dramáticamente mediante el diagnóstico y la rehabilitación funcional tempranos (por ej. retirando al trabajador de la exposición y encontrando para éste un empleo alternativo adecuado a sus condiciones de salud.)

La evaluación de la incapacidad es la medición desde el punto de vista médico del grado de pérdida de la función como consecuencia de la enfermedad o afectación. Por ejemplo, si una lesión de origen ocupacional ha tenido como resultado la reducción de la capacidad física o la posibilidad de realizarla, ésta puede ser medida. Si una enfermedad pulmonar ha reducido la capacidad respiratoria del paciente, y por lo tanto sus capacidades físicas, esto debe ser cuantificado. Desafortunadamente, el dolor no puede ser medido de forma objetiva, lo que ocasiona muchos problemas para la evaluación de la discapacidad. Esta evaluación es importante para determinar si el trabajador puede regresar al trabajo y el grado de discapacidad permanente resultante. La discapacidad permanente se refleja en los beneficios recibidos por el trabajador en términos de compensación laboral y dichos beneficios deben estar presentes en las gratificaciones otorgadas a las personas que presentan demandas de origen ambiental.

En la práctica, la evaluación y el manejo de un problema de salud ambiental, tanto en un individuo como en una población, casi siempre está a cargo de equipos integrados por diferentes especialistas. El Cuadro 4.5 constituye un ejemplo de un equipo multidisciplinario para la evaluación y el manejo en salud ambiental de un riesgo para la salud frecuente en puestos de trabajo.

4.7.2 EL MANEJO DE UNA EMERGENCIA AMBIENTAL

Ciertamente, el mejor manejo de una situación de emergencia en salud ambiental lo realiza un especialista entrenado en toxicología, epidemiología y salud pública. Estos especialistas no abundan y pueden no estar presentes o disponibles cuando

Cuadro 4.5

Un programa de vigilancia para el monitoreo del riesgo de pérdida auditiva inducida por el ruido

El control del ruido y la conservación de la audición constituye un ejemplo de cómo se interrelacionan las normas de salud ocupacional, la vigilancia periódica de la salud, el control del peligro, las medidas de protección personal, la medicina ocupacional y las políticas de las empresas con el objetivo de controlar un problema de salud ocupacional. Los autores de la monografía *Criterios de salud ambiental del ruido*, de la OMS (WHO, 1980a) concluyeron que la pérdida auditiva inducida por el ruido se produce a partir de 75 dB A. Sin embargo muchos países han adoptado un nivel máximo de exposición ocupacional promedio de 90 dB A para 8 horas de trabajo ya que se consideró demasiado costoso es establecer reducciones para exposiciones menores. A las fábricas y otros lugares de trabajo con niveles de ruido próximos a 90 dB A se les exige la realización de estudios para la evaluación de los niveles sonoros; el nivel de ruido se determina mediante equipos que miden el nivel de ruido y dosímetros (los que evalúan el nivel promedio para las de 8 horas de jornada laboral). Si el nivel sonoro promedia o supera 85 dB A, el empleador debe poner en práctica un programa para la protección de la audición en ese puesto o lugar de trabajo; sin embargo, investigadores de la OMS (1980 a) señalan que sería mejor establecer estos programas a partir de 75 dB A.

Las medidas para la conservación de la audición incluyen el control de las fuentes de ruido (mediante el uso de cubiertas acústicas, contenedores a prueba de ruido, montajes absorbentes de ruido para los equipos vibratorios, y cualquier otra medida que resulte necesaria), proveer a los trabajadores de dispositivos de protección personal de la audición (tapones de oídos, cubiertas protectoras de oídos), y la realización de exámenes audiométricos anuales. Mediante un equipo denominado audiómetro, un técnico mide la capacidad de los trabajadores para percibir ruidos de diferentes tonos o frecuencias; el sonido más bajo audible en ese tono se denomina como el umbral de audibilidad. Cuando el trabajador presenta pérdida de la audición en un tono dado, a ello se le denomina *modificación (elevación) permanente del umbral*.

La pérdida auditiva inducida por el ruido comienza específicamente con una pérdida en la frecuencia de 4000 Hz, posteriormente empeora, afectando también a otras frecuencias menores, en las que se desarrolla la comunicación oral. Un signo temprano de pérdida auditiva puede estar dado por la prolongación del tiempo de recuperación de la elevación transitoria del umbral auditivo de los oídos del trabajador algunas horas después de cesar la exposición al ruido.

Cuando estos signos están presentes o se ha constatado una elevación permanente inicial, el médico ocupacional debe determinar si la causa es realmente la exposición al ruido, si el ruido está asociado al trabajo (algunos trabajadores acostumbran a oír

continúa...

música muy alta, tienen pasatiempos tales como el disparo de armas de fuego, o presentan pérdidas auditivas relacionadas con armas de fuego en el servicio militar), y cuán grande es la pérdida auditiva. Si se identifica un nuevo caso de pérdida de la audición inducida por el ruido laboral, ello indica que el sistema de protección de los trabajadores contra la pérdida de la audición, ha fallado de alguna manera y que el lugar o puesto de trabajo donde ocurrió la pérdida auditiva requiere atención para mejorar el control del ruido.

Todas las partes de este programa de conservación de la audición deben trabajar unidas, incluyendo el mantenimiento de los registros de ruido, y la identificación de casos nuevos tan temprano como sea posible mientras aún haya tiempo de prevenir pérdidas auditivas severas. Éste es también un ejemplo de cómo los programas de tamizaje y otros procedimientos aplicados a grupos de trabajadores dan lugar a beneficios particulares y a la identificación de necesidades particulares.

ocurre un incidente. En la práctica, casi cualquier profesional de la salud pudiera enfrentarse a un problema relacionado con exposiciones peligrosas. En cooperación con ingenieros sanitarios, y tecnólogos relacionados con la seguridad pública, el practicante ubicado en áreas rurales o remotas pudiera tener que servir como consultante en salud ambiental aún sin preparación previa.

En el análisis del papel de los profesionales en salud ambiental en estas situaciones, debemos tener en consideración cuatro áreas principales:

1. Qué hace el profesional ante una emergencia.
2. Cómo actúa en la práctica el profesional ante casos sospechosos de intoxicación.
3. Cómo actúa el profesional ante las personas "justamente preocupadas" por los efectos tóxicos y que probablemente estén afectadas.
4. Cómo actúa el profesional con los trabajadores involucrados en las operaciones de limpieza.

A continuación se expone un listado de preguntas básicas para el comienzo (Guidotti, 1996). Un cuidadoso enfoque metodológico es tan importante como un conocimiento detallado de los peligros que están presentes.

Generalmente se desarrollan tres pasos básicos que tienen que ver con el sentido común. El primer paso es *evaluar* el problema, el segundo es *contenerlo*; el tercero y principal para el profesional de salud ambiental (u otro ejecutante) es el *manejo* de los efectos sobre la salud.

Primer paso: evaluar el problema

El papel principal del profesional de la salud en la práctica es la de asesor y

proveedor de información técnica. Para el desempeño de este papel, el profesional de la salud necesita obtener la mayor cantidad de información y lo más precisa posible concerniente a:

- a) ¿Qué sustancias peligrosas están involucradas?
- b) ¿Cuál es su toxicidad y los peligros de su empleo?
- c) ¿Cuántas personas están expuestas en este momento y cuántas pudieran estar expuestas en el futuro cercano?
- d) ¿Existen entre estas personas algunas que pueden presentar un riesgo excepcionalmente elevado?

Esta información puede cambiar constantemente durante un episodio real. En un incidente típico, existen innumerables reportes falsos, dudas y datos posteriores. El profesional encargado debe estar preparado para actuar con flexibilidad.

La identificación correcta de las sustancias involucradas resulta esencial. Las etiquetas de los contenedores pueden ser incorrectas debido a que esos recipientes pueden haber sido utilizados en varias ocasiones. Las muestras deben ser tomadas por un especialista en salud ambiental o un higienista industrial que posea equipos de protección personal.

A pesar de que exista urgencia para actuar, como en un incendio o un derrumbe, usualmente resulta sabio dejar el material en reposo hasta que el mismo sea identificado y sean tomadas todas las precauciones disponibles. Si una situación de urgencia obliga a actuar antes que el material sea identificado, lo más prudente es asumir lo peor, hasta en tanto aquel sea identificado como de menor toxicidad. Los materiales desconocidos a menudo pueden resultar poco tóxicos; sin embargo, con frecuencia crean gran ansiedad, debido al uso del equipo de protección por parte del personal que enfrenta la emergencia.

Una vez conocida la identidad del material puede ser determinado el peligro potencial. Existen numerosas fuentes de información acerca de la toxicidad y los peligros de las sustancias químicas de uso individual y comercial.

A los usuarios de materiales peligrosos, en muchas jurisdicciones se les exige por ley poseer un documento que indique la *relación de medidas de seguridad del material* (RMSM) preparado por el productor (ver Capítulo 3.) Las RMSM, por lo común ofrecen una información suficientemente amplia acerca de las medidas de seguridad de las formulaciones químicas, aunque casi siempre incompleta respecto a la descripción de los efectos tóxicos. Al respecto son usualmente pobres o carecen de información acerca de los efectos crónicos. Muchas formulaciones químicas son mezclas, y sus formulas se consideran como secretos de la firma. Las RMSM pudieran no identificar las sustancias tóxicas específicas o sus partes. Asimismo, las de muchas compañías están incompletas y no todas las de los compuestos pertinentes están disponibles en corto tiempo.

Otras fuentes de información son las bibliotecas médicas y las jurídicas, que a menudo también poseen trabajos de toxicología. Ambas incluyen por lo común las normas de referencia para trabajos de toxicología y pueden ofrecer búsquedas computarizadas de bibliografía para los usuarios. Muchos libros de texto de medicina conocidos poseen la información pertinente acerca de exposiciones a sustancias tóxicas. Los servicios de defensa civil y los centros para el control de envenenamientos pueden ser excelentes fuentes de información y asesoría. El Cuadro 4.6 refiere un listado de materiales con información acerca de peligros ambientales específicos procedentes de agencias relacionadas con el Programa Internacional de Seguridad Química (IPSQ).

Cuadro 4.6

Recursos informativos provistos por las agencias en el Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS*)

Material publicado por la OMS

- Serie Criterios de Salud Ambiental (EHC). Serie auspiciada por OMS/OIT/PNUMA. Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS), (incluye 90 títulos)
- Guías de Salud y Seguridad (GSS) (incluye 90 títulos)
- Cartas Internacionales de Seguridad Química (CISQ), (incluye 400 títulos)
- Series de Reportes Técnicos (SRT) que cubre tópicos de salud ambiental o salud ocupacional.
- Monografías de la IARC (IARC-International Agency for Research on Cancer)
- Monografías específicas de salud ambiental y ocupacional.
- Valores Guía para la calidad del agua de bebida (3 tomos)
- Valores Guía para la calidad del aire para Europa.

Materiales publicados por la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

- Enciclopedia de Salud y Seguridad Industrial.
- Bases de datos del Centro Internacional de Seguridad Ocupacional e Información de Salud (CIS).

Materiales publicados por PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

- Perfiles toxicológicos y legales del Registro Internacional de Sustancias Químicas Potencialmente Tóxicas (RISQPT).

* El IPCS es un programa integrado de la Organización Mundial de la Salud, la Organización Internacional del Trabajo y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

La siguiente parte de la evaluación del peligro, inherente al incidente es conocer qué está ocurriendo con el material tóxico en el sitio. Una vez derramado el desecho se infiltra en el terreno a través del suelo y a menudo ingresa en las

aguas subterráneas. La posible migración de los materiales residuales es una parte importante de la evaluación inicial. Una idea clara de cómo se dispersará la sustancia química es muy importante en la determinación de quienes tienen la probabilidad de comenzar a exponerse. Por ejemplo:

- Si el incidente es el escape de un gas ¿cuántas viviendas se encuentran viento abajo?
- Si el incidente involucra un líquido residual dispersándose por el terreno ¿cuántas familias reciben el agua a partir de las fuentes locales?
- Si el líquido residual corre cuesta abajo como una capa superficial, quizás en medio de la lluvia, de una tormenta o través de una corriente ¿adónde irá esa agua?
- ¿Cuántos niños del área pudieran jugar o explorar el sitio?
- ¿La dirección predominante del viento alejará o acercará el penacho a los residentes?
- Si el agua subterránea se ha contaminado ¿puede afectarse también el agua de bebida o de irrigación?
- Si llueve o nieva ¿habrá un traslado del líquido residual a otros sitios por la superficie?

En ocasiones deberá suministrarse por otros medios agua potable a los residentes del área cuyas fuentes de abasto estén contaminadas.

Por supuesto, no todos los miembros de la comunidad estarán expuestos y esto es importante para el planteamiento de las acciones médicas; es importante considerar las características de las personas que pudieran realmente entrar en contacto con el material.

Los niños pueden desarrollar erupciones cutáneas por el contacto directo; nieblas o humos que pudieran resultar sólo una molestia para las personas jóvenes y saludables, pudieran comprometer la vida de enfermos crónicos, ancianos, y sobre todo de aquellos que presentan enfermedades respiratorias o cardiovasculares, los lactantes o los asmáticos. Las mujeres embarazadas requieren atención especial para la protección de la madre y el feto. El conocimiento de la comunidad en riesgo permite a las autoridades de salud advertir a los individuos susceptibles para tomar medidas de protección o abandonar el área.

Ejercicio para estudio

¿Qué recursos existen en su comunidad que pudieran ayudarle en la evaluación y el manejo de un incidente que involucre sustancias peligrosas?

Segundo paso: la contención del problema

El siguiente paso es establecer el control de la situación con el objetivo de minimizar la exposición potencial. Ello requiere un grupo de trabajo que sirva de enlace entre la policía, cuerpo de bomberos, las autoridades de salud, y otros organismos o sectores de acuerdo con la naturaleza del incidente. Aún en esta etapa el médico actuará como asesor o consejero. En las situaciones más complejas, la coordinación entre las autoridades locales resulta esencial. Los cuerpos de bomberos son por lo común, los mejores equipados para el manejo de situaciones de peligro, pero a menudo necesitan de asesoría y colaboración para el trabajo con sustancias tóxicas. Las situaciones más graves tales como incendios que involucran múltiples sustancias tóxicas conocidas o no, representan severas amenazas para el personal de protección pública y pueden requerir de asistencia médica en el lugar.

En situaciones extremas, la evacuación pudiera ser inevitable. Las consecuencias psicológicas de las evacuaciones son de gran magnitud, y esta medida extrema no será nunca adoptada sin una buena razón. Las evacuaciones de población en gran escala conllevan un elevado costo en estrés y en medidas de seguridad, así como de violencia potencial.

Un aspecto importante en la contención del problema es la prevención de reacciones en exceso por el público. Un incidente de este tipo provoca rumores y desinformación que deben ser controlados con el fin de evitar el pánico o la interferencia en la adopción de medidas de seguridad pública. El establecimiento temprano de un comité para el control de rumores, de una línea de emergencia y buenas relaciones de trabajo con los medios de comunicación pueden ser muy valiosos. Es de particular importancia encauzar toda la información a través de un vocero único siempre que sea posible. De otra manera, pequeñas diferencias de opinión, interpretación o el conocimiento incompleto pueden dar lugar a confusión, incertidumbre, e incluso rivalidad entre las autoridades responsables.

Tercer paso: manejo de los efectos sobre la salud

La mayoría de los profesionales de la salud se sienten presas de la incertidumbre y abrumados cuando son llamados para tratar con exposiciones tóxicas complejas. Aunque estos casos son realmente complejos, existen ciertas directivas que pueden ser adoptadas. Existen dos problemas separados a enfrentar por el profesional encargado: la evaluación de las personas que probablemente estuvieron expuestas y la evaluación de aquellas que se sienten justamente preocupadas por la posible exposición y que necesitan ser tranquilizadas.

Las urgencias médicas que involucran sustancias peligrosas resultan menos comunes que aquellas en las que las propias personas creen que han estado

expuestas, por lo que solicitan atención médica. Cuando la sustancia es conocida puede ser realizada una evaluación médica apropiada. Cuando la sustancia es desconocida, o se trata de una mezcla compleja, puede resultar difícil lograr una adecuada evaluación médica.

Muchos incidentes involucran exposiciones múltiples o sustancias que poseen múltiples efectos. Constituye una buena práctica realizar una evaluación básica integral en todos los casos. Cuando un individuo presenta manifestaciones clínicas específicas, resulta importante no enfocar la evaluación de forma demasiado estrecha, pues de este modo pudieran pasar inadvertidos resultados importantes. Puede recomendarse una serie de análisis cuyos resultados serán interpretados con ayuda de la información obtenida.

Una importante función de los profesionales de la salud es la protección de los trabajadores encargados de la limpieza y descontaminación u otras actividades de control en el sitio. El profesional debe averiguar lo concerniente acerca de la disponibilidad y utilidad de los mecanismos de protección, los procedimientos de descontaminación y la presencia de servicios de seguridad y emergencia. En la comunicación con los trabajadores debe enfatizarse la importancia de no fumar ni comer en el sitio, revisar los niveles de oxígeno antes de penetrar en un espacio confinado, el empleo de los sistemas de supervivencia (siempre trabajando con otro compañero con acceso a los equipos de rescate) y dejar en el sitio las ropas contaminadas.

Es importante acentuar que el manejo de una emergencia ambiental es una actividad multidisciplinaria que requiere una clara definición de la autoridad, excelente comunicación con los encargados de la toma de decisiones y con el público, así como un fuerte sentido de trabajo en grupo.

4.8 Análisis del costo-efectividad y costo-beneficio de las intervenciones

El desarrollo y empleo del *análisis del costo-beneficio* (ACB) en el manejo de los riesgos ambientales para la salud se ha diseminado rápidamente en años recientes. Básicamente, este método de análisis económico involucra la comparación de los beneficios de una política o actividad particular con el costo de su implementación. El ACB generalmente compara el valor real de los beneficios con el valor real de los costos. El *análisis de costo-efectividad* (ACE) es similar al ACB excepto que los efectos o resultados no son evaluados en términos monetarios o mediciones comunes de utilidad. Estos análisis han sido aplicados con diferentes propósitos. Por ejemplo, para determinar la extensión que las intervenciones reguladoras pudieran tener sobre los efectos considerados en la salud ambiental. También se han empleado para seleccionar el contaminante a controlar y para incrementar la penalización de las transgresiones —una decisión

tomada teniendo en consideración los beneficios potenciales a la salud ambiental en relación con los costos que pueden ser asumidos. El ACB y el ACE son técnicas prácticas para determinar si la distribución de los recursos está cumpliendo con sus objetivos. En este sentido son poderosas herramientas para la planificación y evaluación de programas alternativos relacionados con la salud ambiental.

El análisis de costo-beneficio compara el valor de los beneficios con el valor de los costos; estas mediciones se realizan a partir de tres etapas: 1. Identificación de los tipos de efectos, 2. Cuantificación de los mismos en términos concretos, y 3. Evaluación.

En primer lugar, todos los tipos de costos deben ser identificados, una vez resueltas las dificultades potenciales de medición. El costo a ser considerado incluye el diseño inicial y la implementación del programa, así como el costo anual para su desarrollo y mantenimiento. Los costos del productor también deben ser identificados, incluyendo los de sectores privados, por ejemplo los costos reales de recursos para el cumplimiento de las regulaciones, así como la magnitud en que estos costos pasarán a ser asumidos por el consumidor.

El segundo paso es determinar cuanto costará cada aspecto y en cual año. Es importante incluir el grado de incertidumbre asociado con las mediciones crudas de los costos estimados, preferentemente efectuado con un análisis de sensibilidad.

La tercera fase del ACB, requiere que todos esos costos a lo largo del tiempo sean convertidos a valores comunes. De modo similar, la identificación de los beneficios y de otros efectos colaterales potenciales deben ser identificados y considerados. Los beneficios directos puede incluir el análisis estadístico de las vidas salvadas, la ganancia de años de vida, la reducción en la morbilidad y en la mortalidad; y los ahorros en los costos de asistencia médica y servicios sociales atribuibles a la mejoría de la salud de la comunidad. Los beneficios económicos directos, tales como los incrementos de la producción deberían ser también incluidos. Los beneficios menos directos para la salud también deben incluirse, así como el incremento del valor estético de un ambiente limpio, de la reducción del dolor, el temor, la ansiedad, la liberación de molestias y la sensación de bienestar. Los pasos para la medición de esos beneficios son considerablemente complejos, tal como ocurre con la evaluación de los efectos sobre la salud ocasionados con los peligros ambientales, los que están sujetos a una considerable incertidumbre. Los estudios epidemiológicos resultan relativamente poco sensibles para la detección de efectos de pequeñas magnitudes y existen discrepancias entre los estudios observacionales toxicológicos y epidemiológicos. De todas formas el grado de incertidumbre debe ser tenido en consideración en el análisis general.

Finalmente, el valor de las mejoras en la salud también deben ser convertido a una medida común y cuantificado de acuerdo con la fecha (año) en que se espera lograr cada uno de esas mejoras a lo largo del período de tiempo apropiado. Los pasos involucrados en la conducción del ACB y del ACE son enumerados en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7 Sumario de las etapas incluidas en la realización del ACB y del ACE.

-
1. Definir el alcance y objetivos del estudio.
 2. Definir y medir los resultados o efectos de cada opción bajo análisis.
 3. Identificar, medir y evaluar todos los costos.
 4. Identificar, medir y evaluar todos los beneficios.
 5. Comparar los costos con los beneficios, conjuntamente con pruebas de sensibilidad de las magnitudes de los costos y beneficios donde pueda existir incertidumbre respecto a la determinación de los tipos resultados o de sus magnitudes.
 6. Definir las implicaciones de los resultados para su presentación a los encargados de la toma de decisiones.
-

Existen muchos *métodos de validación* descritos en la literatura de salud ambiental. Estos incluyen el enfoque del *costo por enfermedad*, el cual estima los costos directos e indirectos asociados a los daños producidos por la enfermedad evitable así como los costos asociados con las acciones dirigidas a evitar la exposición al factor de riesgo; y el método de evaluación de contingencias, que mide el consentimiento de los individuos a pagar retribuciones en términos monetarios, de acuerdo a su apreciación de las utilidades asociadas con las modificaciones del riesgo. Esto puede ser estimado haciendo preguntas estratégicamente dirigidas acerca de cuánto estarían dispuestos a pagar los individuos por una reducción del riesgo de un problema de salud determinado, o por la comparación del rango de prioridad que los individuos confieren a diferentes situaciones de salud cuyas probabilidades se conocen y pueden ser utilizadas para evaluar el grado de aceptación relativo para pagar por determinadas reducciones de riesgos para la salud (los detalles de estas metodologías superan el alcance de este texto básico). Técnicas similares pueden ser aplicadas para evaluar las preferencias entre distintas situaciones de salud de modo que los “años de calidad de vida estandarizados” pueden ser empleados como un denominador común para comparar los beneficios de diferentes reducciones de riesgo asociadas a intervenciones.

También es importante definir el alcance del estudio. Los estudios de ACB tienen típicamente un enfoque micro-económico, y asumen los precios, de modo tal que las cantidades de artículos y otros bienes o servicios permanecen inal-

terados como una consecuencia del proyecto o política de intervención. Generalmente, para las intervenciones en salud y seguridad industrial, o en intervenciones relativamente localizadas en contaminación del aire o del agua esta consideración resulta razonable. Sin embargo, en el caso de evaluar los impactos en la salud ambiental del rápido crecimiento poblacional, el agotamiento de la capa de ozono o el calentamiento global, el esquema del ACB puede ser difícil de aplicar.

El Cuadro 4.7 del Reporte de Desarrollo Mundial (Banco Mundial, 1993) presenta tres casos en Japón que ilustran cómo habría sido más barata la prevención que los costos relacionados con el tratamiento y la indemnización de las personas afectadas por la contaminación.

Cuadro 4.7
Estudio de caso: contaminación en Japón
Prevenir hubiera sido mejor y más barato que curar

En las décadas de los años 50 y 60, Japón experimentó un período de rápida industrialización y desarrollo económico, pero se prestó poca importancia a las consecuencias ambientales. El resultado fue una elevada concentración de contaminantes en el aire, el agua y el suelo en ciertas áreas y diferentes episodios famosos de brotes de enfermedades. En las décadas de los años 70 y 80 fueron adoptadas acciones enérgicas correctivas para reducir los problemas más severos. Tres conclusiones se derivan de los ejemplos que siguen a continuación: permitir la liberación de sustancias tóxicas al ambiente puede ocasionar severas consecuencias para la salud y pérdidas económicas; la prevención, tal como se hace actualmente en Japón, es menos costosa que la limpieza del ambiente; y adoptar acciones correctivas ahora es menos costoso que permitir que los problemas persistan.

CASO 1: Dióxido de azufre en el aire.

Entre 1956 y 1973 en la ciudad de Yokkaichi fue construido uno de los mayores complejos petroquímicos de Japón. Para 1960 la contaminación del aire estaba ocasionando preocupación local, y para 1963 los promedios horarios de dióxido de azufre excedían los $2\,800\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, muy por encima del nivel máximo recomendado por la OMS de $350\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. En 1967 los residentes de la localidad ganaron las demandas judiciales a 6 compañías para que éstas asumieran los costos de las asistencias médicas e indemnizaran las pérdidas de ingresos. Se certificó que 7 % de la población del distrito había sido afectada desde el punto de vista médico por la contaminación del aire. A partir de 1970 comenzaron a adoptarse medidas de control de la contaminación cada vez más enérgicas y para 1976, las concentraciones de dióxido de azufre cumplían con las normas locales.

Los costos de las medidas de control desde 1971—incluyendo instalaciones técnicas y su operación, el monitoreo, y la creación de zonas de protección sanitaria han sido

continúa...

de \$ 114 millones de USD anuales. Sin embargo, sin esta inversión la asistencia médica y las compensaciones habrían sido superiores a los \$ 160 millones de USD anuales.

CASO 2: Mercurio en el agua.

A comienzos de siglo, Minmata era una pintoresca población costera de 12 000 habitantes, los que vivían de los productos de la madera, las naranjas y el pescado. En 1908, se estableció una planta de fertilizantes, la que posteriormente llegó a constituir la Corporación Chismo, una de las mayores compañías manufactureras de productos químicos de Japón. En la década de 1920, las demandas por daños a las operaciones pesqueras comenzaron a ser un problema; y en 1956 se presentaron pacientes con una severa afección neurológica, más tarde llamada enfermedad de Minamata.

En 1968, luego de una investigación de gran magnitud, la enfermedad se relacionó con la ingestión de alimentos del mar que contenían altas concentraciones de metilmercurio, un compuesto descargado a la bahía de Minamata por la corporación Chismo producto de la fabricación de acetaldehído. La descarga de metilmercurio alcanzó el máximo en 1959; y concluyó en 1968 cuando la compañía cesó la producción de acetaldehído, pero para entonces el fondo de la bahía y su vida acuática se encontraban altamente contaminados. Comenzando en 1974, 1.4 millones de metros cúbicos de sedimentos contaminados fueron dragados y eliminados.

Para 1991, 2 248 personas (1 004 de las cuales habían muerto) habían presentado certificados médicos con el diagnóstico de la enfermedad de Minamata y fueron objeto de indemnización; otras 2 000 más habían realizado demandas de compensación. Si las descargas de metilmercurio hubiesen continuado, los costos anuales estimados por los daños, incluyendo el tratamiento de pacientes y las indemnizaciones, el dragado de los sedimentos y las pérdidas en la pesca habrían sido de \$97 millones de USD anuales. Si la fabricación de acetaldehído hubiera continuado, el control de la contaminación mediante la instalación de una planta para el reciclaje de los residuales líquidos habría costado tan sólo \$ 1 millón de USD anuales.

CASO 3: Cadmio en el suelo.

A finales de la década de 1940, apareció en la cuenca del río Jinsu una enfermedad caracterizada por dolores intensos generalizados, daño renal y fragilidad ósea, que afectó primeramente a las mujeres y que fue llamada *itai-itai* (duele, duele), debido a los quejidos de los afectados. Después de dos décadas de investigación, en 1968 se concluyó que la causa de la afección era el envenenamiento crónico por cadmio, el que se originó en los efluentes de la compañía minera y metalúrgica Mitsui ubicada en la región superior de la cuenca. La ruta del envenenamiento por cadmio fue a través de la utilización del agua del río para la irrigación de las plantaciones de arroz. Para 1991, 129 personas habían sido diagnosticadas como enfermas de *itai-itai*, y 116 de éstas habían muerto.

continúa...

En 1979 fue iniciado un vasto programa para la recuperación del suelo. En 1992, 36 % del área contaminada de 1 500 hectáreas había sido tratada. Si la expulsión ulterior de cadmio no hubiera sido prevenida, los costos anuales por asistencia médica e indemnización, las pérdidas en la agricultura, y la recuperación de los suelos habrían sido de \$ 19 millones de USD anuales. Los costos de prevención fueron de \$ 5 millones de USD anuales.

Fuente: World Development Report, World Bank, 1998.

Existe un incremento en el número de artículos científicos y libros de texto dirigidos al empleo del ACB y ACE para la toma de decisiones en salud ambiental. Los aspectos principales en el uso de los análisis económicos en el campo de la salud ambiental incluyen la identificación de opciones, la perspectiva del análisis, la evaluación, aspectos relativos a la distribución de los costos y los beneficios, y el alcance del estudio. Cada uno de esos aspectos serán brevemente tratados a continuación.

Con respecto a la identificación de opciones, resulta generalmente aceptado que un ACB o ACE no está completo hasta tanto no sea evaluada más de una opción o alternativa. En el área de la salud ambiental esto puede vincularse con enfoques alternativos, por ejemplo, el empleo de tecnologías alternativas, la capacidad de regulación, o la información aportada por el monitoreo.

El Cuadro 4.8 ilustra, con un caso de estudio, cómo puede ser aplicado el ACB por las autoridades de salud ambiental para determinar las implicaciones económicas de la toma de medidas para reducir la exposición residencial al gas radón. Como los costos de las opciones revisadas fueron calculados para un período de 10 años, los mismos deberán renovarse (con la tasa de interés asignada) para permitir la evaluación de las opciones de acuerdo con los costos actuales.

Cuadro 4.8 Estudio de caso

El valor de la reducción de la exposición residencial al radón en Canadá

En la década de 1970, cuando la exposición al gas radón en los hogares comenzó a ser considerado como un peligro potencial de salud ambiental, se estimó que el costo de la reducción de los riesgos pudiera ser exorbitante. El análisis subsiguiente ha modificado este criterio. Este estudio de caso provee un sumario de cómo evaluar el costo de una intervención en salud ambiental.

Para conducir una evaluación deben ser comprendidos los siguientes puntos:

a) El riesgo potencial para la salud.

En el caso del radón, la evaluación de la evidencia de los riesgos para la salud está bien documentada por estudios de casos, experimentos en animales e investigaciones epidemiológicas. Tan temprano como en 1556, fue observado un número de muertes en exceso atribuidas a una enfermedad del tórax inusual y mortal entre los mineros de Europa Central. Pasados los años, con la expansión del conocimiento, esta enfermedad comenzó a relacionarse claramente con la exposición al radón y sus productos de degradación radiactivos. Más de 20 estudios de casos y controles, en cohortes de trabajadores, han confirmado la asociación entre la exposición y cáncer pulmonar. La IARC confirmó al radón como carcinógeno pulmonar en 1988 (ver Capítulos 2 y 9 para el análisis de la radiación y sus efectos sobre la salud).

En 1988, un panel de expertos organizado por el Comité de Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes (BEIR-IV) del Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos, manifestó un consenso acerca de un modelo dosis-respuesta de acuerdo con el cual la exposición residencial al radón podría constituir un severo peligro. Los estudios epidemiológicos, sin embargo, no han tenido resultados concluyentes. No obstante, aunque no se ha alcanzado un consenso respecto a las sospechas acerca de la conexión entre el radón y el cáncer pulmonar, se poseen más evidencias que sobre otros peligros ya conocidos.

b) El potencial de exposición.

El radón es un gas inerte naturalmente presente, formado por el decaimiento del radio-226, el que a su vez constituye un producto de la degradación del uranio-238. El mismo se encuentra presente a niveles muy variados de concentración en todo tipo de rocas, suelo y aguas. En tanto que en el aire de ambientes abiertos está presente en concentraciones bajas, las mismas pueden ser considerablemente mayores en el interior de estructuras cerradas (tales como viviendas) si el gas tiene la posibilidad de infiltrarse. Los exámenes han demostrado que las concentraciones de radón en las viviendas de una región presentan una distribución próxima a la log-normal (esto es que la mayoría de las casas presentan bajos niveles, en tanto que un pequeño número de viviendas presentan elevados registros). Los niveles observados, particularmente los valores más altos, se encuentran dentro del rango de exposiciones en que pudieran esperarse efectos sobre la salud, especialmente si se tiene en cuenta el gran número de personas potencialmente expuestas.

c) El costo de la prevención.

En tanto que el radón está presente en forma natural, los niveles a los que las personas se encuentran expuestas están influenciados por las tecnologías aplicadas para la construcción y operación de viviendas. Las investigaciones han confirmado la efectividad de varios métodos para reducir la exposición.

d) Evaluación de las posibles intervenciones.

Con la información acerca de los niveles de exposición al radón y los costos de las

medidas para la mitigación de la exposición es posible desarrollar una evaluación económica de varias opciones de intervención, siguiendo las etapas identificadas en la Tabla 4.7. Este análisis puede brindar a los encargados de la toma de decisiones información acerca de la eficacia de las formas alternativas del empleo de recursos escasos. Un análisis preliminar de estos aspectos ha sido desarrollado en Canadá y en los Estados Unidos, como se describe a continuación.

La siguiente es una guía de amplia aceptación para la conducción de una evaluación:

PASO 1: Definir el alcance y objetivos.

En un estudio canadiense, realizado por Letourneau *et al.* (1992), fueron incluidas en la evaluación 5 opciones de programas para la reducción de la exposición al radón:

- Examen y mitigación (si es necesario a todas las viviendas existentes).
- Cambiar los requisitos de construcción.
- Examen y mitigación (si es necesario) a todas las viviendas existentes y modificación de los requisitos de construcción.
- Examen y mitigación (si es necesario) en el momento de la venta.
- Examen y mitigación (si es necesario) en el momento de la venta y modificar los requisitos de construcción de edificios.

La evaluación de estas opciones proporcionó criterios para:

- Estimar los beneficios relativos de las diferentes opciones para la reducción del riesgo asociado al radón en las residencias.
- Identificar la opción (por ejemplo, comparar efectos de emplear diferentes niveles de acción de acuerdo con los objetivos del programa aplicado) que pudiera proporcionar mayores beneficios en relación con los costos.

PASO 2: Seleccionar la opción más apropiada entre las evaluadas.

Como el efecto sobre la salud objeto de interés es el cáncer pulmonar, las medidas para la determinación del costo- efectividad pudieran incluir aspectos tales como los costos, por caso de cáncer evitado, el costo por vida salvada, el costo por años de vida adicional, y el costo por la reducción de la exposición al radón. Esas mediciones proveen un medio para sumar cuánto dinero habría que gastar por cada unidad de beneficio producido. No se consideraron cuestiones éticas y otras controversias que pueden presentarse en la evaluación del valor de cada unidad de beneficio (en otras palabras, expresando en dólares el valor de una vida).

PASO 3: Identificar, medir y evaluar los costos.

Los costos fueron explícitamente identificados para cada opción de programa objeto de análisis, sobre la base de las prácticas y tecnologías actuales (los que resultaron notablemente inferiores a los estimados inicialmente en las investigaciones experimentales de medidas remediales). Por ejemplo, el costo de un examen de tamizaje fue de 35 dólares, el costo los cimientos de una vivienda es de 1 500 dólares, etc.

continúa...

PASO 4: Identificación, medición y evaluación de todos los beneficios.

Los beneficios fueron estimados por la efectividad de las medidas de mitigación en la reducción de la exposición (medida en niveles de exposición por meses de trabajo [NMT] de exposición a la radiación), estimando entonces los beneficios para la salud basados en la relación dosis- respuesta establecida sobre la base de la revisión de BEIR-IV (aproximadamente 3.5 casos de cáncer pulmonar por 10 000 NMT de exposición). Como esta es la única medición de beneficio, pueden cuestionarse muchos aspectos de gran importancia en relación con los efectos sobre la salud producidos por la exposición residencial al radón y sus implicaciones económicas. No obstante, el uso del modelo del BEIR-IV constituye una buena base común en el proyecto general para realizar el análisis de las opciones para el manejo del riesgo, (otros beneficios para la salud y económicos de la reducción del nivel de infiltración de gases del subsuelo al hogar, por ej. mohos, hongos, etc. no han sido incluidos en el análisis, pero puede asumirse que existen).

PASO 5: Comparar los costos y beneficios (y aplicar pruebas de sensibilidad).

Los resultados del estudio canadiense son expuestos en las Tablas 4.8 y 4.9. A nivel nacional (de acuerdo con los resultados de un estudio nacional desarrollado en 19 ciudades diferentes para determinar los niveles de exposición), el mayor costo/efectividad (33 000 por NMT reducidos) fue determinado para la opción de medición en el momento de compra y mitigación si las concentraciones excedieran el valor guía, para el nivel de acción establecido en Canadá de 800 Bq/m³.

Tabla 4.8 Razones costo-efectividad de las opciones de mitigación del radón en Canadá.

Aplicación nacional de varias opciones	Razón/costo/efectividad) (\$1 000/NMT reducidos)	
	@ 800 Bq/m ³	@150 Bq/m ³
Mitigación en las casas existentes.	54	25
Modificación de códigos de construcción.	75	—
Readaptación de acuerdo con los códigos constructivos modificados.	74	64
Tamizaje en el momento de la venta y mitigación.	33	15
Tamizaje en el momento de la venta y mitigación y cambio de código de construcción.	74	65

Comparando la columna derecha con la izquierda (Tabla 4.8) se aprecia que la disminución del nivel de acción (a 150 Bq/m³), que se corresponde con el de Estados Unidos, para esas opciones a nivel nacional, los análisis costo-efectividad se harían más atractivos; por ejemplo, la opción más económica sería de 15 mil dólares por

NMT de reducción. (Las pruebas de sensibilidad efectuadas consideraron que la variación en las tasas de interés empleadas para los costos futuros de reinversión en un 10 % disminuiría la razón costo-efectividad a 9 mil dólares por NMT reducidos). La comparación de un programa para la reducción del riesgo del radón en ciudades con niveles medios, altos y bajos de exposición (ver Tabla 4.9) muestra cuán dramáticas diferencias pueden haber en el costo-efectividad de la prevención de los casos de cáncer pulmonar. Las dos ciudades seleccionadas para la comparación son: una de alta exposición (Winnipeg) y otra de menor exposición (Vancouver). Considerando los datos de dosis-respuesta propuestos por BEIR-IV y otros, se piensa que por cada reducción de un NMT, pudieran ser evitados 4 casos de cáncer. De este modo, se puede calcular que la prevención de un caso de cáncer inducido por el radón costaría 8 000 en Winnipeg, pero más de 50 000 000 en Vancouver. Esto ocurre porque en Vancouver resultan muy elevados los costos de las pruebas de tamizaje y la mitigación sería muy pequeña; en tanto que en Winnipeg —una ciudad más pequeña con exposiciones elevadas— los costos de tamizaje son mucho menores y mayor la mitigación.

Tabla 4.9 Diferentes aplicaciones regionales de las pruebas de seguridad en el momento de la venta y las estrategias de mitigación.

Aplicación nacional	33	5
Winnipeg (alta concentración)	2	6
Vancouver (baja concentración)	13 690	152

PASO 6: Definir las implicaciones de los resultados para los encargados de la toma de decisiones.

A partir de la perspectiva única del análisis costo-efectividad, la mitigación de la exposición residencial a radón parece ser una opción atractiva, (puesto que \$8 000 no es un precio elevado para evitar un caso de cáncer pulmonar). Sin embargo, las implicaciones de las opciones bajo análisis pudieran conducir a un masivo gasto total a nivel nacional de fondos (otra consideración política importante) para lograr ese beneficio. El costo total de la opción más atractiva (la prueba de tamizaje en el momento de la venta y la mitigación) pudiera ser de 350 millones de dólares con base en el número de viviendas que serían objeto de prueba. Esto incrementaría a 1 220 millones de dólares si el “nivel de acción” adoptado fuera de 150 Bq/m³, requiriendo así muchas más viviendas la adopción de medidas de mitigación.

La implicación más práctica del análisis sería que la opción más sensata desde el punto de vista económico estaría dada por la selección de la intervención señalada (tamizaje y mitigación de ser necesaria), en áreas de alto riesgo de exposición, donde

la razón de costo-efectividad de 8 000 dólares por caso de cáncer pulmonar prevenido resultaría de mayor interés, en tanto que 50 millones de dólares pudieran ser excesivos. De este modo, este ACE reveló que la estrategia de tamizaje tiene menor costo-efectividad en las áreas con bajas concentraciones de radón —donde la gran mayoría de la exposición poblacional total proviene de viviendas con niveles inferiores al “nivel de acción”— pero es muy efectiva respecto al costo en grupos poblacionales más pequeños donde las exposiciones son mayores.

Capítulo 5

EL AIRE

Objetivos de estudio:

Luego del estudio de este capítulo usted será capaz de:

- Describir la importancia de la calidad del aire como un determinante de la salud.
- Describir la naturaleza y variedad de las enfermedades originadas o relacionadas con la contaminación del aire.
- Enumerar las principales fuentes de contaminación del aire.
- Describir los diferentes enfoques empleados para la prevención de los problemas de salud ambiental relacionados con el aire y los debates asociados con la implementación de estrategias al respecto.

5.1 Panorámica de la contaminación del aire

5.1.1 INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es la emisión al aire de sustancias peligrosas a una tasa que excede la capacidad de los procesos naturales de la atmósfera para transformarlos, precipitarlos (lluvia o nieve), y depositarlos o diluirlos por medio del viento y el movimiento del aire. La contaminación microbiológica del aire constituye mayormente un problema del aire interior y será analizado en el Capítulo 8. Los compuestos radiactivos en el aire serán discutidos en el Capítulo 9. Aquí analizaremos los contaminantes químicos del aire.

La contaminación del aire es un problema cuya importancia resulta evidente en la mayor parte del mundo, que afecta la salud humana, de las plantas y de los animales. Por ejemplo, existe buena evidencia de que la salud de 1000 millones de personas en zonas urbanas sufre a diario debido a las altas concentraciones de dióxido de azufre en el aire ambiental (ver adelante la sección correspondiente al monitoreo de la calidad del aire, WHO, 1997). La contaminación del aire afecta a la salud de forma más evidente cuando los compuestos contami-

nantes se acumulan en concentraciones relativamente altas, capaces de producir a corto plazo efectos biológicos significativos. Sin embargo, estudios recientes han mostrado que aún bajos niveles de exposición pueden producir enfermedades, e incluso, muertes en la comunidad. A menudo este efecto no resulta visible dentro del mucho mayor número de casos o muertes ocasionadas por otros factores. La contaminación del aire puede también afectar las propiedades de materiales (como los hules), la visibilidad y la calidad de vida en general.

En tanto que los seres humanos han estado originando contaminación del aire desde que aprendieron el uso del fuego, la contaminación antropogénica del aire se ha incrementado rápidamente desde el comienzo de la industrialización. Además de los contaminantes del aire más comunes, debido a la actividad humana son emitidos muchos compuestos orgánicos volátiles y trazas de metales. A lo ancho del mundo, en 1990, fueron lanzados a la atmósfera, al menos 100 millones de toneladas de óxidos de azufre (SO_x), 68 millones de toneladas de óxidos de nitrógeno (NO_x), 57 millones de toneladas de partículas sólidas en suspensión (PSS), y 177 millones de toneladas de monóxido de carbono (CO). Los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) aportan alrededor del 40% de los SO_x , 52% de los NO_x , 71% del CO y el 23% de las PSS, como se muestra en la Figura 5.1 (UNEP, 1992a). Las reducciones de algunas de las emisiones expresadas en la figura se han debido probablemente a regulaciones legales, la educación ambiental, cambios tecnológicos y al incremento de los precios del petróleo en los estados de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP).

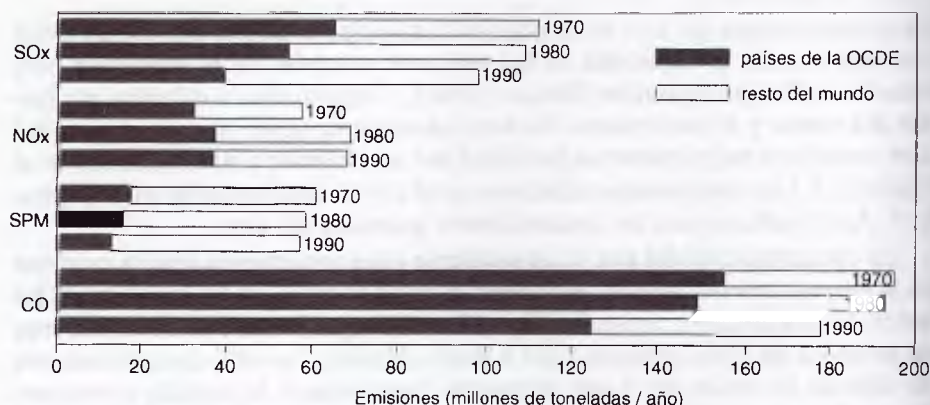


Figura 5.1 Emisiones antropogénicas de contaminantes del aire.
(Reimpresión de UNEP, 1992a)

La acumulación de compuestos químicos activos en la atmósfera está afectada en gran medida por los relieves terrestres y los movimientos atmosféricos. Los valles, los lugares cerrados por montañas y la falta de espacios abiertos (parques, bosques, áreas desérticas y cuerpos de agua) incrementan significativamente la severidad de la contaminación del aire en una localidad. Esas situaciones retienen la masa de aire como en un recipiente y evitan la dilución y la mezcla. Las masas de aire estancadas pueden acumular emisiones durante días enteros. Cuando los vientos están en calma, una capa de aire más cálido puede situarse sobre otra masa con menos temperatura, actuando como la tapa de una olla e impedir su movimiento (a ello se le llama *inversión*).

La toxicología de la contaminación del aire resulta extremadamente compleja. Existen distintos tipos de contaminación del aire, muchos contaminantes diferentes, y una gran variabilidad en la susceptibilidad individual a sus efectos a bajas concentraciones. La epidemiología de la contaminación del aire, dirigida a reflejar cómo esos efectos tóxicos se expresan en la población, resulta de igual modo complicada y difícil de estudiar.

Como ya se ha discutido en la generalidad de los peligros ambientales para la salud, los efectos del aire sobre la salud pueden ser discutidos según los tipos de efectos, el tipo de contaminante, las fuentes de contaminación o el sitio donde ocurren. La Sección 5.2. presenta de forma resumida los tipos de efectos sobre la salud que pueden ser ocasionados por la contaminación del aire; la Sección 5.3 analiza de forma específica algunos de los principales contaminantes del aire ambiental; en tanto que la Sección 5.4 proporciona una perspectiva general ya sea cuando el principal origen es industrial o cuando está relacionado con la urbanización (y las viviendas) y/o el consumo general de energía. Otro análisis de la contaminación del aire asociada a la urbanización, el uso de la energía y la industria será realizado en la tercera parte de este libro (Capítulos 8, 9 y 10 respectivamente). Primeramente, se requieren algunos aspectos de ciencias básicas para comprender la contaminación del aire.

5.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN SU ESTADO FÍSICO

Los contaminantes del aire constituyen un sistema muy complejo por su composición física y química. Se puede comprender que en el aire se hallan disueltos o suspendidos numerosos constituyentes, muchos de los cuales pueden reaccionar entre sí o actuar en forma conjunta para producir sus efectos. Los constituyentes de la contaminación del aire cambian según la estación del año, la actividad industrial, los cambios en el tránsito y los vientos predominantes, sólo para mencionar algunos factores importantes. Desde luego, la composición del aire contaminado no se mantiene constante día a día o semana a semana como un prome-

dio, sino que tiende a formar un ciclo. Los niveles promedio tienden a aumentar y disminuir con bastante consistencia, dependiendo de la época del año, aún cuando los niveles actuales pueden ser muy variables con respecto al año siguiente.

5.1.2.1 Aerosoles

Las partículas sólidas o líquidas (gotas finas o microgotas) suspendidas en un medio gaseoso (el aire) se denominan *aerosoles*. En el aire contaminado los aerosoles constituyen sistemas complejos. Por lo común los mismos consisten en una mezcla de partículas en fase sólida, una combinación de partículas en fase sólida y líquida, y gotas líquidas en ocasiones. Aún los aerosoles predominantemente sólidos pueden contener agua que ha sido absorbida.

El *polvo* consiste en partículas en fase sólida. El término se refiere usualmente a las partículas en sí mismas o a la acumulación de partículas después que las mismas han sido retenidas o depositadas. Cuando se encuentran en el aire, las partículas se denominan *partículas sólidas en suspensión*. El término se emplea usualmente para las partículas creadas mediante procesos secos y que no han sufrido modificaciones químicas o físicas respecto al material original, excepto en su talla. El polvo que proviene de forma natural del suelo, como producto de la corteza terrestre, y que es trasladado por los vientos, se denomina *polvo fugitivo*. El *humo* consiste en partículas en fase sólida y en ocasiones en fase líquida y los gases asociados que resultan de los procesos de combustión. Por lo común, el humo posee una composición química muy compleja y contribuye en importante medida a la contaminación del aire. La *ceniza* es la fase sólida del humo, particularmente después que éste se ha depositado en forma de polvo fino.

Las características más importantes que predicen el comportamiento de los aerosoles son el tamaño (diámetro) y la composición. El tamaño predice cómo la partícula será transportada en el aire y su composición determina qué ocurrirá con ésta cuando sea retenida o se deposite en algo. Las partículas más pequeñas se denominan *partículas finas*. El tamaño de las partículas más comúnmente asociadas a diferentes constituyentes de la contaminación del aire ambiental y la exposición ocupacional se muestran en la Figura 5.2.

En los aerosoles, las partículas individuales pueden tener una talla relativamente uniforme (monodispersa) o altamente variable (polidispersa). En la naturaleza, todos los aerosoles son polidispersos. Los aerosoles monodispersos son creados en la mayoría de los casos para la realización de investigaciones y para la fabricación de medicamentos en los que resulta importante el tamaño de las

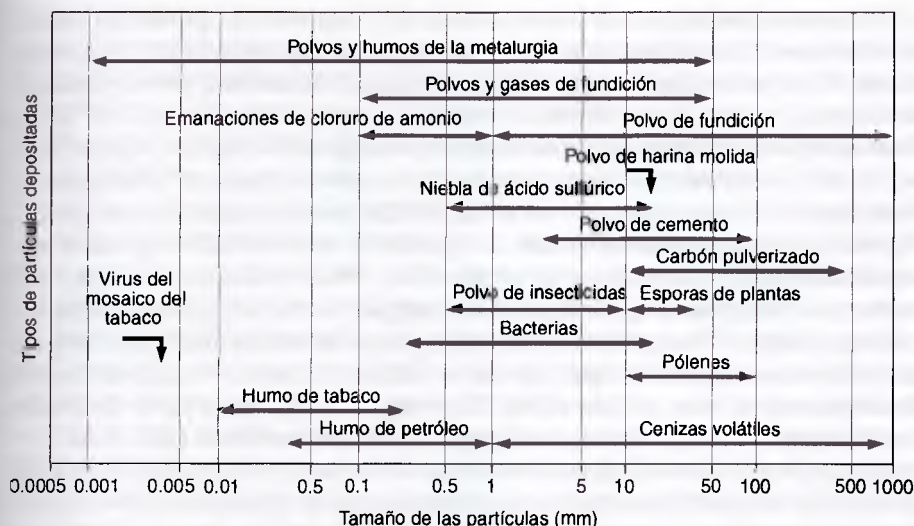


Figura 5.2 Rango de diámetro de partículas presentes en polvos y humos.
(Fuente: Adaptada de Levy y Wegman, 1998)

partículas para que las mismas sean depositadas en determinado lugar del tracto respiratorio. Los aerosoles del aire contaminado son todos polidispersos. Los *humos* son aerosoles finos polidispersos, consistentes en partículas sólidas, las que a menudo se agregan y unen de modo tal que muchas partículas pequeñas pueden formar una partícula mayor.

Los efectos que pueden ser observados a partir de cierto aerosol, dependen de qué cantidad de partículas poseen determinado diámetro. El tamaño está también relacionado con la masa; a menor tamaño, menor masa. En todos los aerosoles polidispersos, el mayor número de partículas serán pequeñas, pero en conjunto las mismas constituirán sólo una pequeña fracción de la masa total; las partículas mayores serán mucho menos, pero constituirán la mayor parte de la masa total.

Esto significa que la contaminación del aire incluye partículas en fase sólida y en ocasiones pequeñas gotas de determinado rango de tamaños, algunas de las cuales se comportan de una forma y otras de forma distinta. Las partículas mayores son incorporadas al aire por los vientos y el movimiento local del aire y tienen tendencia a sedimentar por la acción de la gravedad si el aire está quieto. Las partículas más pequeñas pasan al aire por el movimiento de las moléculas en el aire (el cual está caliente), fenómeno llamado *movimiento browniano*.

El tamaño también se relaciona con la composición. Las partículas son generadas con diferente grado de dispersión dependiendo de la fuente. La composición de las partículas de un tamaño determinado, dependerá, por supuesto, de las fuentes locales y la contribución relativa de las mismas al aerosol de la contaminación del aire en la localidad. Las partículas grandes resultan principalmente del polvo levantado por fuertes vientos o el hollín resultante de la combustión. Esas partículas son, en su gran mayoría, sólidas, pero pueden contener gases o líquidos absorbidos en la superficie. Las partículas menores son originadas principalmente en ciertos procesos de combustión, relacionados con los escapes de motores diesel, plantas generadoras de energía y otras formas de combustión caliente y rápida. Esas partículas pequeñas consisten en una matriz de compuestos carbonáceos, parte de agua, así como sulfatos, nitratos y trazas de metales disueltas o absorbidas en fase sólida. Estos se pueden formar a partir de nitratos y sulfatos presentes en el aire, constituyendo un conjunto en estado sólido. Los mismos ejercen sobre el organismo efectos diferentes y son consideradas más tóxicas que las partículas mayores. La composición de un aerosol también determina la reactividad química de sus partículas individuales y la densidad de las mismas.

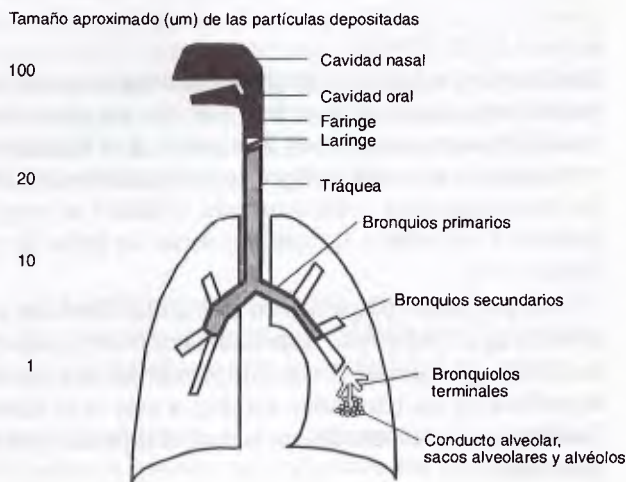
Desde la perspectiva de la salud humana, el aspecto más importante del tamaño de las partículas es el comportamiento de las mismas en el tracto respiratorio. Al discutir problemas de salud se emplea una medida especial del tamaño de las partículas. La misma se denomina *diámetro aerodinámico*, que refleja el comportamiento de la partícula mejor de lo que pudiera hacerlo la medida física. El diámetro aerodinámico es el diámetro de una esfera que sería retenida a la misma velocidad que la partícula en cuestión. Esta medida indica cómo comparar partículas que son diferentes en forma, densidad o masa. A partir de ahora, el texto se referirá al diámetro aerodinámico expresado en micrómetros (μm) para expresar el tamaño de las partículas. Las partículas mayores poseen mayor masa, por tanto mayor inercia y de igual modo, menor posibilidad de penetración a través de las ramificaciones y sinuosidades del tracto respiratorio humano.

El efecto de las partículas sobre el organismo depende de la eficiencia con la cual éstas penetran a través del árbol respiratorio y dentro del pulmón, así como de su reactividad química y toxicidad una vez que penetran. Las partículas mayores transportan una cantidad mucho mayor de sustancia pero tienen una capacidad mucho menor de ocasionar un efecto sobre el organismo, debido a que las mismas no penetran hasta el tracto respiratorio inferior (por debajo de la tráquea, que constituye la primera división del flujo del aire). Las partículas más grandes, visibles a simple vista como manchas de polvo, son filtradas en su mayoría en la nariz. Las partículas mayores de $100\ \mu\text{m}$ de diámetro pueden ocasionar irritación

de las membranas mucosas de los ojos, la nariz y la garganta, pero no pueden hacer mucho más. Las partículas menores de este punto de corte son denominadas *partículas totales en suspensión*. A las partículas menores de 50 μm de diámetro se les denomina *fracción inhalable*, debido a que parte de las mismas pueden ser inhaladas dentro del tracto respiratorio. Las partículas mayores de 20 μm de diámetro generalmente no penetran al tracto respiratorio inferior (por debajo de la tráquea). Aquellas partículas de diámetro inferior a 20 μm son denominadas *fracción torácica*, debido a que son éstas las que, en una fracción inversamente proporcional a su diámetro, pueden penetrar al árbol tráqueobronquial hasta las porciones más distales de los pulmones. Las partículas menores de 10 μm penetran las vías aéreas con mayor eficiencia y pueden ser depositadas incluso en los alvéolos o los conductos alveolares, que constituyen las estructuras más profundas de los pulmones. A pesar de su mayor eficiencia de penetración, las partículas de ≤ 0.1 μm aproximadamente tienden a permanecer en suspensión para ser nuevamente exhaladas. Así, en la práctica, la mayor penetración y retención de partículas ocurre en el rango de 10 a 0.1 μm de diámetro, lo que se denomina rango o fracción respirable. Estos patrones de depositación se muestran en la Figura 5.3.

Una vez en los pulmones, las partículas pueden tener diferentes efectos en dependencia de sus tamaños. Las partículas de tamaño en el rango de 10 a 20 μm tienen menor probabilidad de producir efectos sobre las vías aéreas. Una gran proporción de las partículas inferiores a 10 μm pero mayores de 0.1 μm ,

Figura 5.3 Depositación de las partículas según su tamaño. (Reimpresión de Newman, 1992).



pueden ser retenidas en los pulmones. Cuando las mismas se acumulan en gran número y el tejido pulmonar reacciona a su presencia, pueden causar un tipo de enfermedades llamadas genéricamente *pneumoconiosis*; las mismas se observan generalmente por exposiciones elevadas a polvos en sitios de trabajo y no como consecuencia de la contaminación del aire ambiental.

En los estudios de la calidad del aire, el aerosol total suspendido en el aire es cuantificado como *partículas totales en suspensión* (PTS). Esta determinación, en ocasiones también llamada *aerosoles gruesos* no resulta muy útil, excepto como una medida que refleja la percepción de bruma en el aire y la disminución de la visibilidad. A las partículas en suspensión de 10 μm y menores, se les denomina PM_{10} o *fracción torácica* y se corresponden con la mayor parte de las partículas comprendidas en el rango o fracción respirable. Al material particulado de 2.5 μm e inferior se le denomina $\text{PM}_{2.5}$ y constituye la fracción más importante por sus efectos sobre la salud. Las partículas inferiores a $\text{PM}_{0.5}$ se denominan *ultrafinas*, los efectos de éstas sobre la salud no están aún bien definidos.

Aunque esta distribución se ha realizado de acuerdo con el tamaño de las partículas, la forma de las mismas también resulta importante en la determinación de los efectos. El organismo humano retiene mayor tiempo las partículas más largas y finas, denominadas *fibras*, que las partículas de forma más redondeada. Las fibras son removidas de los pulmones con mayor dificultad por medio de los mecanismos naturales de protección. Existe también buena evidencia de que las fibras de asbestos muy largas y finas, desempeñan un papel importante en el daño que éstas causan en los pulmones.

5.1.2.2 Fase líquida

Los constituyentes líquidos de la contaminación del aire existen como aerosoles, ya sea como partículas en fase líquida, los que constituyen *gotas* pequeñas, o asociados con partículas en fase sólida. Los líquidos constituyentes de la contaminación del aire son siempre acuosos, o de base hídrica, debido a que las gotas de los compuestos orgánicos más volátiles se evaporan muy rápido a la fase gaseosa. Una nube o agrupación densa de gotas de partículas líquidas se denomina *niebla*.

Las partículas pequeñas en fase sólida también contienen una pequeña cantidad de agua absorbida. A menudo, tanto los constituyentes en fase líquida como los de fase gaseosa de la contaminación del aire son atraídos y retenidos sobre la superficie de las partículas sólidas; a esto se le llama *adsorción* (no debe confundirse con la absorción, en la cual el líquido o gas pasa a constituir parte de la partícula).

La humedad presente en la atmósfera es un determinante importante del contenido de agua de las partículas, si disminuye la humedad, el agua se seca más rápidamente y la partícula es reducida a la fase sólida. Las partículas secas pueden captar agua cuando son liberadas dentro de una atmósfera húmeda. Las partículas pequeñas típicamente absorben grandes cantidades de agua, si la misma está disponible en la atmósfera; de ellas se dice que son *higroscópicas*. Esto añade masa a la partícula y puede incrementar su capacidad para transportar otros constituyentes disueltos. La contaminación del aire originada por los mismos tipos de fuentes pueden, por tanto, ser diferentes en los climas húmedos y en los climas secos.

Existen procesos en la atmósfera que convierten algunos líquidos en gases y nuevamente en líquidos o aún que convierten líquidos en sólidos. Los líquidos volátiles pueden evaporarse para constituir gases. Al compuesto evaporado presente en una fase gaseosa se le denomina *vapor*, y se comporta como un gas en el aire contaminado. También pueden formarse gotas por la condensación del vapor en una atmósfera saturada. La niebla constituye un ejemplo familiar de un aerosol de gotitas líquidas de agua que se forman por la condensación en una atmósfera saturada de vapor de agua. Las gotitas pueden ser originadas en la dispersión del aerosol oceánico. A menudo las gotitas se forman por la condensación de líquidos alrededor de una pequeña partícula sólida. En las zonas costeras, las gotitas de agua de mar pueden evaporarse para formar partículas sólidas que contienen sal.

La precipitación en forma de lluvia o nieve reduce la contaminación del aire al disolver los gases solubles, arrastrando pequeñas partículas transportadas por el aire, precipitándolas al suelo. De este modo, el aire puede ser muy depurado, pero los compuestos constituyentes del aire contaminado presentes en el agua de lluvia o la nieve, pudieran constituir un importante problema. La formación de compuestos ácidos, a partir de sulfatos y óxidos de nitrógeno pueden reducir el pH en los lagos y suelos expuestos ("acidificación de las aguas superficiales y los suelos") dando lugar a la muerte de los peces y otros daños ecológicos.

5.1.2.3 Fase gaseosa

Los constituyentes gaseosos de la contaminación del aire se encuentran disueltos en éste. Las propiedades de mayor importancia a considerar en los constituyentes gaseosos de la contaminación del aire son la solubilidad en agua y la *reactividad química*.

De las concentraciones que se encuentran en el aire contaminado, la solubilidad es el principal factor determinante de los efectos tóxicos de los gases sobre la

salud. Los constituyentes de la contaminación del aire relativamente solubles incluyen sulfatos, nitratos y el dióxido de azufre. Estos pueden también coalescer para formar partículas ultrafinas. (De forma adicional, existe un grupo de gases solubles en agua, más comunes en exposiciones ocupacionales, que incluyen el vapor de ácido clorhídrico y el amoníaco). Los constituyentes relativamente insolubles incluyen los óxidos de nitrógeno y el ozono. (Asimismo, las exposiciones ocupacionales a sustancias relativamente insolubles incluyen el fosgeno u oxiclورو de carbono, el cloro y el dióxido de nitrógeno).

En los gases, la solubilidad tiene un significado muy parecido al del tamaño de las partículas; ésta es la característica que determina la eficiencia de aquellos para penetrar profundamente en el tracto respiratorio. Un gas soluble en agua se disolverá en el agua que cubre la membrana mucosa de los pulmones y el tracto respiratorio superior, siendo removido del aire a medida en que penetra más profundamente. En cambio, un gas insoluble en agua no será removido y penetrará de forma más eficiente hasta los alvéolos, las estructuras más profundas de los pulmones.

Los gases reactivos como el ozono, tienden a producir sus principales efectos adversos sobre las vías aéreas más que en los alvéolos, aún cuando aquellos sean relativamente insolubles, excepto a concentraciones muy elevadas. Pueden irritar las paredes de las vías aéreas, ocasionando, por ejemplo, bronquitis o inducir crisis de asma. Las exposiciones ocupacionales a gases tóxicos o la liberación incontrolada de estos durante situaciones de emergencias industriales, pueden exponer a los trabajadores o a los residentes de la localidad a concentraciones mucho mayores que las que experimentarían por la contaminación del aire ambiental. En estas situaciones, los efectos son, en correspondencia, mucho más intensos y agudos pudiendo ocasionar severos efectos tóxicos a nivel de los alvéolos, tales como edema pulmonar, condición patológica en la cual el daño del parénquima pulmonar ocasiona la acumulación de fluido en los pulmones tal como ocurriría en un ahogamiento por sumersión. En esta situación la solubilidad del gas resulta críticamente importante como determinante de la toxicidad.

Como se ha mencionado, muchos gases incluyendo el ozono y el dióxido de azufre, se adsorben en la superficie de las partículas, penetrando de este modo profundamente a través del tracto respiratorio. Cuando esto ocurre, los efectos pueden ser diferentes y más intensos que los resultantes de la exposición al gas o a las partículas por separado.

Preguntas de estudio

1. Dibuje un diagrama que muestre cómo están relacionadas las formas físicas y cómo las sustancias pueden cambiar de una a otra.
2. Describa la composición específica de los constituyentes de:
 - a) el humo de madera,
 - b) el humo de cigarrillo,
 - c) el escape de automóviles,
 - d) las emisiones de una planta generadora de energía a partir de la quema de carbón.
3. ¿En cuál predominan las partículas? ¿En cuál predominan los gases? ¿Cuál es el de mayor complejidad química? ¿Cuál es posiblemente el más peligroso?

5.1.3 Inhalación

La inhalación de los agentes tóxicos representa la más rápida vía de entrada al organismo, debido a la íntima asociación que existe entre el aire que pasa por los pulmones y el sistema circulatorio. Por la inhalación los gases solubles tienden a disolverse en la superficie acuosa que recubre el tracto pulmonar; los gases insolubles, generalmente penetran hasta el nivel alveolar. Debido a que la superficie de los alvéolos permite un contacto muy próximo y extenso entre la sangre y el aire, los gases pueden pasar directamente al torrente sanguíneo a través de la membrana alveolar de forma muy eficiente. Las partículas, una vez depositadas en los alvéolos se pueden disolver y liberar sus compuestos constituyentes. El grado en el cual los mismos pueden alcanzar la sangre, circular y ser distribuidos por los tejidos del cuerpo, depende de la concentración inhalada, la duración de la exposición, la solubilidad en la sangre y los tejidos, la reactividad del compuesto y la tasa respiratoria (la tasa respiratoria determina cuánto aire es aspirado y por lo tanto la cantidad total que penetra en el organismo). Para comprender los problemas de salud asociados a los contaminantes transportados por el aire resulta esencial tener al menos un conocimiento básico de la estructura y función del aparato respiratorio.

5.2 Efectos más frecuentes sobre la salud ocasionados por el aire ambiental

Los síntomas respiratorios constituyen los efectos adversos más comunes sobre la salud ocasionados por todos los tipos de contaminación del aire. (Tabla 5.1). Los síntomas más frecuentes incluyen la tos (que pudiera producir esputo), irritación de la nariz, la faringe y falta de aire leve o moderada. Esos síntomas respiratorios están frecuentemente asociados a irritación ocular y sensación de cansancio o fatiga. Es típica la exacerbación de síntomas de alergia. Frecuente-

Tabla 5.1 Ejemplos comunes de enfermedades o afecciones en las que puede influir la exposición a la contaminación del aire.

Enfermedad o afección a la salud	Cómo puede afectar la contaminación del aire	Factores asociados y comentarios
Irritación ocular	Efecto específico de los oxidantes fotoquímicos, posiblemente aldehídos o nitratos de peroxiacetilo; las partículas en suspensión (polvo de ceniza) actúan como cuerpos extraños.	La susceptibilidad individual difiere
Infecciones respiratorias agudas Bronquitis aguda	Incremento del riesgo en niños en edad temprana Efecto irritativo directo de SO ₂ , hollín y la contaminación de origen petroquímica.	Pobreza, malnutrición, exposición a agentes infecciosos El hábito de fumar puede tener una interacción mayor que aditiva.
Bronquitis crónica	Agravación (incremento en la frecuencia o severidad) de la tos o expectoración asociada a cualquier tipo de contaminación.	Hábito de fumar, exposición ocupacional a contaminantes del aire
Asma	Agravación por irritación del aparato respiratorio, posiblemente basada en acción refleja.	Comúnmente preexiste alergia respiratoria o hiperactividad de las vías aéreas
Dolor de cabeza	Monóxido de carbono en niveles capaces de producir una concentración de carboxihemoglobina mayor al 10%.	El hábito de fumar puede también incrementar la carboxihemoglobina pero no lo suficiente para ocasionar cefalea.
Intoxicación por plomo Muertes	Contribuye a la acumulación en el organismo. Las partículas finas incrementan la mortalidad por enfermedad cardíaca. Mecanismo desconocido.	Proximidad a fuentes de plomo. Enfermedad cardíaca o pulmonar preexistente

mente, los atletas reportan que su rendimiento físico disminuye y que sufren cansancio más rápidamente cuando se ejercitan durante periodos con altos niveles de contaminación. Los asmáticos y los pacientes con *enfermedad pulmonar obstructiva crónica* (EPOC), frecuentemente experimentan un empeoramiento

to de sus síntomas durante los episodios de contaminación del aire. Estudios recientes sugieren una estrecha asociación entre la *frecuencia* y la *severidad* de las *crisis de asma* y los niveles atmosféricos de oxidantes y sulfatos. Las personas con bronquitis pueden también presentar un incremento de la tos debido al aumento de la irritación de la mucosa bronquial. Las infecciones agudas del tracto respiratorio, tanto alto como bajo también parecen ser más frecuentes en los residentes en las zonas con niveles más altos de contaminación atmosférica. La fiebre, por sí sola, no constituye un efecto de la contaminación del aire, más bien sugiere una posible infección.

Cualquier causa que disminuya la presión parcial de oxígeno en el alvéolo, reduce el oxígeno disponible para el intercambio y por lo tanto, tiene un efecto asfixiante. En las altitudes elevadas decrece la presión parcial de oxígeno en el aire alveolar, reduciendo la saturación de la sangre con oxígeno. Las sustancias que diluyen o desplazan al oxígeno del aire sin ningún otro efecto constituyen *asfixiantes simples*. Los ejemplos incluyen el dióxido de carbono, el óxido nitroso, el nitrógeno o hidrocarburos tales como el gas natural. Los compuestos que bloquean la transferencia de oxígeno a los tejidos, o la utilización del oxígeno una vez que éste alcanza los tejidos, se denominan *asfixiantes químicos*. Los dos ejemplos más comunes de estos inhibidores de la captación o la utilización del oxígeno son el monóxido de carbono (CO), el cual bloquea el sitio de la hemoglobina que capta y transporta el oxígeno y el cianuro de hidrógeno (HCN), el que (en forma de cianuro) bloquea la vía por la cual los tejidos utilizan el oxígeno. El monóxido de carbono es particularmente común como producto de la combustión incompleta de los combustibles (como en los escapes de los automóviles o los calentadores de llama abierta) y resulta particularmente peligroso por carecer de un olor que advierta la exposición.

Los agentes químicos que irritan los pulmones pueden también impedir la captación de oxígeno por distintos medios. Los irritantes pueden inflamar el tracto respiratorio, causando bronquitis, provocando una crisis de asma, u ocasionando que los pulmones se llenen de fluido (edema pulmonar), un proceso muy parecido al ahogamiento.

A diferencia de muchas sustancias que son ingeridas, los compuestos inhalados no son metabolizados de forma significativa antes de su circulación a través del organismo. De esta manera los mismos pueden tener un efecto directo e inmediato, como si se tratara de la inyección directa en el torrente sanguíneo.

Los efectos *cardiovasculares* directos de la contaminación del aire, están asociados primariamente con el monóxido de carbono, el cual, como se conoce, reduce el suministro de oxígeno al miocardio y también agrava el proceso de la *arteriosclerosis*. Esos efectos pueden ocurrir en individuos normales sin una

susceptibilidad inusual, pero resultan particularmente severos entre las personas con enfermedades cardíacas preexistentes.

Los efectos de la contaminación del aire sobre el *aparato respiratorio*, particularmente al provocar complicaciones de la bronquitis crónica, pueden dar lugar también a un esfuerzo adicional para el corazón. La contaminación del aire está asociada con el incremento del riesgo de la mortalidad por enfermedades cardíacas y pulmonares, aún a niveles de concentración inferiores a aquellos que se sabe dan lugar a efectos tóxicos agudos sobre el corazón. Se considera que, o bien los efectos pulmonares ocasionan una carga adicional sobre el corazón, el cual no es capaz de tolerarla, o que la presencia de reflejos nerviosos que conectan el corazón y los pulmones, ocasionan afectaciones en un corazón enfermo.

La *irritación de mucosas* en forma de bronquitis aguda o crónica, la irritación nasal (coriza), o la conjuntivitis, son características de los altos niveles de contaminación del aire, aunque los individuos difieren considerablemente en cuanto a la susceptibilidad a estos efectos. La irritación ocular es particularmente frecuente en los lugares donde existen altas concentraciones de partículas (que deben encontrarse en el rango respirable ya descrito y pueden incluir partículas de hollín de mayor tamaño), o de altas concentraciones de oxidantes fotoquímicos y especialmente aldehídos.

El *cáncer* ha tenido siempre una importancia teórica. Existe poca evidencia que sugiera que la contaminación del aire en la comunidad constituye una causa significativa de cáncer, con la excepción de casos extremos e infrecuentes. Sin embargo, las emisiones de fuentes particulares pudieran ser causantes de cáncer. Los ejemplos de cáncer asociados a la contaminación del aire en la comunidad incluyen las emisiones de fuentes puntuales de algunas fundiciones con deficiente control de las emisiones que liberan arsénico, el cual puede ocasionar cáncer pulmonar. El tabaquismo activo tiene, en general una acción carcinogénica mucho mayor, éste multiplica el riesgo de cáncer pulmonar ocasionado por el arsénico, el radón y el asbesto en el aire.

Los efectos sobre el sistema nervioso central y posiblemente sobre la capacidad de aprendizaje en los niños, pudieran estar ocasionados por la acumulación de plomo en el organismo, en lugares donde la contaminación del aire constituye una fracción importante de la exposición debido a la adición de plomo a la gasolina.

La contaminación atmosférica ha sido asociada a numerosos episodios agudos de mortalidad elevada, comúnmente entre personas con trastornos pulmonares o cardiovasculares. Estudios recientes han mostrado asociación entre las concentraciones de partículas en suspensión constituyentes de la contaminación urbana y la mortalidad ocasionada por una amplia variedad de causas, que

no solo incluyen enfermedades cardiopulmonares. Esto resultó inesperado, puesto que los niveles estudiados eran muy inferiores a aquellos previamente relacionados con el incremento de la mortalidad. Las razones de estos nuevos hallazgos pudieran ser que el empleo de análisis estadísticos más precisos, aplicados a grandes poblaciones, lo que los hace más sensibles y que los nuevos métodos de medición de las exposiciones, tales como la determinación de PM_{10} , sean mucho más refinados.

Esos efectos sobre la salud pueden ser mejor caracterizados en poblaciones que en pacientes individuales. El establecimiento de una relación entre los síntomas de un paciente en particular y la exposición a la contaminación es más difícil de identificar (y de extrapolar) que la interpretación de los efectos sobre la salud de una comunidad completa. La Sección 5.3 hace un resumen del conocimiento existente acerca de los efectos específicos de los principales contaminantes del aire.

5.3 Efectos específicos de los contaminantes en la salud

Algunos de los contaminantes más comunes del aire ambiental, sus fuentes y sus efectos sobre la salud están resumidos en la Tabla 5.2 y se describen posteriormente. Es importante comprender que esos contaminantes poseen patrones estacionales. Tanto el ozono como los sulfatos, así como las partículas ultrafinas tienden a presentar los valores máximos durante los meses de verano en las áreas de mayor desarrollo industrial. El ozono, los óxidos de nitrógeno, los aldehídos y el monóxido de carbono tienden a presentarse asociados al transporte, especialmente en regiones soleadas. Algunos contaminantes, como el radón, constituyen sólo riesgos del aire en interiores o en áreas confinadas usualmente en lugares de trabajo, tales como en la minería. Otros están presentes tanto en interiores como en exteriores, en concentraciones relativamente variables.

Tabla 5.2 Contaminantes del aire en zonas urbanas. Fuentes y efectos sobre la salud.

Contaminantes	Fuentes*	Efectos sobre la salud
Aldehídos	Quema de biomasa y combustibles fósiles. Humo de cigarrillos.	Irritación ocular, irritación del tracto respiratorio superior.
Acido acético	Combustión de biomasa, materiales de construcción	Irritación de membranas mucosas
Monóxido de carbono	Quema de biomasa y de combustibles fósiles, humo de cigarrillos, tráfico de vehículos	Cefalea, náuseas, vértigos, dificultad para respirar, fatiga, bajo peso al nacer, dificultad visual, confusión mental, angina de pecho, coma, muerte

continúa...

Tabla 5.2 Continuación...

Contaminantes	Fuentes*	Efectos sobre la salud
Formaldehído	Combustión de biomasa, materiales de construcción y mobiliario, humo de cigarrillo	Irritación ocular y del tracto respiratorio, alergias, posibilidades de cánceres
Plomo (y otros metales pesados)	Gasolina con plomo	Efectos neurofisiológicos, daño al Sistema Nervioso Central, trastornos del aprendizaje
Microorganismos	Mobiliario, personas y animales	Enfermedades infecciosas, alergias
Óxidos de nitrógeno	Quema de biomasa y combustibles fósiles, humo de cigarrillo y automotores	Irritación ocular, infección del tracto respiratorio (especial vulnerabilidad de los niños), exacerbación del asma
Ozono	Tráfico, escapes de hidrocarburos, quema de combustibles fósiles	Irritación bronquial
Partículas en suspensión	Quema de biomasa y combustibles fósiles, mobiliario y materiales de construcción, humo de cigarrillo, transporte e industria	Irritación ocular, infecciones del tracto respiratorio, alergias, exacerbación de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.
Fenoles	Combustión de biomasa, compuestos químicos usados en el hogar	Irritación de membranas mucosas
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Quema de combustibles fósiles, tráfico	Incluyen carcinógenos
Radón y derivados	Rocas subyacentes y suelo	Carcinógenos
Óxidos de azufre industriales	Quema de combustibles fósiles y biomasa, emisiones de combustiones	Irritación del tracto respiratorio, afectación de la función pulmonar, exacerbación de enfermedades cardiopulmonares.
Ácido sulfúrico (formado en el aire por óxidos de azufre)	Quema de biomasa y de combustibles fósiles, emisiones industriales	Infecciones del tracto respiratorio, broncoespasmo
Hidrocarburos orgánicos volátiles	Combustión de biomasa y de combustibles fósiles por el tráfico, fundiciones y materiales de construcción, compuestos químicos usados en el hogar.	Dolor de cabeza, vértigo, irritación del tracto respiratorio superior, náuseas, incluyen carcinógenos

* Puede ser una fuente de emisión (la mayoría), fuente de escape o liberación (por ejemplo de radón), o fuente de emisiones de sustancias precursoras de contaminantes secundarios como ozono o aldehídos.

5.3.1 OZONO

El ozono es un compuesto de alta reactividad que irrita las vías aéreas pulmonares y que interfiere en los mecanismos de defensa del organismo. El mismo ejerce además un inusual efecto sobre la función ventilatoria, como resultado de los cambios inducidos en el mecanismo reflejo de la respiración.

En la atmósfera inferior, el oxígeno, tomando la luz solar como fuente de energía, reacciona con compuestos de nitrógeno e hidrocarburos volátiles para formar ozono. Esto ocurre con mayor intensidad en condiciones de estabilidad atmosférica o de inversiones térmicas y en presencia de luz solar, debiendo mediar un período de tiempo más o menos largo para que tengan lugar las reacciones fotoquímicas. El ozono es químicamente inestable, y reaccionará con varias sustancias. (En el Capítulo 11 se estudiarán los efectos de la disminución del ozono en la atmósfera superior). Aparentemente el ozono provoca una respuesta refleja en los pulmones, la que altera los patrones respiratorios. Las personas que no presentan asma, no inhalan tan profundamente el ozono, por lo que muestran menores cambios en el flujo aéreo.

Estudios con el empleo de pruebas de la función pulmonar han mostrado que las personas saludables pueden experimentar los efectos de la exposición al ozono. Esto es particularmente cierto cuando han presentado una tasa respiratoria incrementada, por ejemplo, cuando han desarrollado al aire libre actividades físicas extenuantes, aún a los niveles de ozono encontrados actualmente en el aire ambiental (en ciertas situaciones). La Figura 5.4. presenta una curva de dosis-respuesta para los síntomas asociados al ozono. Los mismos incluyen síntomas de la porción superior del aparato respiratorio (secreción nasal, irritación

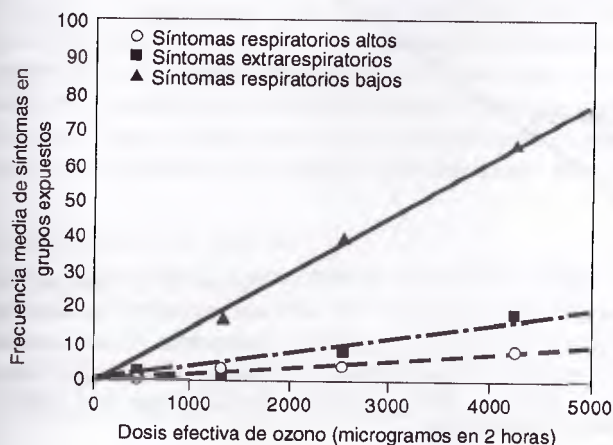


Figura 5.4 Efectos del ozono sobre los síntomas respiratorios. (Reimpresión de Mage y Zali, 1992. Fuente: Kleinman *et al.*, 1989).

de la faringe) síntomas respiratorios bajos (tos, sibilancias, dolor del pecho), y síntomas no respiratorios (dolor de cabeza, fatiga).

Kleismman *et al.*, 1989 produjeron una curva dosis respuesta que muestra como varían las pruebas de la función pulmonar con la dosis de O_3 (ver Figura 5.5). Luego de un corto período, los efectos del ozono son acumulativos. Sin embargo, después de varios días, las personas comienzan a incrementar la tolerancia al ozono y presentan menos síntomas y su respiración se hace más normal, pero las personas con asma pueden aun desarrollar obstrucción de las vías aéreas.

Dentro de un breve período, la inflamación producida por el efecto irritante del ozono produce una reducción del flujo aéreo y el empeoramiento del asma. Aparentemente el ozono también hace que aquellas personas cuya asma es provocada por reacciones alérgicas, resulten más susceptibles a los alérgenos. El ozono puede provocar ataques de asma en personas que ya la han padecido, pero no está claro que la exposición a ozono por sí sola pueda ocasionar la enfermedad. Los ataques tienden a producirse uno o dos días después de que las concentraciones de ozono alcanzaron el máximo y no durante el pico de contaminación.

Los valores guía recomendados por la OMS para ozono son de 150 - 200 $\mu g/m^3$ (0,075 - 0,1 ppm) para un máximo de una hora de exposición y de 100 - 120 $\mu g/m^3$ (0,05 - 0,06 ppm) para 8 horas de exposición (WHO, 1987a).

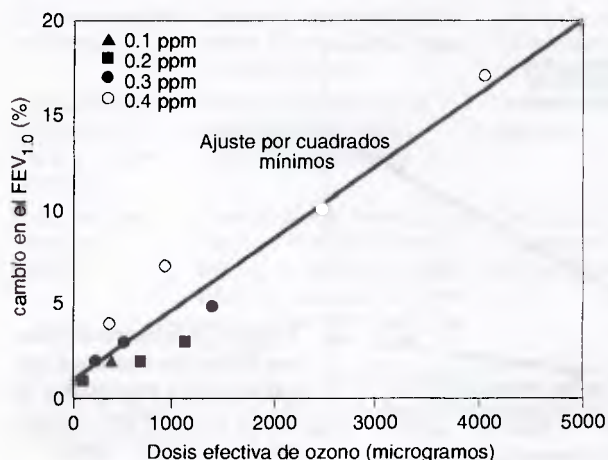


Figura 5.5. Efectos del ozono sobre la función pulmonar. (Reimpresión de Mage y Zali, 1992. Fuente: Kleinman *et al.*, 1989).

5.3.2 DIÓXIDO DE AZUFRE

El dióxido de azufre comenzó a constituir un importante problema de contaminación atmosférica a partir del comienzo de la industrialización. Su acción reductora o acidificante ha constituido el principal problema de contaminación atmosférica en muchos países durante el período de rápido desarrollo económico (ver Sección 5.4.1). El SO_2 fue uno de los principales componentes de la así llamada "niebla de Londres" que tuvo severos efectos directos sobre la salud, tal como se ilustra en el Cuadro 5.1.

En 1953, Amdur *et al.* estudiaron los efectos del dióxido de azufre en humanos y encontraron que, al menos en exposiciones agudas, concentraciones superiores a 8 ppm (22.8 mg/m³) ocasionaban modificaciones respiratorias que resultaban dependientes de la dosis. (Este constituyó uno de los primeros estudios que emplearon mediciones fisiológicas como indicadores de los efectos de la contaminación del aire). Estudios posteriores revelaron que el principal efecto del dióxido de azufre es la broncoconstricción (estrechamiento de las vías aéreas que ocasiona un incremento de la resistencia para la respiración), que es dependiente de la dosis, con tendencia a producir el valor máximo a los 10 minutos (Folinsbee, 1992). Las personas con asma resultan particularmente susceptibles y de hecho, los asmáticos sufren los efectos del dióxido de azufre de forma más severa que la población general. Las personas con asma que realizan ejercicios físicos, típicamente experimentarán síntomas con 0.5 ppm (1.4 mg/m³), dependiendo de cada individuo.

Los sulfatos constituyen los iones de azufre presentes en el agua, persisten como los principales constituyentes de la contaminación atmosférica capaces de formar ácidos. Los sulfatos, por sí mismos, parecen provocar broncoconstricción en personas con vías aéreas reactivas y son los principales constituyentes de las partículas ultrafinas. Existen otros componentes ácidos en la contaminación del aire, tales como el ácido nítrico, pero se conoce menos acerca de estos. Se considera que esos compuestos ácidos ocasionan el fenómeno conocido como *lluvia ácida*, a partir de sus emisiones al aire por las industrias y los vehículos de motor. Este aspecto será analizado en el Capítulo 11.

5.3.3 ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Como se mencionó anteriormente, a nivel del suelo los compuestos de nitrógeno (especialmente el dióxido de nitrógeno) constituyen precursores de ozono. Los óxidos de nitrógeno también producen efectos propios, constituyendo por derecho propio importantes contaminantes del aire.

El óxido nítrico (NO) es producido por combustión. El dióxido de nitrógeno

Cuadro 5.1 **Niebla de Londres**

El 5 de diciembre de 1952 ocurrió en Londres, Inglaterra, un fenómeno conocido como inversión de la temperatura atmosférica. Éste se prolongó durante unos 5 días, y dio lugar a la formación de una densa niebla en el centro de la ciudad. Durante una inversión térmica ocurre un movimiento muy pobre del aire, y éste, incluyendo el material particulado y otros contaminantes que contiene, queda atrapado en una localidad determinada. Las partículas en suspensión proveen núcleos en los que pueden depositarse la humedad y otros contaminantes, tales como ácidos.

Durante este período de tiempo la temperatura osciló alrededor de 0°C. La quema de combustibles fósiles (carbón) en hornos abiertos para la calefacción doméstica, así como para la generación industrial de electricidad, y las emisiones procedentes de los vehículos de transporte, constituyeron las principales fuentes de contaminantes de la atmósfera.

Las determinaciones de partículas en suspensión totales (PST) y de dióxido de azufre se realizaban de forma rutinaria en Londres durante este período; tanto en el centro como en la periferia. Del 6 al 8 de diciembre de 1952, los promedios diarios procedentes de ambos puntos de muestreo se incrementaron unas 5 veces hasta 1.6 mg/m³. Los valores máximos fueron entre 3 y 10 veces superiores a los valores habituales, y resultaron mayores en el centro de Londres. En comparación, en 1951 las concentraciones de PST estuvieron en el rango de 0.12 a 0.44 mg/m³.

Las demandas de camas hospitalarias se incrementaron desde el 8 de diciembre, y los hospitales del centro de Londres emitieron un aviso al control de camas para emergencias advirtiendo que los mismos sólo podían satisfacer el 85% de las solicitudes. La tasa de mortalidad se incrementó dramáticamente durante el período, principalmente en el centro de Londres (ver Figura 5.6). Las principales causas de muerte estuvieron dadas por diferentes enfermedades respiratorias y cardíacas. Además, muchos animales (como el ganado), tuvieron que ser sacrificados debido a que enfermaron en ese período, aparentemente debido a la niebla.

Tomando como base los datos epidemiológicos obtenidos durante el episodio de la niebla de Londres, se pudo apreciar que el período de mortalidad incrementada en estuvo más fuertemente asociado al incremento de las partículas en suspensión que a las concentraciones de SO₂ en el aire. Un análisis posterior, sin embargo, sugirió que los aerosoles ácidos (formados a partir del dióxido de azufre) constituyeron el factor principal que ocasionó el incremento de la mortalidad.

Adaptado por A.Morgan; de Kijefstrom y Hicks, 1991.

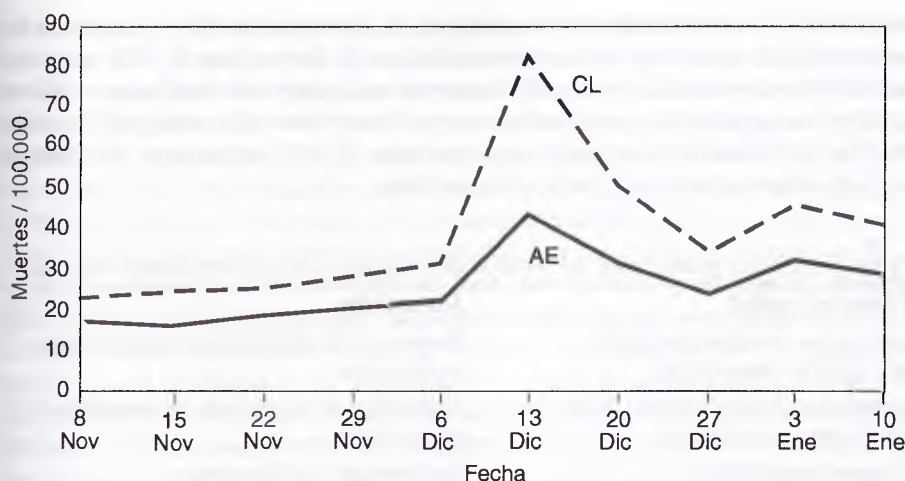


Figura 5.6. Tasas mensuales de mortalidad en el Condado de Londres (CL) y en el Anillo Exterior (AE), 1952-1953.

(NO₂), que ejerce los principales efectos sobre la salud, es un *contaminante secundario*, creado por la oxidación del NO en presencia de la luz solar, o formado directamente (contaminante primario) por combustión a altas temperaturas en plantas generadoras de energía o en el aire de interiores a partir de hornillas de gas. Los niveles de exposición al dióxido de nitrógeno que no deben ser excedidos (Valores guías de la OMS) son de 400 µg/m³ (0.21 ppm) para una hora y 150 µg/m³ (0.08 ppm) para 24 horas (WHO, 1987a).

Los efectos directos del dióxido de nitrógeno incluyen el aumento de las infecciones bajas del tracto respiratorio en los niños (incluyendo exposiciones a largo plazo en casas con estufas de gas) e incremento de las manifestaciones de asma. Extensos estudios de los óxidos de nitrógeno han demostrado que los mismos reducen la capacidad inmune del aparato respiratorio, incrementando la incidencia y severidad de las infecciones bacterianas luego de la exposición. Los mismos poseen un efecto marcado en la reducción de la capacidad de los pulmones para eliminar las partículas y las bacterias. El NO₂ provoca también broncoconstricción y crisis de asma de una forma muy parecida al ozono, pero es menos potente que éste como causante de síntomas en asmáticos.

A pesar de décadas de investigación, aún no se conocen bien todos los efectos del NO₂. Sus efectos conocidos sobre la salud humana se resumen en la Tabla 5.3. Se conocen otros efectos, pero resultan difíciles de evaluar. Por ejem-

plo, el NO₂ tiene un importante efecto en la distribución de la sangre en los pulmones. En animales, se ha observado que la exposición al NO₂ ocasiona metástasis pulmonares a partir de cáncer en cualquier otra localización del organismo, aunque el NO₂ por sí mismo no produce cáncer. Esos efectos inusuales resultan difíciles de interpretar y comprender. El NO₂ constituye también un importante precursor de la precipitación ácida.

Tabla 5.3 Efectos potenciales del dióxido de nitrógeno sobre el organismo humano

Efecto en la salud	Mecanismo
Incremento de la incidencia de infecciones respiratorias	Reducción de la eficacia de las defensas pulmonares
Incremento de la severidad de las infecciones respiratorias	Reducción de la eficacia de las defensas pulmonares
Síntomas respiratorios	Lesiones de las vías aéreas
Reducción de la función pulmonar	Lesiones de vías aéreas y posiblemente alveolares
Empeoramiento del estado clínico de personas con asma, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y otras afecciones respiratorias crónicas	Lesiones de vías aéreas

Fuente: Samet y Utell, 1990.

5.3.4 PARTÍCULAS

El material particulado en el aire (aerosoles) está asociado con un riesgo elevado de mortalidad y morbilidad (incluyendo tos y bronquitis), especialmente entre grupos poblacionales tales como los asmáticos y los ancianos. Como se ha expuesto, las partículas son liberadas a partir de procesos de combustión, estufas de carbón o madera, el humo del tabaco, escapes de motores diesel y de automóviles, y otras fuentes de combustión. La Agencia para la Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) establece una norma de 265 µg/m³ en aire ambiental, pero no establece un límite para la concentración en el aire interior. Las concentraciones habituales varían entre 500 µg/m³ en bares y en salas de espera y 50 µg/m³ en las viviendas (Brooks, 1995). En los países desarrollados, el *humo del tabaco* constituye el principal contribuyente a la contaminación de partículas respirables en el aire interior.

En años recientes, se ha incrementado considerablemente el conocimiento acerca de los efectos de las partículas sobre la salud. Como ha sido expuesto, las

partículas de la contaminación del aire urbano son extremadamente pequeñas. Las partículas menores de $2.5\ \mu\text{m}$ de diámetro poseen una composición química diferente a las de las partículas mayores. Estas partículas mayores, incluidas en las PM_{10} (partículas de $10\ \mu\text{m}$ y menores) consisten mayormente en material constituido por carbón y son producidas a partir de la combustión; algunas de esas partículas son producidas por la acción del viento sobre el suelo suspendiéndolas en el aire. Esas partículas mayores no parecen tener tanto efecto sobre la salud humana como las partículas menores. Las partículas de la fracción $\text{PM}_{2.5}$ ($2.5\ \mu\text{m}$ y menores) contienen proporcionalmente una mayor cantidad de agua y de sustancias precursoras para la formación de ácidos, tales como sulfatos y nitratos, así como también trazas de metales. Estas partículas más pequeñas penetran con facilidad en su totalidad en el interior de las edificaciones y se dispersan ampliamente en las regiones urbanas donde son producidas. A diferencia de otros contaminantes del aire, cuyas concentraciones varían de un lugar a otro dentro de un área, las $\text{PM}_{2.5}$ tienden a distribuirse uniformemente.

Las $\text{PM}_{2.5}$, los sulfatos y el ozono no pueden ser separados fácilmente, porque estos tienden a coexistir en la contaminación del aire urbano. Estudios recientes sugieren con fortaleza que, al menos las $\text{PM}_{2.5}$ y los sulfatos, y probablemente también el ozono, ocasionan un incremento de la mortalidad en las ciudades expuestas: los mayores niveles de contaminación atmosférica por estos contaminantes específicos se asocian a los mayores excesos de mortalidad observados en un día dado, superiores a los casos esperados para un estado del tiempo y época del año determinados. Asimismo, aún considerando las condiciones del tiempo y la época del año, ocurren más ingresos hospitalarios y consultas de urgencia por distintas enfermedades cuando esos contaminantes presentan concentraciones elevadas. En particular el ozono está asociado al incremento del número de crisis de asma, aunque los tres están asociados a mayores tasas de mortalidad por enfermedades respiratorias, cardíacas y sus complicaciones. No se conoce aún cuál es el factor predominante en la ocurrencia de esos efectos sobre la salud, y cuáles combinaciones de los mismos pueden ser responsables de algunos efectos.

A los niveles de contaminación muy superiores, existentes en muchos países en desarrollo, los efectos parecen ser proporcionalmente mayores. Existen numerosos factores que hacen más complicada la realización de este tipo de estudios en los países en desarrollo. Las altas tasas de enfermedades respiratorias durante el invierno, aún entre los no fumadores en algunas ciudades del noreste de China, por ejemplo, han sido atribuidas a la contaminación atmosférica, lo que pudiera ser cierto; sin embargo, el hábito de fumar, la contaminación del aire del interior de las viviendas originado por estufas abiertas de carbón o leña y el humo

del tabaco, así como el hacinamiento y el mayor riesgo de infecciones virales (entre otras) pudieran constituir también importantes factores de riesgo.

5.3.5 MONÓXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono se produce fundamentalmente por la combustión incompleta de combustibles fósiles, por ejemplo por los automóviles y otros motores de gasolina y por calentadores de carbón de leña o de petróleo. El mismo es inodoro e incoloro. Por ser algo más pesado que el aire, tiende a concentrarse en espacios confinados y afectar a las personas sin alerta previa. La historia escrita sobre el monóxido de carbono se remonta a muchos años atrás, como en los registros romanos acerca de muertes asociadas a incendios en espacios cerrados.

Básicamente, según aumentan las concentraciones de monóxido de carbono disminuye la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, pero de forma desproporcionadamente mayor, debido a que las moléculas de oxígeno son literalmente desplazadas por las moléculas de monóxido de carbono y la capacidad de la hemoglobina para captar oxígeno depende del O_2 captado en los sitios vecinos de la molécula. La afinidad de la molécula de monóxido de carbono por la hemoglobina es de 200 a 300 veces más fuerte que la de la unión de la hemoglobina con el oxígeno; por ello, el monóxido de carbono no es fácilmente eliminado del sistema circulatorio. Exposiciones por cortos períodos a concentraciones elevadas de monóxido de carbono son tan nocivas como períodos prolongados a bajas concentraciones. Las concentraciones normales de monóxido de carbono en la sangre alcanzan aproximadamente el 1%. Los fumadores pueden tener concentraciones mayores, y si una persona realiza ejercicio pesado en horas de tráfico severo (a 10-15 ppm), se pueden alcanzar niveles de 3 - 4% de *carboxihemoglobina* (COHb).

La Tabla 5.4 muestra diferentes niveles predichos de carboxihemoglobina para sujetos que desarrollan diferentes tipos de trabajo. En tanto, la Tabla 5.5 muestra diferentes NEAMBOs (Nivel de Efecto Adverso más Bajo Observado). La tolerancia al ejercicio no muestra disminución hasta después de sobrepasar el nivel de 5% en sujetos sanos. Entre las personas con mayor riesgo están aquellas con afecciones cardíacas o pulmonares. Se ha encontrado que "por cada 1% de incremento de COHb (esto es, porcentaje de moléculas de hemoglobina unidas a moléculas de monóxido de carbono), existe un 4% de la disminución del tiempo de aparición de cambios isquémicos" (Folinsbee, 1992). En niveles bajos, los síntomas de la exposición al monóxido de carbono incluyen fatiga, dolor de cabeza y vértigos, pero concentraciones más elevadas pueden ocasionar deterioro de la visión, trastornos de la coordinación, náuseas y aun la muerte.

Tabla 5.4 Niveles de carboxihemoglobina predichos para sujetos que realizan diferentes tipos de trabajo.

Concentración ambiental de CO		Tiempo de exposición	Nivel de COHb/tipo de trabajo		
ppm	mg/m ³		Sedentario	Ligero	Pesado
100	115	15 min	1.2	2.0	2.8
50	57	30 min	1.1	1.9	2.6
25	29	1 h	1.1	1.7	2.2
10	11.5	8 h	1.5	1.7	1.7

Fuente: OMS, 1987a

Tabla 5.5 Efectos sobre la salud humana asociados a exposiciones a bajos niveles de monóxido de carbono: nivel de efecto adverso más bajo observado.

Conc. de COHb (%)	Efectos
23 - 4.3	Disminución estadísticamente significativa (3-7%) de la relación entre el tiempo de trabajo y la extenuación por el ejercicio en hombres jóvenes saludables.
2.9 - 4.5	Disminución estadísticamente significativa de la capacidad para el ejercicio (acortamiento de la duración del ejercicio antes de la aparición de dolor) en pacientes con angina e incremento de la duración de ataques de angina.
5 - 5.5	Disminución estadísticamente significativa del consumo máximo de oxígeno y del tiempo de ejercitación en hombres jóvenes saludables durante ejercicio extenuante.
< 5	Disminución no significativa estadísticamente del nivel de vigilia después de la exposición.
5 - 7.6	Disminución estadísticamente significativa de las tareas de vigilancia en experimentos con sujetos saludables.
5 - 17	Disminución estadísticamente significativa de la percepción visual, deterioro de la capacidad de trabajo manual y de la capacidad de aprendizaje o el desarrollo de las tareas sensoriales y motoras complejas (p. ej. conducir).
7 - 20	Disminución estadísticamente significativa del consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio intenso en hombres jóvenes y saludables.

Fuente: OMS, 1987a.

Para prevenir niveles de carboxihemoglobina superiores a 2.5 - 3 % en no fumadores, han sido propuestos los siguientes valores guía:

- Exposición máxima permitida de 100 mg/m³ para menos de 15 minutos;
- Exposición máxima permitida de 60 mg/m³ (50 ppm) para menos de 30 minutos;
- Exposición máxima permitida de 30 mg/m³ (25 ppm) para menos de 60 minutos, y
- Exposición máxima permitida de 10 mg/m³ (9 ppm) para 8 horas (WHO, 1987a).

5.3.6 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) incluyen benceno, cloroformo, metanol, tetracloruro de carbono y formaldehído, entre cientos de otros compuestos. La gasolina es una mezcla de muchos de otros compuestos. En las últimas décadas, han sido detectados en la atmósfera unos 261 COV. Aunque la mayoría de estas sustancias químicas se encuentran a niveles muy bajos en el aire ambiental, algunos de estos COV son altamente reactivos. Al igual que los compuestos de nitrógeno, los COV pueden causar efectos indirectos (tales como la contribución a la formación de ozono), así como efectos directos sobre la fisiología humana. Estos compuestos pueden tener su origen en productos de uso doméstico, tales como pinturas, establecimientos donde se realiza limpieza en seco, refinerías, estaciones de expendio de gasolina y otras muchas fuentes. Los COV pueden ocasionar irritación del tracto respiratorio (desde incremento de rinitis, secreción nasal, hasta asma) así como dolores de cabeza y otras molestias inespecíficas. A concentraciones elevadas estas sustancias poseen efectos tóxicos severos; algunos de los cuales varían según los compuestos, pero que incluyen efectos neurológicos en todos los casos. La acción tóxica directa de los COV es principalmente un problema de contaminación del aire en interiores y un riesgo ocupacional, debido a que los niveles en interiores y en lugares de trabajo pueden superar por mucho los niveles encontrados en el aire en los espacios abiertos.

5.3.7 METALES TRAZA

Los metales traza incluyen cadmio, mercurio, zinc, cobre, plomo y una docena de otros. A estos se les llama elementos traza debido a que están presentes en el ambiente o en el organismo sólo en pequeñas cantidades. La actividad humana ha incrementado la liberación de estos elementos al ambiente. Los metales traza pueden tener efectos sobre la salud, sobre los sistemas nervioso y respiratorio, así como en órganos como el hígado o la piel.

El plomo es el mejor estudiado de estos metales traza; reconocido como una sustancia altamente tóxica, que ocasiona daño principalmente en el sistema nervioso. En los niños esto puede ocasionar dificultades para el aprendizaje y trastornos de la conducta. Se ha estimado que el 80-90% del plomo presente en el ambiente se origina en la combustión de derivados del petróleo que contienen plomo. Debido a estos efectos sobre la conducta y la capacidad de aprendizaje, en todo el mundo se han desarrollado esfuerzos para eliminar el plomo de la gasolina y de artículos de consumo doméstico como las pinturas. Los valores guía de la OMS para la exposición prolongada al plomo en el aire son de 0.5-1 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{año}$ (WHO, 1987a).

5.4 Tipos de contaminación del aire de origen industrial

5.4.1 TIPOS DE CONTAMINANTES DEL AIRE DE ORIGEN INDUSTRIAL

La contaminación del aire de origen industrial ocurre como resultado de la liberación de contaminantes (emisiones) a la atmósfera. Los contaminantes se mezclan en el aire y son diluidos, pero pueden atravesar grandes distancias por la acción de los vientos predominantes, o si la chimenea de una industria es suficientemente alta para impulsarlos en la atmósfera. La dificultad para predecir con precisión las concentraciones de los contaminantes en la atmósfera, constituye un problema fundamental para la ciencias que estudian la contaminación del aire.

Existen tres tipos generales de contaminación atmosférica de origen industrial, tal como son definidos por sus diferentes características químicas, distribución y fuentes (resumido en la Tabla 5.6). La contaminación atmosférica *reductora* es ocasionada principalmente por la emisión de dióxido de azufre (SO_2) y otras sustancias que se comportan en la atmósfera como agentes químicos reductores. Las emisiones de SO_2 son ocasionadas por la combustión de combustibles fósiles que contienen ciertas cantidades de azufre; las emisiones de partículas ocurren con mayor intensidad cuando la combustión es ineficiente. La contaminación reductora del aire es producida principalmente por plantas generadoras de energía a partir de combustibles fósiles, hornos industriales, fábricas de acero y vehículos pesados con motores diesel.

La contaminación atmosférica fotoquímica, mucho más reciente en la historia de la humanidad, se origina como resultado de complejas reacciones químicas en la atmósfera que se producen por la acción de la energía de la luz solar. En la niebla fotoquímica, las emisiones ricas en óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, reaccionan produciendo ozono, compuestos específicos de nitrógeno y aldehídos, todos los cuales son altamente reactivos y químicamente oxidantes. Este tipo de

Tabla 5.6 Tipos de contaminación del aire según características químicas y fuentes

Tipo	Composición	Fuentes
Reductora	Dióxido de azufre, partículas	Fuentes estacionarias de combustión tales como plantas de generación de energía a partir de combustibles fósiles, hornos industriales, unidades de calefacción doméstica
Fotoquímica (oxidante)	Hidrocarburos y óxido nítrico emitidos por motores de combustión interna, mediante reacciones fotoquímicas complejas en presencia de luz solar, resultando una atmósfera con significativas concentraciones de ozono, dióxido de nitrógeno, aldehídos y nitratos orgánicos.	Emisiones de fuentes móviles, tales como automóviles, plantas generadoras de energía a partir de combustibles fósiles, plantas petroquímicas y refinerías de petróleo.
De fuente puntual	Específicas de la fuente de emisión, por ejemplo, cerca de la fundición.	Industrias específicas; accidentes industriales o de transportación de sustancias químicas.

niebla (*smog*) es causado principalmente por el tráfico de vehículos automotores, añadiéndose a las emisiones de las fuentes estacionarias, tales como los hidrocarburos procedentes de la gasolina, los solventes utilizados para la limpieza en seco y los óxidos de nitrógeno procedentes de plantas generadoras de energía. En muchas ciudades se ha logrado una reducción de la contaminación del aire mediante medidas de control, en tanto el tráfico de vehículos automotores se ha incrementado en todo el mundo, por lo que el *smog* fotoquímico ha emergido como un problema nuevo en unas ciudades o remanente en otras.

Un tercer tipo de contaminación atmosférica de origen industrial lo constituyen las emisiones de fuentes puntuales o específicas. Comúnmente este tipo de contaminación afecta la vecindad inmediata de la fuente, pero no involucra reacciones atmosféricas de gran envergadura. Los ejemplos incluyen el plomo en la vecindad de una fundición, el sulfuro de hidrógeno (H_2S) procedente de una fuente suministradora de gas, plaguicidas procedentes de la aplicación agrícola y concentraciones de vapores procedentes de los escapes o la ruptura de un tanque. Con frecuencia estas emisiones ocurren como resultado de accidentes, en particular relacionados con la transportación de sustancias peligrosas por camión o tren.

5.4.2 CONTAMINACIÓN DEL AIRE ORIGINADA POR ACCIDENTES INDUSTRIALES

Las actividades o los accidentes industriales pueden liberar cantidades relativamente grandes de un tipo particular de contaminantes del aire que den lugar a problemas locales. Los episodios graves que han sido bien documentados incluyen el ocurrido en Bélgica en 1930 (Valle del río Mosa), otro en los Estados Unidos en 1948 (Donosa, Pennsylvania), en México en 1950 (Poza Rica) y dos en Inglaterra, 1952 y 1962 (ambos en Londres; ver Cuadro 5.1), y otro en la India, en 1984 (Bhopal). El incidente de Bhopal se presenta en el Cuadro 5.2.

Cuadro 5.2

Bhopal: estudio de caso de un desastre internacional

El peor cataclismo industrial del mundo que ha sido documentado, ocurrió el 2 de diciembre de 1984 en una planta de la Unión Carbide en Bhopal, India y fue la liberación de una nube gaseosa de isocianato de metilo que mató a más de 3800 personas.

Lo que fue descrito en un reporte como "un accidente común" fue aparentemente iniciado por la introducción de agua dentro del tanque de almacenamiento de isocianato de metilo (ICM), lo que dió lugar a una reacción incontrolada, con liberación de calor y escape de ICM y otros productos de su descomposición en forma de gas. Los sistemas de seguridad, o bien no estaban en funcionamiento, o resultaron inadecuados para controlar el escape de volúmenes tan grandes de sustancias tóxicas.

Entre las más de 200 000 personas expuestas al gas, el costo de muertes a lo largo de la semana siguiente al accidente fue superior a 2000. Hasta 1990, el Directorio de Reclamaciones de Bhopal había preparado expedientes médicos para 361 966 de las personas expuestas. De aquellas, 173 382 presentaron lesiones temporales y 18 922 lesiones permanentes, con un registro total de 3 828 muertes.

Una de las lecciones más importantes de la tragedia de Bhopal es cuán importante es la prevención de esos incidentes mediante la implementación previa de medidas de control. La legislación ambiental, el mantenimiento de estrategias preventivas, los programas de entrenamiento a los trabajadores, los programas de educación ambiental, la investigación acerca de los productos intermedios, el desarrollo sistemático de modelos de evaluación de riesgos, los planes de emergencias y la preparación para situaciones de desastre, son ejemplos de actividades planificadas de prevención y control.

Fuente: Dhara y Dhara, 1995.

5.4.3 CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL LUGAR DE TRABAJO

Los riesgos originados por el aire constituyen problemas comunes de salud ocupacional, y serán analizados de forma más amplia en el Capítulo 10. Se conoce que muchas enfermedades son ocasionadas por la inhalación de sustancias que

están presentes en determinadas ocupaciones en particular. Para cada categoría de las enfermedades enunciadas en la Sección 5.2, existen largas listas de lugares de trabajo en los cuales ha sido documentado un exceso de morbilidad, debido al inadecuado control de la calidad del aire. La incidencia y la prevalencia de esas afecciones se han modificado a lo largo del tiempo. Por ejemplo, las *enfermedades pulmonares fibróticas* (neumoconiosis que ocasionan fibrosis pulmonar), eran tan prevalentes en los países desarrollados como lo son aún en los países en desarrollo en los que el control de la exposición es inadecuado. Este grupo de enfermedades incluye la silicosis, la asbestosis, la neumoconiosis de los mineros del carbón y otras. El cáncer pulmonar de origen ocupacional está muy bien documentado. Lo mismo ocurre con las *enfermedades pulmonares obstructivas crónicas* (EPOC) que ocurren asociadas a la exposición en los puestos de trabajo, y en particular la bronquitis crónica. El asma ocupacional se está incrementando actualmente en conjunción con el rápido crecimiento de la lista de sustancias conocidas como capaces de ocasionarla. El Capítulo 10, describe las enfermedades pulmonares de origen ocupacional más comunes.

La magnitud de las exposiciones en los lugares de trabajo se expone con mayor amplitud en el Capítulo 10. Basta tener en cuenta que existen, con mucho, más casos de enfermedades ocasionadas por la contaminación del aire en los lugares de trabajo que los ocasionados por la exposición a la contaminación del aire atmosférico en la comunidad general. Además, para muchas personas, la distinción entre el ambiente laboral, el hogar y el ambiente general, es una diferenciación artificial, como fue discutido en el Capítulo 1. El control de la exposición en la comunidad debería relacionarse siempre con el control de la exposición dentro de las plantas, y el hecho de que las exposiciones son, por lo común, mucho mayores dentro de las plantas, debería ser siempre tomado en cuenta al considerar las prioridades de las actividades preventivas.

5.5 La contaminación del aire y la comunidad

5.5.1 MAGNITUD Y FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE AMBIENTAL

El desarrollo industrial ha sido asociado con la expulsión al aire de enormes cantidades de emisiones gaseosas y de partículas, a partir tanto de la producción industrial como de la quema de combustibles fósiles para la generación de energía y la transportación. Cuando se introdujo la tecnología en el control de la contaminación del aire para reducir la emisión de partículas, se encontró que las emisiones gaseosas continuaron ocasionando sus propios problemas. Los esfuerzos actuales para el control de las emisiones tanto de partículas como gaseosas han resultado parcialmente exitosas en gran parte del mundo desarrollado,

pero existen evidencias de que la contaminación del aire todavía constituye un riesgo para la salud, aún bajo esas condiciones relativamente favorables.

En las sociedades con rápido desarrollo económico, pudiera ocurrir que, inicialmente debido a otras prioridades económicas y sociales, no se hayan invertido recursos para el control de la contaminación del aire. La rápida expansión de la industria en esos países ha ocurrido al mismo tiempo que el incremento del tránsito de vehículos automotores, el aumento de las demandas energéticas para las viviendas, y la concentración de la población en grandes áreas urbanas denominadas *megaciudades*. El resultado ha sido el surgimiento de algunos de los peores problemas de contaminación del aire en el mundo, alcanzando niveles mucho más altos que en aquellos países donde el desarrollo económico ya había tenido lugar.

La exposición a la contaminación del aire constituye parte de la vida urbana en todo el mundo. En los últimos 20 años ha venido ocurriendo una modificación del tipo de contaminación del aire que afecta a los países desarrollados; así, los contaminantes tradicionales originados por fuentes estacionarias, tales como el SO_2 y las partículas en suspensión (PS), han sido controlados con efectividad, por la implementación y el reforzamiento de la legislación en muchos países desarrollados. Además, el cambio de la calefacción doméstica mediante carbón por la eléctrica y el empleo de gas natural para la calefacción y cocina, han dado lugar a menores niveles de emisiones de SO_2 y PS, con el correspondiente mejoramiento de la calidad del aire. Sin embargo, el ulterior desarrollo económico (y el incremento de los ingresos personales) ha dado lugar a incrementos de las emisiones industriales, y especialmente del tráfico de vehículos automotores. Este, a su vez, ha ocasionado un incremento de los contaminantes asociados con los *motores de vehículos de transporte*, principalmente de NO_x , monóxido de carbono e hidrocarburos, así como de ozono y otros oxidantes fotoquímicos y de plomo en muchas jurisdicciones (ver Cuadro 5.3 para más información de contaminación del aire por vehículos de motor). Los intentos de controlar las emisiones, inicialmente a través de la introducción de convertidores catalíticos y motores más eficientes en la utilización del combustible han sido, con mucho, eclipsados por el crecimiento del tráfico de vehículos de motor (Mage y Zali, 1992). En tanto, en muchos países en desarrollo, la rápida urbanización ha traído como resultado una duplicación de muchos de los problemas enfrentados por los países desarrollados. En ciertos países, la cuantiosa utilización del carbón o el petróleo como combustibles, ocasiona que los niveles urbanos de SO_2 y PS permanezcan elevados. De forma adicional, el rápido desarrollo económico ha significado que las emisiones de la industria y de los vehículos motorizados se estén incrementando, ocasionando problemas de calidad del aire (Tabla 5.7). Estos aspectos serán analizados también en los Capítulos 8 y 9.

Cuadro 5.3

Contaminación del aire por vehículos de motor: estrategias de control

Los estudios de exposiciones humanas a los contaminantes del aire procedentes de vehículos de motor han revelado lo siguiente:

- Las concentraciones de ciertos contaminantes del aire son típicamente superiores dentro de los vehículos de motor y a lo largo de las carreteras, con respecto a las registradas en las estaciones de monitoreo fijas.
- Las exposiciones tienden a ser superiores en el interior de los automóviles con respecto al interior de los ómnibus y otros vehículos de transporte público.
- El empleo de sendas o vías prioritarias para incrementar la velocidad y viabilidad del tránsito de grupos de ómnibus y automóviles, tiende a disminuir la exposición a los contaminantes del aire.
- Las concentraciones de los contaminantes del aire en los lugares cerrados son (en ausencia de fuentes internas) similares a las concentraciones en el exterior, pero con tendencia a presentar un retraso temporal con respecto a los valores pico de las concentraciones observadas en los exteriores (con la notable excepción de edificios comerciales unidos a garages o sitios de estacionamiento mal ventilados).

Las concentraciones de los contaminantes originados por los vehículos de motor, disminuyen con el aumento de la distancia desde la carretera, lo que sugiere que los conductores y pasajeros de los vehículos tienen el mayor riesgo de exposición, seguido por los peatones y comerciantes ubicados a lo largo de las carreteras o avenidas y después la población urbana en general.

Las emisiones de los vehículos de motor pudieran ser reducidas mediante: 1) el control del funcionamiento de los vehículos, y 2) modificando la composición de los combustibles.

Con respecto al *funcionamiento de los vehículos*, éste puede ser controlado asegurando que los mismos sean *diseñados y contruidos* para cumplir las normas. También es necesario que los vehículos tengan un mantenimiento *adecuado*. El mantenimiento adecuado puede ser promovido proporcionando incentivos a los propietarios de los automóviles. El requerimiento del mantenimiento mediante inspecciones y programas de mantenimiento obligatorio es considerado por muchos como el incentivo de mayor efectividad para los propietarios de automóviles.

La *composición del combustible* pudiera ser controlada como un medio directo de controlar las emisiones, por ejemplo, reduciendo el plomo contenido en las gasolinas que lo emplean, o reduciendo el contenido de azufre para controlar las emisiones de sulfatos. Los estudios sugieren que las emisiones de hidrocarburos procedentes de la gasolina disminuyen significativamente con el menor contenido de azufre en el combustible. El control de la volatilidad de la gasolina constituye otra estrategia de control mediante la reducción de la evaporación, así como la recirculación

continúa...

de las emisiones, especialmente en áreas de clima cálido. Ciertos *aditivos* han demostrado su efectividad en la disminución de las emisiones de hidrocarburos y de monóxido de carbono.

La reducción de las *emisiones por vehículo por milla recorrida* puede ser muy efectiva en el control de las emisiones. Las estrategias en este sentido incluyen el uso de los automóviles por grupos de personas, el incremento del empleo de los medios de transportación masiva, las restricciones para el estacionamiento, el racionamiento de la gasolina, etc. De cualquier modo, las políticas empleadas necesitarían crear *sistemas de transportación pública* más eficientes, incrementar el *factor de carga* de los vehículos existentes, reducir los horarios pico del tránsito (por ejemplo, escalonando los horarios de trabajo), mejorar la circulación utilizando señales sincronizadas y reducir las demandas de transportación, por ejemplo, mediante la redistribución de las actividades en los distritos urbanos. El Capítulo 8 presenta algunos éxitos respecto al uso de la bicicleta.

Fuente: Mage y Zali, 1992.

Tabla 5.7 Contribución relativa de diferentes emisiones de contaminantes en Sao Paulo, Brasil.

Tipos de fuente	Material particulado	Óxidos de azufre	Monóxido de carbono	Óxidos de nitrógeno
Vehículos	40 %	64 %	94 %	92 %
Industrias	10 %	36 %	35 %	7 %
Otros	50 %	0 %	3 %	1 %

Fuente: World Health Quaterly, 1995.

La contaminación del aire urbano a niveles extremadamente elevados está relacionada con el incremento de enfermedades pulmonares agudas y crónicas, enfermedades cardíacas, cáncer pulmonar y daño neurológico. En la pasada década algunos de los niveles más elevados de contaminación del aire por dióxido de azufre, se encontraban en ciudades de países en desarrollo (siete de las diez ciudades más contaminadas del mundo se encontraban en países en desarrollo). Hoy en día, las cinco megaciudades más contaminadas por dióxido de azufre se encuentran en países en desarrollo. Más de un billón de personas viven en áreas con calidad del aire inaceptable.

Los ambientes urbanos generan sus propios *microclimas*, (especialmente las megaciudades), los que generan problemas específicos. La contaminación del

aire atrapada sobre áreas urbanas por el estancamiento del mismo, especialmente en un valle, puede acumularse y dar lugar a reacciones químicas que modifiquen sus características. Algunas de las situaciones más severas tienen lugar en esas megaciudades, tales como la Ciudad de México y Sao Paulo (Brasil), y en otras ciudades del mundo en desarrollo, tales como Shenyang (China). Además, la calefacción de muchos edificios es uno de los factores que puede crear una diferencia entre la temperatura del aire ambiental urbano y las temperaturas ambientales rurales que lo rodean. Esto, a su vez, puede contribuir a ocasionar *inversiones térmicas* (un fenómeno ocasionado por múltiples factores que impiden la elevación del aire más caliente que ocasiona un incremento de las concentraciones de los contaminantes del aire, como se señaló anteriormente). Las personas involucradas en la evaluación y el control de la urbanización, deben tener en consideración esas dificultades.

Preguntas de estudio

¿Es la contaminación del aire un problema en su territorio? ¿Cuáles medidas de control se utilizan para la reducción de la contaminación del aire en las fuentes? ¿A lo largo de la vía de exposición? ¿A nivel personal?

5.5.2 NORMAS Y VALORES GUÍA DE CALIDAD DEL AIRE

Algunos problemas de contaminación del aire, tales como los olores desagradables, pueden ser considerados como una molestia pública. La contaminación del aire en industrias o zonas urbanas es más complicada, y para un control efectivo se requiere: a) la identificación y medición de los contaminantes de mayor importancia en el problema, y b) la prevención o la reducción de sus emisiones en las fuentes.

El control de la contaminación del aire requiere la identificación y el control individual de las fuentes emisoras, con el objeto de prevenir la acumulación de aire contaminado en cierta zona, región o cuenca aérea. Una *cuenca aérea* es un espacio (como en un valle, hondonada o planicie) dentro del cual el aire se mezcla con relativa libertad, pero fuera del mismo el movimiento es relativamente más lento y depende típicamente de los vientos. Con el objetivo de mejorar la calidad del aire dentro de una cuenca aérea, es necesario controlar todas las fuentes dentro de la misma.

Para lograr metas en el control de la contaminación del aire, es necesario establecer normas o valores guía (lineamientos). La palabra *norma* implica un

grupo de leyes o regulaciones que limitan las emisiones permisibles, o que no permitan la degradación o deterioro de la calidad del aire por encima de cierto límite. El término *valor guía* (lineamientos) implica un grupo de niveles recomendados con respecto a los cuales se puede comparar la calidad del aire de una región u otra a lo largo del tiempo. La Tabla 5.8 presenta las normas desarrolladas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA). La Tabla 5.9 presenta los valores guía de calidad del aire para Europa recomendados por la OMS.

Tabla 5.8 Normas de calidad de aire, Estados Unidos de América, 1989.

Contaminante	Normas primarias	Tiempo promedio	Efectos sobre la salud
Ozono	0.12 ppm (235 µg/m ³)	1 hora	Disminución de la función respiratoria, posible enfermedad pulmonar crónica.
PM ₁₀	50 µg/m ³	Media aritmética anual	Enfermedad respiratoria crónica, modificación de la función pulmonar en niños.
	150 µg/m ³	24 horas	
SO ₂	0.03 ppm (80 µg/m ³)	Media aritmética anual	Exacerbación de los síntomas de asma bronquial.
	0.14 ppm (365 µg/m ³)	24 horas	
Monóxido de carbono	9 ppm (10 mg/m ³)	8 horas	Agravación de la coronariopatía.
	35 ppm (40 mg/m ³)	1 hora	
Plomo	1.5 µg/m ³	Promedio del trimestre	Efectos en el desarrollo de los niños.

Las normas pueden ser de dos tipos: *Normas de calidad del aire* y *Normas de emisiones*. Las normas o valores guía de calidad del aire constituyen niveles de calidad del aire generales para una región y cuya jurisdicción es responsable de no permitir que sean excedidos. En ocasiones la penalidad por las transgresiones consiste en la imposición de una multa en términos monetarios u otra penalidad administrativa por parte del gobierno nacional. La calidad del aire ambiental es objeto de monitoreo en diferentes lugares de la región y cuando las concentraciones de determinado contaminante superan el valor de referencia a ello se le llama *excedencia*. El número de excedencias, los valores promedio de contaminación del aire y los niveles pico durante una hora pueden todos ser empleados como indicador de calidad del aire en forma de normas o valores guía. Las normas de calidad del aire deben incluir una política de *no degradación*. Esto

Tabla 5.9 Valores guía de calidad de aire de la OMS para Europa, 1994.

Compuesto	Valores primarios		Tiempo promedio
Ozono	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(0.06 ppm)	8 horas
Dióxido de nitrógeno	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(0.11 ppm)	1 hora
	40-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(0.021-0.026 ppm)	Media anual
Dióxido de azufre	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(0.175 ppm)	10 minutos
	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(0.044 ppm)	24 horas
	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(0.017 ppm)	Media anual
Material particulado			
Monóxido de carbono	100 mg/m^3	(90 ppm) ^b	15 minutos
	60 mg/m^3	(50 ppm)	30 minutos
	30 mg/m^3	(25 ppm)	1 hora
	10 mg/m^3	(10 ppm)	8 horas

^a No se han establecido valores guía para el material particulado debido a que no hay evidencia de un nivel umbral de efectos sobre la morbilidad o la mortalidad.

^b El valor guía es para prevenir niveles de carboxihemoglobinemia en la sangre que excedan el 2.5 %. Los valores señalados son estimaciones matemáticas de las concentraciones de CO y los tiempos promedio en los cuales esas concentraciones pueden ser alcanzadas.

significa que la contaminación del aire además de no exceder ciertos niveles, tampoco podrá empeorar los valores promedio a lo largo del tiempo, aún por debajo de los valores admisibles. La Tabla 5.9 presenta los valores guía de calidad del aire para Europa recomendados por la OMS.

Preguntas de estudio

¿Cómo han sido desarrollados los criterios para mejorar la calidad del aire?

¿Cuáles son los aspectos científicos y no científicos a considerar para el establecimiento de la normas de calidad del aire?

5.5.3 CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

El control de las emisiones de cada fuente es la clave para el manejo de la calidad; aunque las políticas adoptadas en la transportación y en la generación de energía (tales como la selección de los combustibles), y la ubicación de las instalaciones que pueden constituir emisoras de contaminantes, desempeñan también un papel crucial. Uno de los principales elementos para el éxito del control de la contaminación del aire, lo constituye el grado de autoridad que puede ser ejercida por la agencia gubernamental que posee esta responsabilidad. La capacidad

para cerrar o interrumpir el funcionamiento de una planta o industria constituye el último recurso para respaldar la autoridad de las agencias de control; pero la facultad para multar, presentar demandas, imponer sanciones por las violaciones, son igualmente importantes. A menudo tan sólo la amenaza o el empleo de estas últimas medidas motivan a la dirección de la fuente hacia la colaboración y la corrección del problema.

Las normas de emisiones (reglas acerca de qué cantidades de contaminantes sería permitido emitir a la atmósfera por una fuente particular) requieren de inspecciones periódicas y de un monitoreo regular para que resulten efectivas. Las mismas son generalmente más fáciles de establecer para fuentes estacionarias, para las cuales los equipos de monitoreo pueden ser ubicados y funcionar de forma permanente, y los dispositivos para el control pueden ser inspeccionados de forma directa. La fuente o instalación deberá solicitar al *gobierno un permiso de operación* o solicitar su *registro* y proveerá *informes regulares* de las emisiones o la contaminación generada por la misma.

Generalmente, las normas de emisiones para fábricas y centrales de generación de energía a otras fuentes estacionarias, autorizan niveles permisibles de emisiones tomando en consideración tanto el desempeño anterior como la proporción en que cada una contribuye a la contaminación de la cuenca aérea. Las fuentes no deben exceder los niveles de emisión permisibles o recibirán una notificación y deberán pagar una multa. En la práctica, esta multa debe ser lo suficientemente elevada como para desestimular las violaciones y que el pago por las mismas no sea justificable como otro costo de producción. Si las fuentes incurren en violaciones reiteradas, sus permisos de operación pueden ser suspendidos, si las leyes así lo permiten.

En algunas jurisdicciones, la planta completa se considera como una fuente única; si las medidas de ingeniería son capaces de reducir las emisiones en una parte de la planta, se permite la construcción o ampliación de nuevas instalaciones que incrementen las emisiones en otra parte de la misma, o la construcción de una nueva ampliación que pudiera generar nuevas emisiones. Sin embargo, el nivel total de emisiones de la planta completa no deberá incrementarse. Este es el denominado *concepto de burbuja*, debido a que considera a la planta como si estuviera encerrada en una burbuja y no puede ser permitido el deterioro de la calidad del aire dentro de la misma.

Las fuentes móviles son difíciles de monitorear, sin embargo, muchas jurisdicciones exigen inspecciones regulares a los vehículos para asegurar que cada camión o automóvil se encuentre dentro de los límites aceptados (Mage y Zali, 1992). El Cuadro 5.3 resume algunas estrategias dirigidas al control de la contaminación del aire por los vehículos de motor.

Para lograr el manejo efectivo de la calidad del aire en una región urbana, se debe establecer un mecanismo administrativo que incluya inspectores entrenados y personal técnico que pueda operar el complicado equipamiento necesario para el monitoreo de la calidad del aire, y que sea capaz de interpretar los resultados. Se necesita de un sistema que controle las autorizaciones o los registros y que haga cumplir las normas de emisiones. La educación pública debería constituir, en gran medida, una tarea del personal encargado del manejo, de tanta importancia como es la exigencia del cumplimiento de las medidas de control y el monitoreo. Muchas agencias encargadas de la vigilancia y el control de la calidad del aire, son operadas de forma separada de las agencias de salud pública, a menudo vinculadas a las autoridades gubernamentales del medio ambiente. De forma ideal, estas agencias deben tener la autoridad para recibir información de los propietarios o directores de las plantas y tomar las decisiones pertinentes antes de que las instalaciones ya hayan sido construidas, con el propósito de evitar los problemas antes de que los mismos tengan lugar.

Debido al creciente interés público, desde la década de 1960 en adelante, muchos países comenzaron el monitoreo de la calidad del aire. En 1976, la OMS estableció un programa global para la asistencia a los países en el funcionamiento del monitoreo de la calidad del aire; este proyecto comenzó a constituir, en 1976, parte del Sistema Global de Monitoreo Ambiental del PNUMA. Este proyecto incluye unos 50 países y los datos del mismo sugieren que en todo el mundo, cerca de 900 millones de personas viven en áreas urbanas expuestas a niveles insalubres de dióxido de azufre y que más de 1 000 millones de personas están expuestas a niveles excesivos de partículas en suspensión (ver Figura 5.7).

5.5.4 CONTAMINACIÓN DEL AIRE INTERIOR

El empleo de combustibles ineficientes que generan humo, para cocinar y para la calefacción, constituye una problemática fuente de contaminación severa del aire en muchas sociedades tradicionales y en desarrollo. El uso de estos combustibles da lugar a problemas de contaminación del aire, tanto en interiores como en exteriores.

La calidad del aire en interiores constituye un problema en muchas edificaciones de los países desarrollados, debido a que los mismos fueron construidos para lograr hermeticidad y conservación eficiente de la energía. Los compuestos químicos procedentes de la quema de combustibles, del humo del cigarro y de otras fuentes interiores de los edificios, se acumulan y dan lugar a un problema de contaminación. La contaminación del aire interior constituye también un pro-

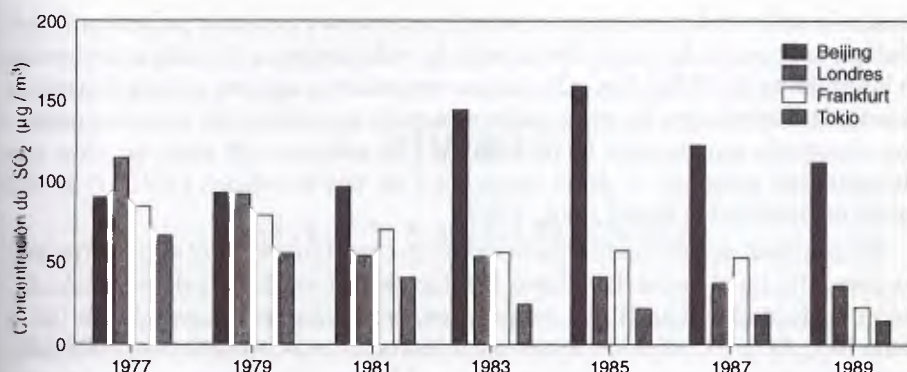


Figura 5.7 Tendencias de las concentraciones de dióxido de azufre en algunas ciudades.

problema severo en muchas sociedades en desarrollo. En las viviendas que utilizan hornos de combustión abierta al aire de los locales, especialmente cuando el clima es frío, se produce una acumulación de contaminantes a la que están expuestos los habitantes, especialmente las mujeres, con los consiguientes riesgos asociados a la inhalación del humo. El resultado puede ser enfermedad pulmonar grave y un incremento del riesgo de cáncer pulmonar, tal como ocurre en ciertas partes de China, entre mujeres que tienden a exponerse con intensidad en los hogares calentados mediante carbón.

La contaminación del aire interior ha sido identificada como uno de los principales problemas ambientales a escala global (World Bank, 1993). Esta fuente probablemente expone a más personas en todo el mundo a contaminantes peligrosos del aire que la contaminación del aire en exteriores (atmosférica), lo que será analizado en el Capítulo 9. En tanto que la contaminación atmosférica en ciudades tales como Nueva Delhi en la India, o Xian en China, contiene un promedio diario de 500 µg/m³ de PST, el interior de las viviendas en Nepal y en Papua, Nueva Guinea contiene un promedio diario de 10 000 µg/m³ o más. Un nivel promedio diario de exposición de 50-100 µg/m³ puede causar efectos adversos sobre la salud (WHO, 1987a). En las zonas rurales de los países en desarrollo, las personas pudieran recibir en el aire interior dos terceras partes o más de la exposición global a partículas en suspensión. Las mujeres, los niños pequeños y los ancianos, sufren el mayor grado de exposición.

La contaminación del aire interior contribuye a la ocurrencia de infecciones respiratorias agudas en los niños pequeños, a la exacerbación del asma bron-

quial, a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y al cáncer pulmonar en los adultos, así como a la mayor frecuencia de enfermedades durante el embarazo en las mujeres (el 10 %). Las infecciones respiratorias agudas, principalmente la neumonía, constituyen las principales causas de mortalidad de los niños pequeños, causando anualmente la pérdida de 119 millones de años de vida con discapacidad ajustados o de la carga total de enfermedades (AVDD) en los países en desarrollo (World Bank, 1993).

En los países desarrollados, los principales contaminantes del aire interior son los presentes en el humo del tabaco, productos derivados de la degradación del radón, el formaldehído, fibras de asbestos, productos de la combustión (tales como NO_x , SO_x , CO, dióxido de carbono e hidrocarburos aromáticos policíclicos), y otras sustancias químicas utilizadas en el hogar. Numerosos contaminantes microbiológicos son también importantes, incluyendo mohos, hongos, virus bacterias, algas, pólenes, esporas y sus derivados. En los edificios especialmente hermetizados (tales como los edificios con alta eficiencia para el ahorro de energía, pero con ventilación deficiente), los contaminantes del aire interior pueden acumularse, ocasionando, el síndrome del “edificio enfermo”. El mismo se ha estudiado en el Capítulo 8.

Preguntas de estudio

¿Es la contaminación del aire interior un problema del hogar? ¿Cuáles son las fuentes más importantes? ¿Cómo logra usted mantener la calidad del aire en su hogar mientras utiliza la cocina?

Capítulo 6

AGUA Y SANEAMIENTO

Objetivos de estudio:

Después del estudio de este capítulo usted será capaz de:

- Describir la importancia del agua limpia como un determinante de salud y familiarizarse con la naturaleza y extensión de las enfermedades transmitidas por el agua.
- Listar las mayores fuentes de contaminación del agua.
- Discutir cómo son desarrollados los criterios de agua potable.
- Esbozar los diferentes enfoques para la prevención de los problemas de salud ambiental relacionados con el agua y los debates asociados con la implementación de estrategias.

6.1 ¿Por qué el agua es esencial?

El consumo humano y animal es quizás la esencia más evidente del uso del agua. Cada persona sobre la tierra requiere cerca de dos litros de agua potable limpia cada día, lo que asciende a 10 millones de m³ por día para la población mundial. El consumo animal es considerablemente mayor pero no requiere de la misma calidad como en el caso del agua para el consumo humano. Aun, el mayor uso de las aguas naturales mundiales es en la irrigación: 70% del uso del agua natural diaria. Tanto el uso del agua potable como el de irrigación crecerá en tanto se incremente la población mundial. El agua es también usada en la generación de energía termoeléctrica e hidroeléctrica –los reservorios embalsados proporcionan la fuerza de gravedad que hace a las turbinas producir electricidad (dinamos energéticos) y el agua actúa como un enfriador para las estaciones de energía nuclear y energéticas de carbón/petróleo. La industria utiliza cantidades significativas de agua, particularmente en las áreas de papel, petróleo y la producción de sustancias químicas y metales primarios (aunque se han hecho tentativas de reducir el consumo de agua con el reuso del agua y a través

de nuevos métodos de procesamiento). El agua es usada como vehículo para la transportación de bienes y de personas, como un medio de recreación a través de su uso para paseos en barco y para el nado y como un hábitat natural para muchas formas de peces y vida salvaje. Los requerimientos de calidad para los diferentes usos del agua varían y el impacto sobre la calidad varía con el uso (Cuadro 6.1).

Este capítulo destacará los peligros para la salud relacionados con el agua potable contaminada y la carencia de sanidad adecuada. Debe, sin embargo, ser señalado desde el principio que el agua (o líquidos basados en agua) es esencial para la supervivencia básica (ver Capítulo 1). Cuando una persona no tiene nada que beber, aun el agua de calidad pobre pudiera ser consumida para evitar la muerte por deshidratación, aunque el alivio puede ser sólo temporal ya que el agua contaminada puede difundir enfermedades y causar envenenamientos. La carencia de agua de buena calidad es un problema clave y en lugares secos del mundo la carencia de agua y la calidad pobre, en el caso que exista, va de mano

Cuadro 6.1

Eslabones entre las categorías de uso del agua y calidad del agua

a) Usos que afectan la calidad del agua

- Municipal: descarga de residuales, escurrimiento pluvial
- Agrícola: disposición de estiércol, agroquímicos, descarga de agua de drenaje
- Industrial: efluentes de aguas residuales, descarga de agua de enfriamiento, drenaje ácido de minas

b) Usos afectados por la calidad del agua

- Municipal: usos públicos y domésticos, potabilidad
- Agrícola: suministro de cultivos domésticos, abrevadero, irrigación
- Industrial: alimentos y otros procesamientos, alimentación de ebulliciones, enfriamiento, minería
- Recreacional: deportes de contacto con el agua, disfrute estético, pesquería
- Vida acuática: vida salvaje y acuática, pesca, pantanos y hábitat de humedales, acuicultura

c) Usos poco o nada afectados por la calidad del agua y usualmente con menos impacto sobre su calidad

- Comercial: generación de energía hidráulica, navegación
- Recreacional: paseo en barco

Fuente: OMS/PNUMA, 1989

en mano. Uno pudiera usar el término de *enfermedades por déficit de agua* para aquellos problemas de salud que ocurren por carencia de la misma.

6.2 Eslabones entre la calidad del agua y la salud

6.2.1 ENFERMEDADES TRANSMISIBLES ASOCIADAS CON EL AGUA

Un número de bacterias, virus y parásitos pueden difundirse a través del agua y causar enfermedad. La mayoría de estas enfermedades son llamadas *transmisibles* debido a que ellas van de una persona enferma a otra a través del agua. El agua es un *vehículo* para la transferencia del peligro biológico de salud ambiental. Las enfermedades más comunes de este tipo son las enfermedades diarreicas, tales como cólera, fiebre tifoidea y paratifoidea, salmonelosis, giardiasis, criptosporidiosis, etc. (Cuadro 6.2). *La dosis infectante* (el número de bacterias requeridas para hacer que una persona enferme) es mucho más baja para el cólera que para otras enfermedades, por lo que el cólera puede difundirse por el agua aun cuando parezca limpia. Las heces de una persona enferma o portadora contienen gran número de organismos patogénicos y la contaminación del agua potable por heces crea la oportunidad para difundir la enfermedad a otra persona. Debe señalarse que muchas de las enfermedades que se transmiten por el agua pueden ser también transmitidas por los alimentos (Capítulo 7). La prevención exitosa debe estar dirigida a ambas rutas de exposición. De hecho, una persona no necesita beber agua para adquirir tipo de enfermedades relacionadas con el agua. En la esquistosomiasis, una enfermedad parasítica tropical, el parásito entra al cuerpo humano a través de la piel y causa la enfermedad después de que es transportado dentro del cuerpo a los órganos blanco –los intestinos y la vejiga urinaria (Cuadro 6.2).

Cuadro 6.2

Tres de las enfermedades asociadas con el agua

La criptosporidiosis es una enfermedad diarreica causada por el protozoo *Cryptosporidium parvum*. Como resultado de varios brotes de criptosporidiosis en los países desarrollados en los últimos 5 a 10 años (tales como uno en Milwaukee, EUA en 1993 en el cual 400 000 personas enfermaron y 100 murieron) ha sido renovado el interés en la epidemiología de esta enfermedad infecciosa emergente. Aunque no se conoce mucho acerca de este microorganismo, se sabe que la transmisión de la enfermedad de persona a persona juega un papel importante. Para la mayoría de las personas saludables, la infección conduce a diarreas autolimitantes, acuosas, con o sin náuseas, vómitos y retortijones abdominales. Los síntomas pueden terminar en una o

continúa...

dos semanas. Sin embargo, las personas inmunodeprimidas, como las que padecen SIDA, o que usan drogas inmunosupresoras o de otra forma vulnerables, no pueden ser capaces de desembarazarse de la infección. La criptosporidiosis puede representar una infección letal para esta población.

La esquistosomiasis, conocida como fiebre del caracol o bilharziasis, es una enfermedad causada por un gusano plano (tremátodo) capaz de circular por la sangre. Las principales especies que causan infección en los humanos incluyen *Schistosoma mansoni*, *S. japonicum* y *S. haematobium*. La infección es adquirida por contacto con agua conteniendo cercarias, la forma larval de natación libre que se ha desarrollado en los caracoles. La cercaria agujera la piel de los huéspedes susceptibles, entra al torrente sanguíneo, migra al hígado y por último reside en las venas de la cavidad abdominal. El macho adulto y los gusanos hembra pueden residir en las venas vesicales o mesentéricas del huésped por muchos años. Los síntomas y signos están en cierto grado relacionados con las especies de gusano infectantes, pero puede incluir orina sanguinolenta, dolores abdominales o diarrea. La larva de ciertos esquistosomas de pájaros y mamíferos pueden penetrar la piel humana y causar dermatitis, algunas veces conocida como "ácaro nadador". Estos esquistosomas, sin embargo, no maduran en los humanos.

La giardiasis es una infección por protozoaria causada principalmente por *Giardia lamblia*, *G. intestinalis* o *G. duodenalis*. Con frecuencia asintomática, la infección puede causar retortijones abdominales, diarrea, fatiga y pérdida de peso. La infección puede ser adquirida por ingestión de agua o alimentos fecalmente contaminados o por transferencia de la mano a la boca de los quistes de las heces de personas infectadas. Ver Capítulo 7 para información adicional.

Fuente: Meinhardt *et al.*, 1996; Benenson, 1995

Un cuerpo de agua puede diluir, oxidar y remover agentes patógenos mientras que su capacidad no sea excedida y transcurra el tiempo suficiente antes de que el agua sea recogida corriente abajo para uso humano. Cuando la densidad de población de un área dada pone presión intensa sobre las fuentes de agua, esta capacidad de autodepuración del agua es excedida con frecuencia.

De acuerdo a la Agenda 21, el Programa de Acción de las Naciones Unidas de la Conferencia de Río en 1992, se ha estimado que 80% de todas las enfermedades y cerca de un tercio de las muertes en países en desarrollo son causadas por el consumo de agua contaminada y un promedio de la décima parte del tiempo productivo por persona es sacrificado debido a enfermedades relacionadas con el agua (ONU, 1993). La mayoría de los agentes que causan enfermedad y que contaminan el agua y los alimentos son biológicos y provienen de heces humanas y de animales como resultado de la disposición insalubre de

excretas. El suministro inadecuado de agua juega igualmente un papel importante en la difusión de la enfermedad. El riesgo microbiano nunca puede ser completamente eliminado, debido a que las enfermedades que son transmitidas por el agua pueden ser también transmitidas por contacto de persona a persona, aerosoles e ingesta de alimentos; así, un reservorio de las bacterias es mantenido en los casos de enfermedad (OMS, 1993b) además, algunas personas son infectadas pero no manifiestan síntomas y se convierten en *portadores* de la enfermedad. Uno de los portadores conocidos más famosos vivió en Nueva York: María Tifoidea (Federspiel, 1983).

La mayoría de las enfermedades asociadas con el agua son transmisibles. Estas enfermedades son clasificadas de diferentes formas, con frecuencia de acuerdo a la naturaleza del patógeno. Como se explicó en *Nuestro Planeta, Nuestra Salud* (OMS, 1992), una forma más conveniente de clasificación de estas enfermedades es de acuerdo a los varios aspectos del ambiente que la intervención humana puede alterar, y esta clasificación es la que será utilizada aquí.

Enfermedades transmitidas por el agua: éstas aparecen por la contaminación del agua con heces humanas o animales u orina infectada por virus patogénicos o bacterias, los cuales son directamente transmitidos cuando el agua es bebida o utilizada en la preparación de alimentos. El cólera (Cuadro 6.3), la fiebre tifoidea y la criptosporidiosis son ejemplos típicos de enfermedades transmitidas por el agua.

Cuadro 6.3 Cólera epidémico en América Latina

El cólera es una de las enfermedades más antiguas de la humanidad y una de las más conocidas transmitidas por el agua. El agua potable que ha sido contaminada en el sitio de abastecimiento o durante el almacenaje es la fuente más común de infección. Algunos alimentos que han sido obtenidos de aguas contaminadas (peces, mariscos) o lavados con ellas (frutas, vegetales) son también fuentes importantes de infección. La diarrea severa y los vómitos son los síntomas principales del cólera. La diarrea es tan intensa y rápida que los pacientes sufren de pérdida abundante de líquido. El tratamiento principal es por tanto el suministro de líquido intravenoso, lo cual evita que el paciente se deshidrate fatalmente. Cerca del 90% de los casos de cólera son leves y difíciles de distinguir clínicamente de otros tipos de diarrea aguda. La primera epidemia de cólera del siglo en América Latina comenzó en Perú y rápidamente se difundió a un número de países vecinos, llegando tan lejos como al norte de los Estados Unidos. Perú recibió el golpe más duro por la enfermedad con un total de cerca de 300 000 casos reportados en enero de 1992. La difusión de la enfermedad en el período inicial en febrero de 1992 y marzo de 1993 se muestra en la Figura 6.1.



Figura 6.1. Extensión geográfica de la epidemia de cólera en América Latina.

Enfermedades ocasionadas por la carencia de agua: esta categoría de enfermedades es afectada más por la cantidad de agua que por su calidad. Estas enfermedades se transmiten por contacto directo con personas infectadas o materiales contaminados con el agente infeccioso. El lavado poco frecuente y la inadecuada higiene personal son los principales factores en estos tipos de enfermedades, tales como ciertos tipos de enfermedades diarreicas e infecciones de la piel y los ojos. Todas las enfermedades transmitidas por el agua pueden ser también adquiridas por el contacto con el agua en la vida diaria más bien que por ingestión de agua contaminada.

Enfermedades originadas en el agua: el agua proporciona el hábitat para organismos huéspedes intermedios en los cuales algunos parásitos pasan parte de su ciclo de vida. Estos parásitos causan después enfermedad en personas, ya que sus formas larvales infectantes encuentran en el agua natural su forma de

regreso a los humanos por barrenado a través de la piel húmeda o son ingeridas con plantas acuáticas, crustáceos acuáticos diminutos o peces cocinados inadecuadamente o crudos. La esquistosomiasis es un ejemplo de una enfermedad originada en el agua.

Enfermedades relacionadas con el agua: el agua puede proporcionar un hábitat para insectos vectores de enfermedades relacionadas con el agua. Los mosquitos se crían en el agua y en sus formas adultas pueden transmitir enfermedades parasitarias tales como la malaria, e infecciones virales como el dengue, la fiebre amarilla y la encefalitis japonesa.

Infecciones dispersadas por el agua: las categorías antes mencionadas son problemas principalmente de países en desarrollo. Una quinta categoría de enfermedad asociada con el agua está emergiendo en países desarrollados, las infecciones cuyos agentes pueden proliferar en aguas naturales y entrar al cuerpo a través del tracto respiratorio. Algunas amebas de aguas naturales que no son usualmente patogénicas pueden proliferar en aguas templadas y si ellas entran al huésped en gran número, pueden invadir el cuerpo a través del tracto respiratorio y causar meningitis fatal. Estas bacterias pueden ser dispersadas como aerosoles de sistemas de aire acondicionado; un ejemplo de este tipo de enfermedad son las afecciones respiratorias ocasionadas por *Legionella* (Enfermedad del Legionario, Fiebre de Pontiac, OMS, 1992a).

En la estimación de los factores que condujeron al desarrollo del brote de cólera en Perú pueden ser identificados varios: a) los suministros de agua urbanos son operados sobre bases intermitentes y de esta forma están sujetos a la contaminación por fugas de agua, sifonamiento y conexiones cruzadas; b) la mayoría de las casas tienen prácticas higiénicas inadecuadas con relación al almacenamiento del agua; c) en áreas periurbanas la mayoría de las viviendas no están conectadas a las tuberías de agua o sistemas de desagües; d) el almacenamiento de desechos sólidos, la recolección y disposición no existen en áreas periurbanas y son inadecuados en muchas áreas centrales de las ciudades, y e) entre los pobres las prácticas sanitarias y de salud fundamental no son con frecuencia aplicadas. Un documento de la Organización Mundial de la Salud posterior al brote trazó un número de guías para el control del cólera. Éstas incluyen el proporcionar un suministro de agua seguro, la disposición propia de los desechos humanos y la educación de las comunidades acerca de cómo preparar el agua segura en las casas (OMS, 1993b.)

6.2.2 CONSTITUYENTES QUÍMICOS Y RADIOACTIVOS DE LOS SUMINISTROS DE AGUA

Algunas sustancias químicas disueltas en el agua como resultado de los procesos naturales pueden ser ingredientes esenciales de la ingesta diaria y algunos pue-

den ser peligrosos a la salud por encima de ciertas concentraciones. Otros tienen ambas propiedades simultáneamente. Para estimar el impacto a la salud, El Sistema Global de Monitoreo Ambiental (GEMS, por sus siglas en inglés) discutido en la sección 6.5, clasifica a las sustancias químicas en el agua potable en tres categorías típicas:

Sustancias que ejercen una toxicidad aguda o crónica cuando son consumidas (p. ej. varios metales, nitratos, cianuros, etc.). Cuando la concentración de estas sustancias en el agua potable se incrementa, hace más severo el problema de salud; por debajo de una cierta concentración umbral, sin embargo, no hay efectos a la salud observables.

Sustancias genotóxicas que ocasionan efectos específicos sobre la salud tales como carcinogenicidad, mutagenicidad y defectos congénitos (p. ej. sustancias orgánicas sintéticas, muchas sustancias orgánicas cloradas, algunos plaguicidas y arsénico). Para estas sustancias no hay un nivel umbral que pudiera ser considerado seguro ya que cualquier cantidad ingerida contribuye a un incremento en el riesgo.

Elementos esenciales que constituyen parte de la ingesta dietaria necesaria para mantener la salud humana (p. ej. yodo, fluoruro, selenio). Las concentraciones altas o deficientes de estos elementos causan igualmente daño, con diferentes tipos de efectos secundarios perjudiciales (OMS/PNUMA, 1989).

Algunas de las sustancias químicas presentes en el agua que son de importancia particular para la salud incluyen:

Arsénico: el arsénico está presente de forma natural en todas las minas de oro y cobre y en el plomo. El agua subterránea enriquecida a través de la erosión de minerales que contienen arsénico es generalmente la fuente más importante en el agua. Hay algunas áreas geográficamente determinadas en Asia y América Latina donde los efectos dermatológicos fueron las primeras manifestaciones de enriquecimiento de las aguas subterráneas. A niveles de envenenamiento crónico, varios efectos son observados, tales como inflamaciones, lesiones en la piel y efectos neurológicos.

Fluoruro: el fluoruro está presente de forma natural, tanto en algunos aditivos alimentarios como en el agua, pero para la mayor parte, la cantidad proporcionada por el agua potable es la que determina la ingesta diaria. Ya que el fluoruro es un componente importante en los huesos y en la estructura de los mismos, es considerado un elemento esencial. Es también considerado una sustancia química tóxica. Sólo una escala relativamente estrecha de concentraciones de fluoruro en el agua potable proporciona condiciones óptimas. También niveles bajos de fluoruro incrementan la incidencia de caries dentales mientras que niveles elevados causan el moteado de los dientes, así como la fluorosis ósea.

Yodo: el agua es una de las principales fuentes de la ingesta diaria en áreas deficientes de yodo. En las zonas donde hay concentraciones bajas de yoduro en las aguas subterráneas, las poblaciones residentes sufren de deficiencias de yodo resultando en un agrandamiento de la glándula tiroides (bocio endémico) y en casos severos de retraso mental y cretinismo.

Nitratos: la amplia y excesiva aplicación de fertilizantes nitrogenados y el riego de estiércol son las principales fuentes de concentraciones elevadas de nitratos en las aguas subterráneas. Niveles altos de nitratos en el agua potable son motivo de interés ya que pueden conducir a serios y aun fatales consecuencias en niños menores de 6 meses de edad. Los nitratos son reducidos a nitritos y una vez absorbidos se combinan con la hemoglobina para formar la metahemoglobina, la cual es incapaz de unirse al oxígeno y por lo tanto transportarlo de los pulmones a los tejidos (OMS/PNUMA, 1989). La concentración de nitrato en ríos seleccionados se muestra en la Figura 6.2 (OMS, 1992a).

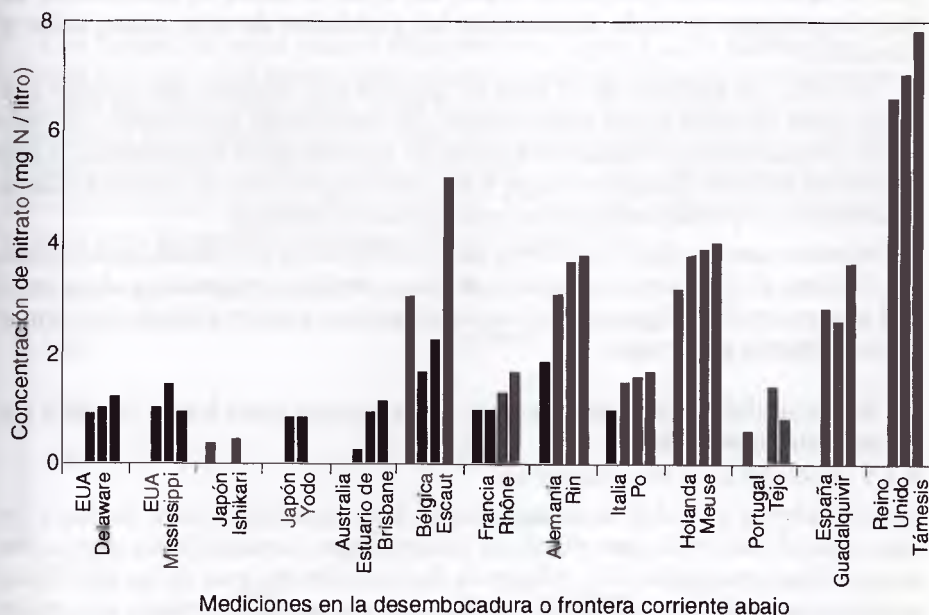


Figura 6.2. Concentraciones de nitrato en ríos seleccionados: 1970, 1975, 1980 y final de los años 80. (Reproducido de OMS, 1992a.)

6.2.3 OTROS ASPECTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

Color: el color del agua potable es usualmente debido a la presencia de materia orgánica coloreada asociada con la fracción de humus del suelo. El color está influenciado por la presencia de hierro (usualmente carmelita rojizo) y otros metales, esto puede ser causado por impurezas naturales o puede ser una señal de productos de corrosión. Puede resultar también de la contaminación de la fuente con efluentes industriales, los cual pudiera indicar una situación peligrosa.

Olor y sabor: el olor y el sabor se originan de fuentes naturales y biológicas de contaminación por sustancias químicas o como un efecto secundario perjudicial de la desinfección del agua. El olor y el sabor pueden desarrollarse durante el almacenamiento o la distribución. Algunas desviaciones en el olor y el sabor pueden indicar en cierta medida contaminación o mal funcionamiento de los sistemas de distribución o almacenaje.

Temperatura: la temperatura a la cual el agua es consumida es una materia de preferencia personal. Generalmente, el agua fría es mucho más agradable que el agua tibia. La temperatura alta del agua favorece el crecimiento de microorganismos y puede incrementar los problemas de olor, sabor, color y corrosión.

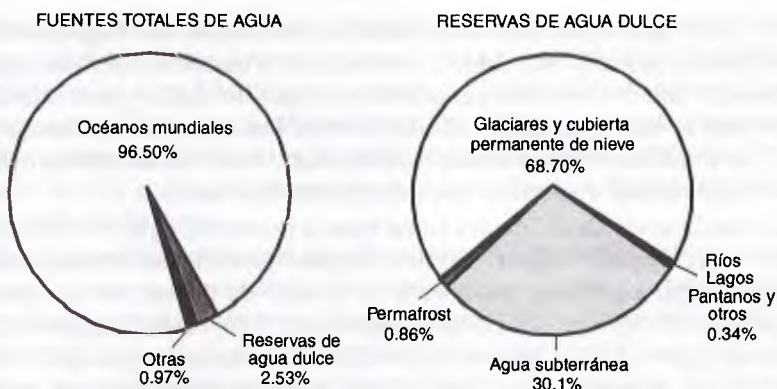
Turbidez: la turbidez en el agua es causada por material particulado que puede estar presente como consecuencia del tratamiento inadecuado o la presencia de material particulado inorgánico en algunas aguas subterráneas. Altos niveles de turbidez pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular el crecimiento bacteriano.

Mientras que las desviaciones en las características físicas del agua pueden ser dañinas, el monitoreo cuidadoso de estos cambios proporciona algún control al consumidor. Algunos cambios significativos pueden indicar situaciones potencialmente peligrosas.

6.3 Disponibilidad de suministros de agua natural para hacer frente a las necesidades mundiales

6.3.1 DISPONIBILIDAD DEL SUMINISTRO

La calidad y la cantidad del agua natural están entrañablemente unidas. Hay agua natural suficiente para satisfacer las demandas humanas hasta el presente y en el futuro previsible; sin embargo la distribución desigual de las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia significa que muchas partes áridas y semiáridas del mundo están sin fuentes confiables. De toda el agua mundial el 97% está en los océanos. Del 2.53 restante la mayor parte (69%) está en forma de nieve y hielo. El agua natural superficial de la que depende la mayoría de las comunidades humanas constituye sólo el 0.0086% ($2.53\% \times 0.34\%$) (ver Figura 6.3).



Reprinted from WRI, 1994 (Source: Shiklomanov, 1993)

Figura 6.3. Agua total y reservas de agua dulce.
(Reproducida de WRI, 1994. Fuente: Shiklomanov, 1993.)

Las fuentes de agua natural incluyen ríos, lagos y agua subterránea. Los últimos tres siglos han presenciado un crecimiento significativo en el volumen de agua que ha sido consumido de estas fuentes, un incremento de más de 35 veces comparado a un incremento de 7 veces de la población. En décadas recientes ha habido un incremento en el agua consumida, con las tasas más altas de crecimiento ocurriendo en países en desarrollo. El principal incremento en la extracción de agua es para propósitos agrícolas (Figura 6.4).

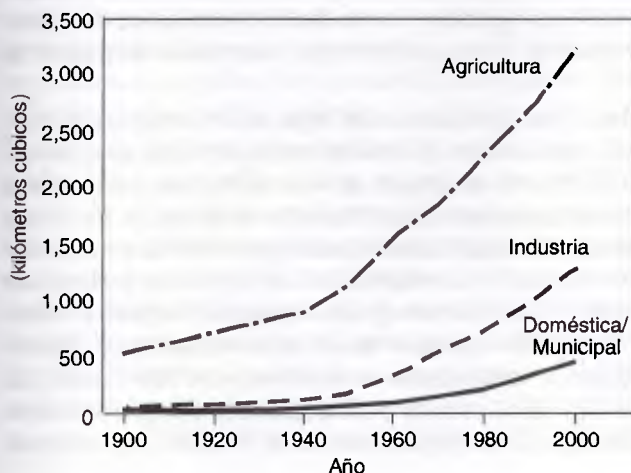


Figura 6.4 Consumo global de agua por sector, 1900-2000. (Reproducida de WRI, 1994. Fuente: Shiklomanov, 1993.)

Hay razón para creer que la dificultad en la obtención del agua es al menos tan dañina a la salud de la población como lo es la contaminación del agua. Hay ciertamente una distribución geográfica desigual del agua y para aquellos con menos acceso han aumentado indudablemente los costos de esta inequidad natural. Los trópicos y el nivel medio del hemisferio norte tienen mucho más potencial de agua natural disponible que otras partes del mundo.

La clasificación de los países como ricos o pobres en agua no es una materia simple. Los cálculos basados en el nivel de precipitación por unidad de área, por ejemplo, pueden ser muy engañosos en el caso de países por los que corren largos flujos de otros países como Egipto con el Nilo y Holanda con el Rhin. En el caso de Egipto, el flujo del río proporciona 50 veces más agua que la caída del agua de lluvia. Además, al igual que los niveles de precipitación no son indicadores enteramente confiables del suministro de agua, la intensidad con la cual la corriente del río local corre puede ser un indicador más revelante de la escasez de agua.

6.3.2 TENDENCIAS GLOBALES

La escasez de agua trae como consecuencia implicaciones políticas, económicas y legales. Muchas de las cuencas importantes del mundo son compartidas por más de un país. El significado de que los países se aten a sus recursos acuíferos es reflejado en la existencia de 2000 tratados relacionados con las cuencas de agua, como lo hacen por ejemplo, en el convenio entre Canadá y Estados Unidos sobre Los Grandes Lagos. En muchas áreas del mundo, sin embargo, los acuerdos son inadecuados o inexistentes. Un ejemplo de lo anterior es el Acuerdo de Aguas del Nilo de 1959, los egipcios y los sudaneses intentaron distribuir el flujo del río sin tomar en cuenta los requerimientos y demandas de países río arriba como Etiopía.

El potencial para combatir por los recursos del agua es una realidad en muchas partes del mundo. Las tentativas en Etiopía de realzar el flujo de agua del Río Blanco por la construcción de un canal para desviar el Sue (un gran pantano en el Sudán meridional) fue un factor que inició la guerra en el Sudán. La disputa sobre el control de la cabecera de agua del río Jordán (una cuenca compartida entre Siria, Jordán, Líbano e Israel) y la posibilidad de que el río pudiera ser dividido en la Israeli National Water Carrier ayudó a encender la guerra árabe-israelí de 1967. El peligro de conflicto continua debido a las competitivas demandas por las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del Río Jordán. La construcción de un sistema de embalses en el río Eufrates por Turquía se espera que reduzca la corriente de agua a Iraq a tanto como el 10% del flujo normal (WRI, 1994).

Un área que ha sido seriamente afectada por el uso de agua para irrigación es la cuenca del Mar Aral. Los proyectos de gran escala de cultivo de algodón establecidos en los años 50 utilizaron cantidades tan grandes de agua en los ríos Amu-Daria y Sur-Daria que el influjo de agua en el mar fue menor que la evaporación. El tamaño del Mar Aral se ha reducido gradualmente y esto ha afectado seriamente la vida ambiental, la economía y la salud de la región alrededor de este mar rodeado de tierra.

Muchos proyectos internacionales de desarrollo, mientras trataban de mejorar las condiciones socioeconómicas y la calidad de vida, han afectado inadvertdamente los recursos de agua y así han tenido un impacto negativo, tanto en el ambiente como en la salud de las comunidades que trataron de asistir. Grandes embalses y reservorios de agua que fueron construidos en Asia y África para irrigación o energía hidráulica en los años 60 y 70 condujeron a consecuencias desastrosas con incrementos en los casos de esquistosomiasis, malaria y encefalitis japonesa. Tales proyectos han conducido aun a la introducción de nuevas enfermedades en un área, como el caso de la esquistosomiasis intestinal en el delta del río Senegal después de la construcción de la presa Diama.

6.3.3 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS NATURALES

Como se indicó anteriormente, hay una relación inseparable entre la calidad y la cantidad de agua. Algunos esfuerzos a nivel internacional para distribuir equitativamente el agua necesitan ser igualados por el esfuerzo para combatir la contaminación de los cuerpos de agua. En pasadas décadas, la calidad natural de los cursos de agua ha sido alterada por el impacto de las actividades humanas y usos del agua. La mayoría de las situaciones de contaminación han evolucionado gradualmente hasta que han llegado a ser visibles y medibles. Las fuentes más importantes de contaminación mundial del agua son los albañales domésticos, los efluentes industriales y agrícolas, los escurrimientos pluviales y las tormentas.

La naturaleza de la contaminación del agua en muchos países en desarrollo ha llegado a ser similar a la de los países desarrollados. En el pasado, la contaminación en los países en desarrollo resultaba principalmente de los albañales domésticos. Mientras esto continúa como fuente de contaminación, el incremento del uso de plaguicidas para la agricultura y la producción de desechos tóxicos de las industrias han aumentado la complejidad de la contaminación del agua. De hecho, la contaminación del agua hoy en día en algunos países en desarrollo, debido a sistemas de albañales domésticos o contaminantes específicos de las industrias, es significativamente peor que en los países industrializados donde ha existido una larga historia de actividades de control de la contaminación.

Hay otra contaminación más indirecta de los cuerpos de agua que es de gran importancia. De particular interés es la acidificación debida a contaminación del aire a larga distancia a partir de industrias y el tráfico de vehículos de motor (ver Cuadro 6.4) y la eutrofización debido a la sobrecarga de nutrientes (p. ej., nitratos y fosfatos) de fertilizantes agrícolas.

Cuadro 6.4
Dos tipos de contaminación del agua relacionados con el
desarrollo agrícola e industrial

Acidificación: la acidificación de aguas superficiales y algunas aguas subterráneas es un proceso lento causado principalmente por el incremento de la precipitación atmosférica de ácidos inorgánicos. La precipitación atmosférica en la forma de *lluvia ácida* ocurre en el mundo a través de la reacción química en la atmósfera y la precipitación con el agua de lluvia de los ácidos sulfúrico y nítrico, resultantes de los óxidos de azufre y de nitrógeno, e iones de carbón/petróleo emitidos por las industrias y el tráfico de vehículos de motor. Es conocido que la depositación ácida incrementada en algunas áreas susceptibles ha reducido el pH de algunos lagos de tal forma que no sobreviven los peces o la vida animal superior. Además, la liberación de metales en lagos, arroyos y suelos acidificados presenta posibles riesgos a la salud humana y a los peces en los lagos.

Eutrofización: la eutrofización es un fenómeno natural en los lagos que ocurre a lo largo de un período prolongado de tiempo cuando la materia orgánica gradualmente se acumula en la cuenca del lago durante su historia geológica. Los nutrientes como el nitrógeno y fósforo sirven para acelerar la eutrofización. La concentración incrementada de estos nutrientes se atribuye a la descarga de aguas albañales en los lagos, al uso de fertilizantes y a cambios en el uso de la tierra que incrementan el escurrimiento. La eutrofización es un problema en muchos lagos y reservorios en países industrializados altamente poblados y es probablemente el problema de calidad del agua más difundido a escala global. Uno de los resultados de la eutrofización es el florecimiento de algas, a veces con la producción de toxinas. Eventualmente el lago que sufre de eutrofización se cubre con malas hierbas y llega a ser un pantano o ciénaga de turba.

Fuente: PNUMA, 1993.

El desarrollo de cianobacterias (algas verde-azules) ocurre en lagos y reservorios usados para suministro potable y puede producir diferentes tipos de toxinas. Hay reportes no confirmados de afectaciones adversas a la salud causadas por estas toxinas en el agua potable. La incidencia incrementada de florecimientos tóxicos pudiera ser el resultado de la contaminación, particularmente por escurrimientos agrícolas y de albañales. No hay datos suficientes

para poder recomendar guías, pero es importante proteger la fuentes de agua superficial reembalsada de las descargas de efluentes ricos en nutrientes.

El problema de mantener la calidad del agua es particularmente agudo en áreas urbanas en países en desarrollo. El mantenimiento de la calidad del agua es impedido por dos factores: el fracaso en hacer cumplir los controles de contaminación en las fuentes principales y la disponibilidad de sistemas de sanidad y de colección y disposición de desechos. En el Cuadro 6.5 se dan algunos ejemplos de contaminación del agua en diferentes ciudades del mundo en desarrollo.

Cuadro 6.5
Ejemplos de contaminación del agua en ciudades
seleccionadas de países en desarrollo

Alejandro (Egipto). La mayoría de las industrias en Alejandro descargan los desechos líquidos no tratados en el mar o en el lago Maryut. En la pasada década, la producción de pescado en el lago declinó alrededor del 80% debido a la descarga directa de efluentes industriales y domésticos. El lago también ha dejado de ser sitio recreacional principal debido a sus pobres condiciones. Una degradación ambiental similar está ocurriendo a lo largo del litoral debido a la mala localización de las tuberías que vierten agua residual. Las industrias de alimentos, textil y de papel contribuyen con la mayor carga orgánica.

Bogotá (Colombia). El Tunjuelito, un tributario del río Bogotá, está muy contaminado. Muchas tenerías y plantas procesadoras de plástico vierten los residuales no tratados en él y el oxígeno disuelto en el agua está casi agotado. Los residuales incluyen metales pesados, tales como plomo y cadmio. Otros ríos no están tan altamente contaminados con residuales químicos pero reciben grandes volúmenes de residuales no tratados.

Karachi (Pakistán). El río Lyan, el cual corre a través de Karachi, la ciudad más grande de Pakistán, es un desagüe abierto tanto desde el punto de vista químico como microbiológico, una mezcla de residual crudo y efluentes industriales no tratados. La mayoría de los efluentes industriales vienen de un estado industrial con más de 300 industrias y casi tres veces más unidades menores. Tres quintos de las unidades son fábricas textiles. La mayoría de las otras industrias en Karachi también descargan efluentes no tratados dentro del cuerpo de agua más cercano.

Shangai (China). Unos 3.4 m³ de los residuales domésticos e industriales se vierten en el arroyo Suzhou y el río Huangpu que fluye a través del corazón de la ciudad. Menos del 5% de las aguas albañales de la ciudad es tratado y estos ríos han llegado a ser las principales cloacas para la ciudad. La mayor parte del residual es industrial. El Huangpu ha estado muerto esencialmente desde 1980. El nivel del agua normalmente alto también significa que una variedad de sustancias tóxicas de las plantas industriales y los ríos locales encuentran su camino en las aguas subterráneas y contaminan los pozos, los cuales también contribuyen al suministro de agua.

Fuente: OMS, 1992a

6.4 Criterios de calidad del agua potable

Las guías para la calidad de agua potable (OMS, 1993b) son comprensibles en el alcance y son propuestas para ser utilizadas como base en el desarrollo de normas nacionales. Con base en las guías de la OMS cada país puede desarrollar sus propias normas utilizando un enfoque de riesgo-beneficio. En muchas partes del mundo la promoción de normas severas pudiera tener el efecto de reducir o limitar los suministros de agua disponibles. Más bien, la definición de prioridades en las guías son:

1. Un suministro adecuado de agua.
2. Un suministro adecuado de agua microbiológicamente seguro.
3. Un suministro adecuado de agua microbiológicamente seguro que tenga en consideración las guías para parámetros químicos.

Varios organismos están presentes en los suministros de agua potable, y aunque no tienen un significado real para la salud, pueden afectar la apariencia, sabor y olor del agua. Estos organismos son también *indicadores* de los sistemas de distribución y tratamiento del agua inadecuados.

El examen frecuente de organismos indicadores de contaminación fecal permanece como la vía más sensible para la estimación de la calidad sanitaria del agua. Las bacterias indicadoras fecales deben cumplir ciertos criterios para dar resultados significativos: deben estar universalmente presentes en altos números en las heces de los humanos y en animales de sangre caliente; deben ser fácilmente detectadas por métodos simples, y no deben crecer en aguas naturales. Los principales organismos indicadores de contaminación fecal son *Escherichia coli*, bacterias coliformes termotolerantes y otras bacterias coliformes, el estreptococo fecal y el clostridio sulfito-reductor. El parámetro adoptado para la calidad microbiológica es que el agua que sea para el consumo humano no debe contener *E. coli* en ninguna muestra de 100 mL y que el agua tratada no debe contener bacterias coliformes totales en ninguna muestra de 100 mL (Tabla 6.1). Una discusión más detallada sobre los indicadores patógenos puede ser encontrada en *Guías para la calidad del agua potable*, vols. 1 y 2.

6.4.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE CONTAMINANTES DEL AGUA RELACIONADOS CON LA SALUD

Los contaminantes seleccionados para la evaluación por la OMS fueron aquellos considerados potencialmente peligrosos a la salud humana y aquellos detectados con relativa frecuencia y en concentraciones relativamente altas en el agua potable. Sobre esta base, ciertos organismos indicadores y algunas de 128 sustancias químicas fueron seleccionadas para el desarrollo de valores guía. De acuerdo con las *Guías para el agua potable*, se aplican los siguientes principios:

- Un valor guía representa la concentración de un constituyente que no resulta en algún riesgo significativo a la salud del consumidor por el consumo durante su vida (al menos 70 años.)
- La calidad del agua definida por las *Guías para la calidad del agua potable* es tal que es adecuada para el consumo humano y para todos los propósitos de uso doméstico, incluyendo la higiene personal. Sin embargo, para algunos propósitos especiales como la hemodiálisis en los casos de insuficiencia renal, se puede requerir agua de calidad superior.
- Cuando se excede un valor guía, esto es señal para: a) investigar la causa con vistas a tomar una acción remedial; y b) consultar y buscar consejo de la autoridad responsable para la salud pública.
- Aunque los valores guía describen la calidad del agua que es aceptable para su consumo a lo largo de la vida, el establecimiento de ellos no debe ser considerado como implicación de que la calidad del agua potable pueda ser degradada al nivel recomendado. Verdaderamente debe hacerse un esfuerzo continuo para mantener la calidad del agua potable al nivel más alto posible.

Tabla 6.1 Calidad bacteriológica del agua potable.

Organismos	Valor guía
<i>Toda el agua propuesta para beber:</i>	
• <i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes	No deben ser detectables en muestra alguna en 100 mL
<i>Agua tratada entrando al sistema de distribución:</i>	
• <i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes	No deben ser detectables en muestra alguna en 100 mL
• Bacterias coliformes totales	No deben ser detectables en muestra alguna en 100 mL
<i>Agua tratada en el sistema de distribución:</i>	
• <i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes	No deben ser detectables en muestra alguna en 100 mL
• Bacterias coliformes totales	No deben ser detectables en ninguna muestra en 100 mL En el caso de grandes sistemas de abasto público donde son examinadas muestras suficientes, no deben estar presentes en el 95 % de las muestras tomadas durante un periodo de 12 meses.

Fuente: OMS, 1993d.

- Las desviaciones a corto plazo de los valores guía no necesariamente significan que el agua no es apta para el consumo. La cantidad y el período por los cuales algún valor guía puede ser excedido sin afectación a la salud pública depende de la sustancia específica involucrada.
- Cuando se excede un valor guía, se recomienda que se consulte a la agencia de vigilancia (usualmente la autoridad responsable para la salud pública) para que aconseje sobre la acción apropiada, tomando en cuenta la entrada de la sustancia desde fuentes diferentes a la del agua potable (para constituyentes químicos), la toxicidad de la sustancia, la probabilidad y naturaleza de algunos efectos adversos, la factibilidad de medidas remediales y factores similares.
- En las normas nacionales en desarrollo para el agua potable basadas sobre estos valores guía, será necesario tomar en cuenta una variedad de condiciones geográficas, socio-económicas, dietéticas y otras condiciones que afectan la exposición potencial. Esto puede conducir a normas nacionales que difieran apreciablemente de los valores guía.
- En el caso de sustancias radioactivas, los valores de tamizaje para la actividad total alfa y beta se dan con base en una dosis nivel de referencia.

Aunque sea posible detectar la presencia de muchos patógenos en el agua, los métodos de aislamiento y enumeración son con frecuencia complejos y consumen tiempo. Por lo tanto, más bien que el monitoreo del agua para algunos patógenos posibles, el enfoque más lógico es la detección de organismos normalmente presentes en las heces de humanos y otros animales de sangre caliente como indicadores de contaminación fecal.

6.4.2 NORMAS MICROBIOLÓGICAS

Como se discutió anteriormente en este capítulo, la mayoría de los agentes que causan enfermedad y que contaminan el agua y los alimentos son biológicos y provienen de las heces de animales o de humanos. Los contaminantes se presentan en forma de bacterias patógenas, virus, protozoos o parásitos. Aquellos que pueden ser transmitidos oralmente por el agua potable aparecen en la Tabla 6.2, junto con un resumen de sus significados para la salud y sus principales propiedades.

La Tabla 6.2 cita los patógenos que presentan un riesgo serio de enfermedad siempre que estén presentes en el agua potable. Muchos de ellos son también un peligro en los alimentos y serán descritos también en el Capítulo 7. Estos incluyen *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* patógena, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter coli*, los virus citados

Tabla 6.2 Patógenos transmitidos oralmente por el agua y su significado en los suministros de agua.

Patógenos	Significado en la salud	Persistencia en los suministros de agua	Resistencia al cloro	Dosis infectiva relativa	Reservorio animal importante
Bacterias					
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	Alto	Moderado	Bajo	Moderado	Sí
<i>Escherichia coli</i> patógena	Alto	Moderado	Bajo	Alto	Sí
<i>Salmonella typhi</i>	Alto	Moderado	Bajo	Alto	No
Otras salmonelas	Alto	Grande	Bajo	Alto	Sí
<i>Shigella</i> spp.	Alto	Pequeño	Bajo	Moderado	No
<i>Vibrio cholerae</i>	Alto	Pequeño	Bajo	Alto	No
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Alto	Grande	Bajo	Alto (?)	Sí
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Moderado	Puede multiplicarse	Moderado	Alto (?)	No
<i>Aeromonas</i> spp.	Moderado	Puede multiplicarse	Bajo	Alto (?)	No
Virus					
Adenovirus	Alto	?	Moderado	Bajo	No
Enterovirus	Alto	Grande	Moderado	Bajo	No
Hepatitis A	Alto	?	Moderado	Bajo	No
Virus transmisibles entéricamente					
Hepatitis no A y no B					
Hepatitis E	Alto	?	?	Bajo	No
Virus Norwalk	Alto	?	?	Moderado	No (?)
Rotavirus	Alto	?	?	Moderado	No (?)
Virus pequeños redondeados	Moderado	?	?	Bajo (?)	No
Protozoos					
<i>Entamoeba histolytica</i>	Alto	Moderado	Alto	Bajo	No
<i>Giardia intestinalis</i>	Alto	Moderado	Alto	Bajo	Sí
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Alto	Grande	Alto	Bajo	Sí
Helmintos					
<i>Dracunculus medinensis</i>	Alto	Moderado	Moderado	Bajo	Sí

Fuente: OMN, 1993d

en la Tabla 6.2 y los parásitos intestinales *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica* y *Dracunculus medinensis*. La mayoría de estos patógenos se distribuye ampliamente por todo el mundo; sin embargo, los brotes de cólera y la infección por el gusano de guinea, *D. medinensis*, son regionales. A otros patógenos se les otorgó prioridad moderada en la Tabla 6.2 o no fueron citados porque son de baja patogenicidad. Estos parásitos con frecuencia causan enfermedad de forma oportunista en sujetos con sistema inmune deteriorado o débiles, por ejemplo, personas mayores o víctimas del SIDA.

6.4.3 ASPECTOS QUÍMICOS

a) *Enfoque de Ingesta Diaria Tolerable*

¿Cómo son determinados los riesgos de diferentes sustancias químicas? Hay dos fuentes principales de información sobre los efectos a la salud como resultado de la exposición a sustancias químicas que pueden ser utilizadas para desarrollar guías. La primera proviene de estudios sobre poblaciones humanas, los que son con frecuencia limitados por una carencia de información cuantitativa sobre las concentraciones a las cuales las personas están expuestas. La segunda tiene su origen en estudios de toxicidad en animales de laboratorio y es la fuente utilizada con más frecuencia. Las *Guías para la calidad del agua potable* utilizan las siguientes fórmulas para determinar la ingesta tolerable de varias sustancias químicas y deben ser consultadas para una discusión a profundidad de las derivaciones de las fórmulas. Las fórmulas presentadas debajo se refieren específicamente al agua potable, pero usan una terminología similar a la empleada por otros tópicos en estimación de riesgo (Capítulo 3).

Para la mayoría de las sustancias tóxicas hay una dosis por debajo de la cual no ha sido observado ningún efecto adverso. Para tales sustancias químicas una *Ingesta Diaria Tolerable* (IDT) puede ser derivada como sigue:

$$IDT = \frac{NEANO \text{ o } NEAMBO}{FI}$$

Donde:

NEANO = Nivel de efecto adverso no observado FI = Factor de incertidumbre

NEAMBO = Nivel de efecto adverso más bajo observado

El *Valor Guía* (VG) es entonces derivado de la IDT como sigue:

$$VG = \frac{IDT \times PC \times P}{C}$$

Donde:

PC = Peso corporal (60 kg para adultos, 10 kg para niños, 5 kg para lactantes)

P = Fracción de la IDT asignada al agua potable

C = Consumo diario de agua potable (2 L para adultos, 1 L para niños, 0.75 L para lactantes)

La IDT es un estimado de la cantidad de una sustancia en los alimentos o el agua potable expresada sobre la base del peso corporal, que puede ser ingerida diariamente por toda la vida sin riesgo apreciable para la salud. Ciertos principios fueron adoptados en el desarrollo de las IDT y los VG:

- Las IDT propuestas son reconocidas como aceptables para toda la vida; no son establecidas con tal precisión que no puedan ser excedidas para períodos cortos de tiempo. La exposición a corto plazo a niveles que excedan las IDT no es una causa de interés a condición de que la ingesta por los individuos promediada por períodos largos de tiempo no exceda el nivel establecido.
- Es imposible hacer generalizaciones concernientes a la longitud de tiempo durante el cual las entradas en exceso de las IDT pudieran ser toxicológicamente perjudiciales. La inducción de efectos perjudiciales dependerá de factores que varían de contaminante a contaminante. El tiempo medio biológico del contaminante, la naturaleza de la toxicidad y la cantidad por la cual la exposición excede la IDT son todos cruciales.
- Los grandes factores de incertidumbre involucrados generalmente en el establecimiento de una IDT también sirven para proporcionar confianza de que la exposición que excede la IDT para períodos cortos de tiempo es improbable que resulte en algunos efectos deletéreos a la salud. Sin embargo, deben tenerse en consideración los efectos tóxicos potencialmente agudos que no son considerados normalmente en la estimación de la IDT.
- El valor guía fue redondeado generalmente a un número significativo para reflejar la incertidumbre en los datos de toxicidad en animales y en las suposiciones de exposición hechas. Más de un número significativo fue utilizado para los valores guía sólo donde una información extensa sobre toxicidad y exposición proporcionaron mayor certeza.

b) Valores guía para carcinógenos potenciales

Anteriormente se hizo referencia a las sustancias químicas genotóxicas, aquellas sustancias químicas donde no hay umbral para el efecto y consecuentemente pueden ser dañinas a cualquier nivel de exposición. El desarrollo de una IDT para estas sustancias químicas es por lo tanto inapropiado, como se discutió en el Capítulo 2. El evento que inicia el proceso de carcinogénesis química es la induc-

ción de una mutación en el material genético (ADN) de las células somáticas. Hay sin embargo, carcinógenos que son capaces de producir tumores sin actividad genotóxica, a través de un mecanismo indirecto. Se cree que generalmente existe una dosis umbral para estos carcinógenos no genotóxicos.

Para carcinógenos en los cuales hay evidencia convincente de mecanismos no genotóxicos, los valores guía fueron calculados usando un enfoque de IDT. En el caso de carcinógenos genotóxicos, los valores guía fueron determinados usando un modelo matemático y se presentan como la concentración en el agua potable asociada con un estimado de exceso de riesgo de cáncer por toda la vida de 10^{-5} (un caso de cáncer adicional por 100 000 habitantes que ingieren agua potable con la sustancia al valor guía por 70 años).

6.5 Suministro y monitoreo de agua potable

6.5.1 LA FUENTE

La selección y protección de fuentes de agua son extremadamente importantes para la condición de agua segura. Es siempre preferible proteger el agua de la contaminación que tratarla después que ha sido contaminada. Antes que se determine qué fuente de agua será utilizada como un suministro de agua potable, es importante garantizar que la calidad del agua sea satisfactoria o tratable y que la cantidad disponible sea suficiente para satisfacer demandas continuas de agua. En la determinación de este último factor deben ser tomadas en cuenta las variaciones estacionales y el crecimiento potencial de la comunidad.

La fuente de agua debe ser protegida de las actividades humanas. Si es posible, debe ser aislada y controlada durante las actividades que producen contaminación en el área, tales como descarga de desechos peligrosos, minería, uso agrícola de fertilizantes y plaguicidas y actividades recreacionales. Las fuentes de aguas subterráneas tales como manantiales y pozos deben ser situados y construidos de tal forma que sean protegidos del drenaje e inundaciones. Las áreas de captación del agua subterránea deben ser protegidas y mantenidas limpias de desechos. La protección del agua superficial es más problemática. La posibilidad de protección de un reservorio de agua de las actividades humanas puede ser más difícil en el caso de un río. Con frecuencia es necesario aceptar la necesidad del uso de un lago o río y diseñar los tratamientos requeridos. En áreas donde el agua potable es colectada del techo y conducida a cisternas o aljibes es importante evitar la contaminación por la pintura del techo o del depósito de almacenamiento. Además, el incremento en la contaminación del aire puede adicionar o sumarse a la pobre calidad del agua recolectada de los techos.

Considerando que los valores guía han sido establecidos para el agua potable

misma, ningún requerimiento fuerte puede ser formulado para la fuente de tal agua (OMS/PNUMA, 1989). El monitoreo de la calidad del agua, sin embargo, se realiza en algunos países según lo establecido en el proyecto GEMS (siglas en inglés) (Cuadro 6.6).

Se debe ser mencionar que el agua potable puede ser obtenida del agua de mar a través de su desalinización. Esto es común en países con pocas precipitaciones y grandes suministros de combustible, ejemplo Bahrein y Curazao. El proceso de remoción de sal del mar involucra ebullición y destilación.

Cuadro 6.6 GEMS/agua

La oficina *Earthwatch* del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Sistema Global de Monitoreo Ambiental Global (GEMS, siglas en inglés) en asociación con la OMS, UNESCO y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) han desarrollado un sistema de monitoreo global de la calidad del agua, llamado GEMS/Agua. Iniciado en 1977, incluye 344 estaciones de monitoreo (240 estaciones de ríos, 43 de lago y 61 de agua subterránea). Ríos tales como el Rhin, el Nilo y el Ganges y lagos (desde el lago Tai en China hasta Los Grandes Lagos en América del Norte) son rutinariamente muestreados y analizados. El agua subterránea, que es crucial para el suministro de agua potable, es muestreada en el África y el Oriente Medio, particularmente en áreas donde ningún río permanente fluye. Más de 50 variables del agua son medidas, suministrando información sobre su disponibilidad para el consumo humano y para usos industriales, comerciales y agrícolas. Todos los datos son almacenados y procesados en el banco de datos global de la GEMS/Agua del Instituto Nacional de Investigaciones del Agua de Canadá y los resúmenes de los datos son publicados cada tres años. En 1990, el Programa GEMS/Agua amplió su alcance para incluir no sólo el monitoreo sino la interpretación de los resultados, la estimación de los beneficios de la calidad crítica del agua y el manejo de las opciones de análisis.

6.5.2 TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE

El objetivo del tratamiento del agua potable es proteger al consumidor de los riesgos para la salud asociados con los peligros biológicos o químicos en el agua. La calidad de la fuente original de agua, por tanto, determina la extensión del tratamiento requerido. El número de personas servidas por un sistema de abasto de agua en particular también influye en el proceso de tratamiento. Si el agua proviene de una fuente que sirve sólo a una o a pocas casas, el tratamiento

puede hacerse en el sitio de consumo más bien que en la fuente o en el sistema de distribución, lo cual es una regla para el abasto a grandes poblaciones. Los filtros de purificación del agua y las tabletas desinfectantes pueden ser utilizadas con fines domésticos. Es mejor aún proteger la fuente doméstica, por ejemplo un pozo, de modo que el agua pueda ser utilizada directamente.

En sistemas de suministro de grandes poblaciones, la fuente de agua es con frecuencia propensa a la contaminación y el almacenamiento y los sistemas de distribución pueden ser contaminados. Los métodos más comunes de tratamiento incluyen: a) pre-tratamiento en reservorios, b) coagulación, floculación y sedimentación, c) filtración y d) desinfección. Los detalles son dados en el documento *OMS Guidelines*. Los elementos básicos de los métodos de tratamiento involucran la *sedimentación* de partículas grandes en los reservorios, donde tamices especiales pueden reducir además la cantidad de materia orgánica en el agua. La *pre-desinfección* con compuestos del cloro puede también ser utilizada en este proceso si se sabe que el agua está contaminada con albañales. En el paso de la *coagulación* se añaden compuestos que reaccionan con las impurezas en el agua dando origen a la *floculación* (creación de partículas viscosas en el agua). Estos flóculos envuelven a las bacterias y otros materiales orgánicos remanentes y pueden ser separados del agua por sedimentación o flotación. Para garantizar que todos los flóculos y la mayoría de las bacterias sean removidas del agua, el próximo paso incluye la *filtración* en arena. A mayor tamaño del filtro de arena el proceso resulta más eficiente. Normalmente, los conteos bacterianos pueden ser reducidos por un factor cercano a mil por un filtro de arena adecuado.

Aún después de una buena filtración con arena algunas bacterias y virus pueden quedar, por tanto es extremadamente importante una desinfección final. Los métodos más comunmente utilizados son la adición de gas cloro o hipoclorito al agua. La desinfección puede también ser obtenida con cloraminas, dióxido de cloro, ozono y radiación ultravioleta. El último método (uv) ha sido aplicado en pequeña escala en unidades de desinfección utilizando la energía solar y puede ser el método de selección para áreas remotas con mucha luz solar. Los procesos de cloración hacen posible mantener un cierto nivel de *cloro residual libre* en el agua durante su transporte a través del sistema de distribución. Esto reduce la procreación de bacterias y el crecimiento de algas dentro de las tuberías y mantiene alguna protección de la contaminación del agua durante su transporte. En el Cuadro 6.7 se analiza la cloración del agua potable.

En algunos países la fluoración del agua potable ha sido utilizada como un procedimiento que incrementa la ingesta diaria de fluoruros al organismo a niveles adecuados para prevenir las caries dentales. Esta práctica ha estado en

controversia, ya que también altas ingestas de fluoruros pueden tener impactos perjudiciales a la salud (ver Sección 6.2.2) y los aportes individuales son difíciles de controlar. El flúor en la pasta dental suministra una protección significativa contra las caries en las personas que la utilizan.

Cuadro 6.7

Tratamiento del agua y subproductos de la cloración

En la Figura 6.5 se muestra una instalación típica de tratamiento de agua tal como puede ser encontrada en las grandes ciudades. Después que el agua es captada de una fuente, una gran cantidad de impurezas son removidas por un tamiz. Entonces es adicionado un desinfectante para reducir las bacterias. Los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración constituyen el tratamiento. La coagulación y la floculación remueven las partículas de impurezas, la adición de un coagulante ocasiona que las partículas se agrupen, mientras que la floculación es un proceso de movimiento lento durante el cual las partículas se agrupan para formar grandes partículas. La sedimentación es usada para remover sólidos suspendidos que han sido precondicionados por el proceso de coagulación-floculación, seguido del cual va el filtrado para la remoción de sólidos suspendidos. Algunas veces se adiciona un desinfectante antes de la distribución del agua tratada.

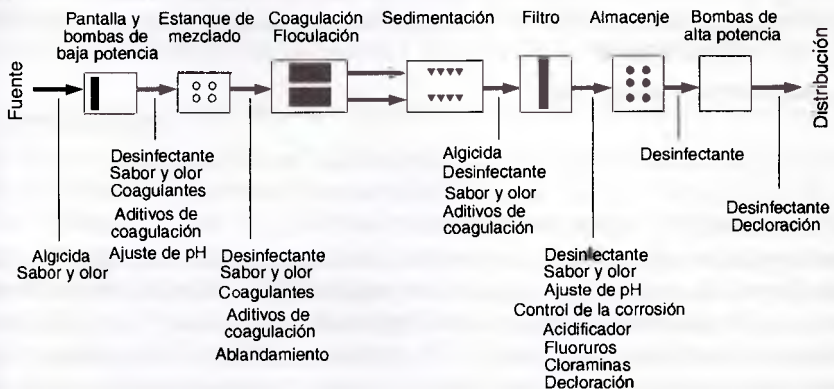


Figura 6.5 Diagrama de un proceso de tratamiento de agua. (Reproducida de Marret y King, 1995. Fuente: *Basic Water Treatment Operation*, Ministry of Environment, Canadá, 1984.)

continúa...

Trihalometanos (THM): resultan de la reacción del cloro con precursores orgánicos durante el proceso de tratamiento (desinfección mediante cloro). Algunos estudios ecológicos han examinado la relación entre los THM y el cáncer. Estos estudios han sugerido generalmente que hay una asociación entre THM y cáncer de vejiga y colon. Otros estudios han reportado un incremento de los cánceres del recto, estómago, mamas, pulmón, páncreas, riñones y linfomas no-Hodgkin, posiblemente en asociación con los THM. Algunos estudios de casos-controles han sugerido también asociaciones significativas para cánceres de vejiga, colon y recto. La suma de la evidencia disponible señala un pequeño incremento en el riesgo de algunos tipos de cáncer asociado al consumo de agua con niveles altos de THM.

Las características del proceso de tratamiento afectan la cantidad de compuestos del cloro y precursores orgánicos en el agua tratada. La fase en que se aplica la desinfección es importante en la determinación del nivel de THM, ya que otros procedimientos de tratamiento afectarán el nivel de precursores orgánicos disponibles para reaccionar con el cloro. Por ejemplo, cuando los compuestos del cloro son adicionados antes de algún tratamiento, resultan los más altos niveles de THM. Este efecto es mitigado por el uso de carbón activado más tarde en el proceso, ya que tiene el potencial de remover compuestos orgánicos volátiles. La cantidad de sub-productos del cloro en el agua tratada puede también ser reducido con decloración.

Es necesario reconocer que la desinfección es un componente importante del tratamiento del agua. Mientras que deben adoptarse las medidas para reducir al mínimo el riesgo de cáncer, los riesgos a la salud asociados a la falta de desinfección del agua mediante cloro exceden en alto grado los riesgos de la cloración, según los conocimientos corrientes.

Fuente: Marrett y King, 1995

6.5.3 DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO

Cuando agua de alta calidad sanitaria es conducida por las tuberías y es fácilmente disponible en el hogar, su monitoreo puede realizarse directamente al tiempo que se usa. De acuerdo a las guías de la OMS, estas condiciones “son globalmente la excepción más bien que la regla”. Un número significativo de personas en el mundo colectan el agua lejos del punto de su uso o la almacenan en condiciones no higiénicas en la vivienda. Además, en casos donde existe un suministro adecuado en el lugar, la contaminación puede ocurrir en los tanques de almacenamiento de las casas si no están instalados y mantenidos convenientemente. La contaminación también puede ocurrir durante la transportación del agua desde la fuente a la vivienda por el uso de contenedores o recipientes sucios.

La contaminación del agua en el hogar puede con frecuencia ser la fuente

más importante de contaminación microbiológica. Las iniciativas educacionales sobre la manipulación del agua y la promoción del mantenimiento adecuado de los tanques de almacenamiento pueden reducir este riesgo.

6.5.4 LUGAR DE USO

Como se analizó en la Sección 4.3 un número de organismos que no tienen un significado real para la salud están presentes en el agua, pero pueden ser indicadores importantes de otros problemas relacionados con el suministro de agua o el sistema de distribución. En gran parte, los consumidores no tienen medios para juzgar la seguridad de su sistema de distribución por sí mismos, pero su posición hacia su suministro y los suministradores será afectada por aquellos indicadores de calidad de agua que ellos mismos puedan percibir. El suministro que no sea seguro y que tampoco sea físicamente aceptable debe ser materia de alta prioridad. Si los consumidores juzgan su agua de consumo insatisfactoriamente, pueden buscar otras fuentes de abasto que sean aún menos seguras.

El calor mata las bacterias y protozoos y destruye los virus. Hervir el agua es un medio efectivo de tratar el agua que presenta contaminación biológica, pero es un método inefectivo para controlar la contaminación química. Es también muy caro, especialmente donde el suministro de combustible es escaso. El agua también puede ser filtrada en el lugar de uso y para la desinfección de pequeños volúmenes de sustancias químicas. También han sido desarrollados sistemas a pequeña escala basados en radiación UV solar como desinfectante.

6.6 Saneamiento

A lo largo de este capítulo se han hecho numerosas referencias a la contaminación por albañales, excretas o contaminación fecal. La prevalencia de enfermedades transmitidas por el agua resultantes de este tipo de contaminación hace surgir la pregunta de qué puede hacerse para mejorar la higiene. Durante los años 80 se concertaron esfuerzos que se tradujeron en la creación de servicios de sanidad y de abasto de agua mejorados para muchas de las personas más pobres del mundo. El objetivo o blanco de la Década Internacional para el Abasto de Agua Potable y Saneamiento (IDWSSD, siglas en inglés), que se analiza en la última sección de este capítulo, fue mejorar la seguridad del agua potable y la sanidad de las comunidades rurales y urbanas subservidas para 1990, pero aún el progreso de la década no fue suficiente.

La mayoría de los centros urbanos en África y Asia no tienen sistemas públicos de disposición de albañales (alcantarillado) incluyendo muchas ciudades con un millón de habitantes o más (OMS, 1992a). En 1994, al menos 220 millones

de personas aún carecían de una fuente de agua potable fácilmente accesible (ver Tabla 6.3) (WRI/PNUMA/PNUD/Banco Mundial, 1996).

Tabla 6.3 Agua urbana y cobertura de saneamiento por regiones, 1994.

Servicio	África	Asia y Pacífico	Este Medio	Latinoamérica
Agua				
Por ciento de población cubierta	68.9	80.9	71.8	91.4
Por ciento de población cubierta servido por:				
Conexión domiciliaria	65	48.4	89.7	92
Fuente pública	26	24	9.3	3.3
Otros	9	27.6	1	4.7
Saneamiento				
Por ciento de población cubierta	53.2	69.8	60.5	79.8
Por ciento servido por conexión doméstica al servicio público de disposición de residuales líquidos	53.0	42.7	100.0	91.2
Letrina de foso anegado	3.0	43.1	0	2.1
Letrina de pozo mejorada y ventilada	13.6	0.7	0	0.9
Letrina de hoyo simple	22.4	8.5	0	5.4
Otros	2.6	3.0	0	0.4

Reproducido por WRI/PNUMA/PNUD/Banco Mundial, 1996 (Fuente: G. Watters.)

Las cifras o valores para el grupo de personas inadecuadamente servidas con agua y saneamiento, con frecuencia reflejan problemas menores, una razón es la carencia de atención dada a la cantidad de agua necesaria en una vecindad para las prácticas higiénicas propias. Además, las cifras dadas como porcentaje de la población que es adecuadamente servida pueden ser exageradas cuando las fuentes de aguas limpias o instalaciones sanitarias adecuadas están presentes en la comunidad. De hecho, las personas tienen que esperar en largas colas para su agua, reduciendo de este modo el consumo de agua por debajo de lo que se necesita para tener buena salud (OMS, 1992a). Igualmente, las personas tienen que caminar largas distancias para utilizar una letrina y finalmente acabar defecando donde les es más conveniente. La razón fundamental para el mejora-

miento sanitario es mejorar la salud; esto sólo sucederá efectivamente, sin embargo, si otros factores tales como una higiene personal y un suministro de agua adecuados se presentan simultáneamente. Estudios epidemiológicos han demostrado consistentemente que con sólo mejorar el acceso al agua y las instalaciones sanitarias, se puede reducir la incidencia de enfermedades diarreicas en al menos 20%, de acuerdo a una revisión reciente citada en World Resources 1996-1997 (WRI/PNUMA/PNUD/Banco Mundial, 1996).

En los años 70 las agencias internacionales comenzaron a proponer tecnologías de saneamiento de bajo costo, alternativas que podían ser aplicadas en asentamientos rurales y urbanos de densidad baja a media. Ahora hay cerca de 20 sistemas de disposición de excretas diferentes que ofertan varios grados de conveniencia y protección (Cuadro 6.8. y Figura 6.6). La Tabla 6.4 describe las instalaciones de saneamiento típicas y sus costos.

Como se señala en *Nuestro Planeta Nuestra Salud*, los costos de construcción solos no son una base suficiente para la determinación del costo de un sistema, ya que algunos son más caros que otros de operar y mantener. El costo inicial, la operación y los costos de mantenimiento por cada familia deben ser calculados para determinar la carga que debe ser asignada al servicio y establecer si las familias pueden tener medios para pagarlo. Si el costo mensual para saneamiento excede el 5% de la entrada familiar, puede ser considerado no costeable. La mayoría de las alternativas de saneamiento a bajo costo caen dentro de éste límite aun para los más pobres de la comunidad, especialmente comunidades urbanas.

Mientras que los costos son un factor crucial en la selección de sistemas de saneamiento, un número de otros determinantes incluyendo asentamientos y densidad de población, condiciones del suelo y prácticas sociales y culturales, también desempeñan un papel.

6.7 Control de la contaminación del agua

Los efectos y las guías para varias formas de contaminación del agua han sido tratados con bastante extensión a lo largo de este capítulo. Los baños domésticos, los escurrimientos de agua y los desechos industriales se han mencionado como contribuyentes significativos a la degradación de la calidad del agua. Algunas décadas atrás fue considerado económicamente aceptable destinar algunos cursos de agua enteramente para la disposición de desechos, ya que había numerosos cuerpos de agua alternativos que podían ser reservados para usos beneficiosos. El incremento en la densidad poblacional en áreas urbanas, el interés por la protección ambiental, la mayor comprensión de los mecanismos de enlace

Cuadro 6.8

Letrina ventilada mejorada (VIP)

El término VIP (siglas en inglés) se refiere a una letrina mejorada. Como el nombre lo sugiere, una VIP es una versión mejorada de la letrina tradicional. La principal diferencia entre una VIP y una letrina tradicional es que la primera tiene una tubería de salida con una pantalla para las moscas en el tope. La tubería de salida y la pantalla tienen dos efectos: 1. Ventilación: la tubería de salida crea un flujo de aire fresco a través del cubículo y la letrina. Cuando el viento sopla por el borde de la tubería de salida, éste succiona el aire arriba de la tubería y fuera de la letrina. El aire fresco es entonces inducido fuera, a través del cubículo y debajo de la letrina y se eliminan los malos olores (ver Figura 6.6b). 2. Control de moscas: las moscas cercanas a la letrina son atraídas por los olores que vienen de la tubería pero no pueden pasar la pantalla y entrar a la letrina. Las moscas que escapan de la letrina son atraídas por la luz que viene de debajo de la tubería, pero son atrapadas por la pantalla y no pueden salir. Por lo tanto pocas moscas son atraídas y capaces de multiplicarse en el baño (ver Figura 6.6a).

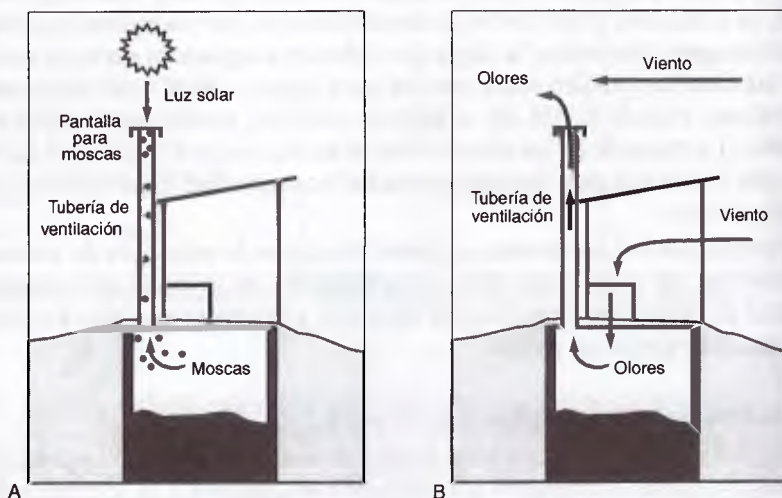


Figura 6.6 Letrina ventilada mejorada. Además de la tubería de ventilación y la pantalla para las moscas, las siguientes características son importantes en una letrina mejorada y ventilada: aparte de los huecos de la tubería de salida y el asiento del baño, la letrina debe estar completamente sellada para evitar que los olores y las moscas se escapen. Si el terreno es suave la letrina debe ser reforzada para evitar que se colapse el baño. Si el terreno es sólido, puede que sólo sea necesario reforzar la parte del tope de la letrina. La superestructura interior debe ser oscura (no debe permitirse la entrada de luz directamente) ya que esto atrae moscas a la letrina. La letrina debe conservarse en buen estado y limpia para que funcione bien.

Tabla 6.4 Estado típico de costos de sistemas de saneamiento por familia (precios 1990).

Tipo de sistema	Costo (US\$)
Letrina de abundante vertimiento pozo gemelo	75 - 150
Letrina de pozo mejorado ventilado	68 - 175
Alcantarillado poco profundo	100 - 325
Alcantarillado de calibre pequeño	250 - 500
Tanque séptico convencional	200 - 600
Alcantarillado convencional	600 - 1200

Reproducido de OMS, 1992a (Fuente: Sinnatamby, 1990.)

entre el ambiente y la salud, así como una mejor estimación del daño económico de la contaminación del agua han servido para despertar el interés en el control de la contaminación (Hespanol y Helmer, 1993).

Como se señaló en el Cuadro 6.5 muchos de los ríos que fluyen a través de las mayores ciudades del mundo en desarrollo, tienen menos caudal que los albañales abiertos. Los desechos municipales e industriales no tratados adicionan cargas contaminantes mucho más allá de las capacidades de purificación propias de los ríos. Mientras que estos ríos y otros cuerpos de agua superficiales tienen señales altamente visibles de contaminación, menos visible pero igualmente peligrosa es la contaminación que tiene lugar en el agua subterránea. La atracción del agua subterránea como una fuente de suministro ha conducido a su sobreexplotación, lo que induce al agua salobre a reemplazarla en el subsuelo. La filtración a través del suelo puede contaminar el agua subterránea con patógenos de albañales, también con una amplia variedad de compuestos potencialmente tóxicos vertidos por las industrias. El mejoramiento en el saneamiento, en el tratamiento de las aguas residuales y su reuso, y en la regulación de la contaminación industrial necesitan ser áreas prioritarias para el control de la contaminación, tanto de las fuentes subterráneas como superficiales.

6.7.1 CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL

Los desechos industriales son grandes contribuyentes a la degradación de la calidad del agua cuando no se dispone de métodos apropiados de disposición. Muchas industrias en países en desarrollo han sido construidas sin sistemas de distribución y tratamiento de desechos, ya que estos gastos pudieran incrementar los costos de producción y en consecuencia reducir la competitividad del producto en el mercado internacional. El impacto de los desechos industriales, especialmente aquellos conteniendo metales pesados y sustancias químicas orgánicas, es particularmente severo debido a su persistencia, sus efectos dañinos

a bajas concentraciones y su capacidad para entrar a la cadena alimentaria (Hespanol y Helmer, 1993).

La Agenda 21 reconoce que: "La contaminación química intensa, con graves daños a la salud humana y al ambiente, se ha incrementado en tiempos recientes en las áreas industriales más importantes del mundo. La restauración requerirá de mayores inversiones y el desarrollo de nuevas técnicas" (ONU, 1993). Debe haber el desarrollo de un marco legislativo apropiado dentro del cual la legislación pueda emitir y hacer cumplir regulaciones y responsabilidades y desarrollar políticas de control.

6.7.2 AGUAS DE DESECHO

a) *Tratamiento*. El manejo adecuado de las aguas de desecho tiene un pacto directo sobre el abastecimiento de agua segura y consecuentemente sobre la reducción de enfermedades, puesto que es con frecuencia el medio a través del cual los contaminantes o patógenos pueden afectar a los humanos. El tratamiento de las aguas de desecho explica, en general, una gran parte de los costos asociados con la sanidad urbana.

El nivel de tratamiento de las aguas residuales debe ser establecido de acuerdo a las características de las aguas receptoras a las cuales serán descargados los efluentes después del tratamiento, o de acuerdo a las prácticas del reuso. La selección del sistema de tratamiento debe tomar en consideración la disponibilidad del local, del equipamiento y la experiencia. También se debe considerar que puede ser necesario adaptar el sistema a las condiciones climáticas locales para mantener su eficiencia.

Hasta hace poco, los sistemas instalados en los países en desarrollo para tratar las aguas residuales tenían normas de descargas de efluentes menos exigentes comparadas a las requeridas en los países más desarrollados. Esta situación está cambiando ahora puesto que los países en desarrollo han modificado y hecho más rigurosas sus normas de descarga de efluentes para combatir el nivel creciente de contaminación de sus recursos acuíferos.

Hay tres categorías de tratamiento de aguas de desecho: *primaria*, *secundaria* y *terciaria*. En el tratamiento primario, el desecho es retenido en tanques de sedimentación y los materiales sólidos se asientan en el fondo. La acción bacteriana digiere los materiales orgánicos, y el lodo que queda es secado y dispuesto. El exceso de lodo de las plantas de tratamiento biológico puede ser aplicado al suelo para producir un compuesto estable, libre de patógenos que puede ser empleado en tierras agrícolas como un acondicionador del suelo. El tratamiento secundario permite la degradación adicional de sustancias orgánicas

de las aguas de desecho por bacterias en ambiente rico en oxígeno. El tratamiento terciario involucra separación química de nitratos y en algunos casos la separación adicional de bacterias en pozos o mediante filtración. Las plantas de tratamiento más comunes utilizadas, tanto en países industrializados como en desarrollo, están basadas en procesos biológicos tales como:

- tanques o lagunas de estabilización
- lodo activado
- torres y filtros goteadores
- lagunas de aeración
- reactores anaeróbicos de flujo ascendente (LAFA)

La selección del tratamiento depende de factores tales como la disponibilidad del terreno, requerimientos de energía y disponibilidad de operadores adiestrados. Los reactores LAFA tienen requerimientos de terreno y energía bajos, los tanques de estabilización requieren de grandes cantidades de terreno pero son simples y baratos de operar, las plantas de lodo activado requieren de considerables cantidades de energía y de operadores adiestrados.

b) *Reuso*. De acuerdo al reporte *Guías de salud para el uso de aguas residuales en la agricultura y la acuicultura* (OMS, 1980), el agua de desecho es un recurso valioso que juega un papel importante en el manejo de los recursos acuíferos. La captación de agua a nivel mundial para la irrigación explica cerca de 70% de todos los usos. Debido al uso de las aguas de desecho para la irrigación, particularmente en zonas áridas y semiáridas, se está utilizando agua de alta calidad para la agricultura pudiendo ser aprovechada para beber. El reuso de las aguas de desecho para la irrigación de cosechas ayuda a incrementar la producción alimenticia así como mejorar las condiciones sociales y de salud.

El uso planificado de las aguas de desecho en irrigación o acuicultura puede evitar algunos de los problemas asociados con la descarga en el ambiente de estas aguas no tratadas o tratadas parcialmente. Adicionalmente, para reducir la dependencia de aguas subterráneas para la irrigación, el uso de aguas de desecho ayuda a disminuir los problemas de intrusión de sales dentro de los acuíferos. Las aguas de desecho pueden ser utilizadas efectivamente en la silvicultura, trayendo de este modo beneficios a las áreas, particularmente en países en desarrollo que están sufriendo de deforestación.

Cuando se utiliza el agua de desecho en la agricultura, la posibilidad de problemas de salud existe si este tipo de agua no es utilizada de forma cuidadosa. La aplicación de cuatro medidas de protección integrada protegerá efectivamente la salud de los grupos en riesgo por el uso de aguas de desecho:

- El tratamiento de las aguas de desecho para garantizar que el agua tratada aplicada a las cosechas esté libre de organismos patógenos.
- Las técnicas de aplicación de aguas de desecho para evitar, tanto como sea posible, su contacto con las partes comestibles de las cosechas.
- La selección de la cosecha para limitar el uso del agua de desecho para la irrigación de las cosechas que no son consumidas directamente (forraje o uso industrial), o que crecen por encima del suelo (tomate y ají), o que no son comidas crudas (papas).
- El control de la exposición humana mediante el asesoramiento a los trabajadores de las granjas, los manipuladores de cosechas y los consumidores a través de programas de educación para la salud, las inmunizaciones, el mejoramiento de la quimioterapia e instalaciones médicas adecuadas para tratar las enfermedades diarreicas.

6.8 Guías de calidad del agua para recreación

Las guías para la calidad del agua utilizada con fines recreativos han sido de interés predominantemente en países desarrollados, puesto que los países en desarrollo no han tenido los recursos disponibles para dedicarse a esta actividad. Sin embargo, la calidad del agua recreativa está llegando a ser de gran necesidad para todos, debido a la importancia del turismo para la economía en todo el mundo. Aunque los niveles de microorganismos y contaminantes encontrados sean aceptables, las normas varían de país a país, por lo que el método de estimación de la calidad del agua debe ser normalizado entre los países en desarrollo. Todos los niveles recomendados en este capítulo son de las *Guías para la calidad del agua recreacional de Canadá*. Se examinan algunos aspectos del agua recreativa: presencia de patógenos y características físicas y químicas.

Para la determinación de la presencia de patógenos, con frecuencia son utilizados los organismos indicadores de contaminación. Estos organismos no son peligrosos por sí mismos, pero indican los niveles de patógenos presentes en el agua. En agua dulce los coliformes fecales son medidos con frecuencia pero hay debate acerca de la fuerza de la correlación entre sus niveles y la incidencia de enfermedades. Se recomienda que los niveles no excedan los 200 coliformes fecales/100 mL, en un período de 5 días. Estos organismos indicadores no son útiles en agua de mar. Los estreptococos fecales pueden ser una mejor selección, tanto para agua salada como agua dulce, pero hasta el presente los métodos disponibles para la determinación de sus niveles son más caros. Los organismos patógenos pueden ser medidos cuando hay evidencias epidemiológicas de patógenos en un cuerpo específico de agua.

La calidad del agua para recreación también depende de las características

físicas y químicas. La temperatura del agua es una cualidad estéticamente importante, pero los humanos pueden tolerar un amplio margen de temperatura. El agua cerca de la temperatura de congelación es dañina y puede ser letal y la exposición prolongada a temperaturas de 48 °C y superiores ha sido relacionada con varios problemas de salud. Los niveles de pH alcalinos y ácidos son también considerados, pero sólo raramente pueden afectar a los seres humanos. Los valores recomendados están entre 6.5 y 8.5. La turbidez es importante porque la presencia de patógenos es significativamente superior en el sedimento que en el agua superficial. El nivel máximo sugerido es de 50 unidades de turbidez nefelométrica (UT). El color y la transparencia pueden también ser importantes, pero varían tan dramáticamente entre zonas diferentes del agua, dependiendo del contaminante, que las guías son difíciles de establecer. Los combustibles y las grasas no deben estar presentes en cantidad que sea visible en la superficie del agua ni en las orillas de la fuente y ningún olor debe ser detectable. Los contaminantes orgánicos e inorgánicos varían grandemente y por lo tanto deben ser medidos y estimado el riesgo para la salud sobre una base individual. Factores tales como los datos epidemiológicos registrando la incidencia de enfermedades y otros como la proximidad de los contaminantes a la fuente deben ser considerados.

6.9 Implementación de estrategias para garantizar un suministro de agua eficiente y seguro

6.9.1 EL DECENIO DEL AGUA

La Conferencia de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos, celebrada en Vancouver en 1976, y el Plan de Acción de Mar del Plata, establecieron los lineamientos para la proclamación del Decenio del Abasto de Agua Potable y el Saneamiento (1981-1990) por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1980. Su principal objetivo fue mejorar sustancialmente las normas y niveles de servicios en el suministro del agua potable y el saneamiento para el año 1990.

De acuerdo a un informe del PNUMA (1992), el porcentaje de la población en áreas urbanas de países en desarrollo sin acceso a agua potable segura descendió de 33 % a 18 % al final del Decenio mientras que el acceso a los servicios de saneamiento escasamente mejoró. En áreas rurales el porcentaje de población sin agua potable mejoró de 86 % a 37 % y aquellos sin acceso a servicios de saneamiento descendió de 86 % a 51 % (Figura 6.7).

El final del Decenio encontró a mil millones de personas sin un suministro de agua seguro y casi 1800 millones sin saneamiento adecuado. La proporción del progreso obtenido fue insuficiente para alcanzar el objetivo final de salud para todos para finales del siglo. El lento progreso para la obtención de las metas del

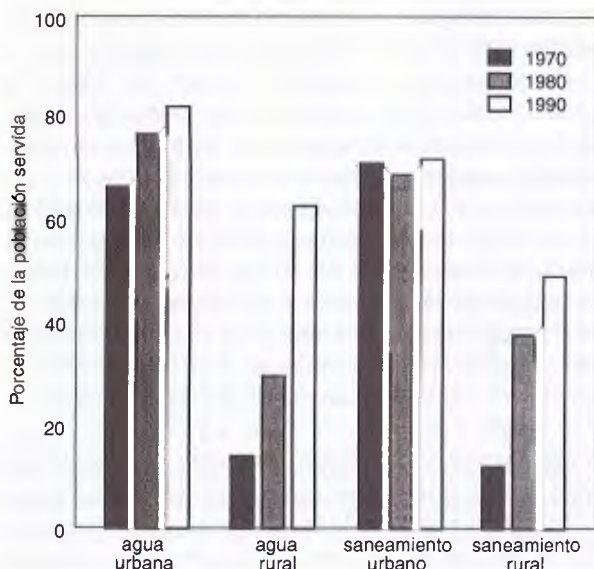


Figura 6.7 Suministro de agua y cobertura de saneamiento en países en desarrollo. (Reproducida de PNUMA, 1992a.)

Decenio ha sido atribuido a diferentes factores que incluyen el crecimiento poblacional, la migración rural-urbana, la situación económica mundial desfavorable y el peso de la deuda de los países en desarrollo. Este último, en particular, ha sido el obstáculo mayor para la inversión en proyectos de infraestructura (PNUMA, 1992a).

Como se analizó en *Nuestro Planeta, Nuestra Salud*, hay un número de lecciones aprendidas a partir del Decenio, algunas de las cuales son señaladas en continuación:

- Hay necesidad de fortalecer la capacidad de las comunidades de dirigir y mantener su propio saneamiento y sistema de abasto de agua.
- Se requiere poner énfasis en la unión entre el mejoramiento en agua y saneamiento y el incremento en los hábitos higiénicos y la atención primaria de salud.
- Es importante involucrar a la población local en las decisiones con relación a diseño, costos y manejo de proyectos.
- Es necesario incluir información acerca de factores de enfermedad y condiciones socioeconómicas en el diseño y entrega del agua y servicios de saneamiento.

En años recientes, muchos programas de desarrollo han tratado de incorpo-

rar estas lecciones dentro de sus variados proyectos. El Suministro de Agua Rural y el Proyecto de Sanidad en la Región de Valta, en Ghana, es un ejemplo de este enfoque. Muchos ejemplos se proporcionan en varias publicaciones de agencias internacionales citadas en este capítulo. Los esfuerzos del Fideicomiso MVULA en Sudáfrica son descritos en el Cuadro 6.9.

Cuadro 6.9

El Fideicomiso MVULA: Un enfoque centrado en la comunidad para mejorar los servicios de agua y saneamiento

Sudáfrica tiene una herencia de discriminación e injusticia y tuvo sus primeras elecciones democráticas en 1994. El reto para suministrar a toda la población del país, con un nivel sostenible y básico, agua y servicios de saneamiento es enorme. El Fideicomiso MVULA es una fundación de una organización no gubernamental (ONG) dedicada a mejorar el suministro de agua y los servicios de saneamiento a comunidades rurales, marginadas y perjudicadas. Proporciona fondos principalmente a pueblos remotos y que tienen bajos ingresos económicos. Las estructuras del gobierno local son muy nuevas, con pequeña capacidad para mantener la infraestructura de servicios. Para superar estas dificultades y obtener sustentabilidad, se requiere de enfoques innovadores de todos los aspectos de diseño o implementación del proyecto. Las tecnologías que son instaladas deben ser fáciles de mantener por la comunidad y deben ser accesibles. Sin embargo, el elemento más importante en la sustentabilidad es que la comunidad debe tener un sentido de propiedad y responsabilidad por el proyecto. Por esta razón, un enfoque centrado en la comunidad es esencial para proyectar el diseño y la implementación. El Fideicomiso MVULA ha desarrollado un enfoque basado en los siguientes principios:

Demanda-manejo

El Fondo sólo responde a solicitudes para auxiliar a las comunidades. No busca proyectos, no responde a propósitos de consultores a menos que estén apoyando la aplicación de una comunidad. Sin una demanda genuina y efectiva para el servicio y el nivel al cual será instalado, será improbable una comisión para una implementación clara del proyecto y lo más importante, para el mantenimiento del proyecto.

Concepto de propiedad

El enfoque del Fideicomiso es acentuar la propiedad de la comunidad sobre el proceso y el producto del proyecto. El Fideicomiso sólo entra en contacto con la asociación representante de la comunidad, de la cual se espera que abra una cuenta bancaria, procure materiales, emplee trabajadores, pague consultores y establezca un sistema de cobro de tarifas.

La comunidad es el cliente

Para que la comunidad tome un interés activo en mantener el esquema, es esencial que las instalaciones sirvan efectivamente a sus necesidades. La clave de las deci-

continúa...

siones reconociendo el diseño del sistema y la implementación del proyecto debe ser hecha, por lo tanto, por la comunidad, dentro de un marco de guías claras, tales como las políticas de la agencia de fondos. Sin esto, hay un riesgo que sea instalado un sistema inapropiado.

División de costos

El principio de pago por los servicios es básico para el programa de desarrollo y reconstrucción del gobierno de Sudáfrica, al cual el Fideicomiso apoya y espera que la comunidad comience contribuyendo con dinero a un fondo especial tan pronto como se inicie el proyecto. El proceso por el cual la asociación obtiene las contribuciones del Fideicomiso, es el antecedente para la recolección de las cuotas de mantenimiento y operación.

Capacidad de construcción

Un elemento clave en la promoción de la sostenibilidad del proyecto es desarrollar las habilidades que se necesitan para responsabilizarse por el esquema. El Fideicomiso apoya proyectos que tienen un gran componente de entrenamiento y a la comunidad se da la oportunidad de poner en práctica lo aprendido durante el curso del proyecto. Esto desarrolla un fuerte sentido de seguridad en ella misma, necesario para continuar el proyecto después de su terminación.

El Departamento de Asuntos del Agua y el Gobierno han entrado en un acuerdo innovador. El Fideicomiso recibe la mayoría de sus ingresos del Departamento, pero se le permite llevar una contabilidad separada para los fondos públicos. Con esto se puede mantener una estructura flexible de ONG, e implementar rápidamente el proceso de demanda-manejo para apoyar las iniciativas de las comunidades.

Contribución de: I. Wilson, MVULA Trust

6.9.2 MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

1. Los consumidores y proveedores, las industrias y los gobiernos, todos tienen un papel que desempeñar para garantizar un suministro de agua seguro y sustentable.

2. Las fugas son una de las principales razones para la reducción en la capacidad de suministro de aguas en muchas ciudades. Esto es particularmente cierto en centros urbanos en países en desarrollo, en los que 30 % del agua es tratada y bombeada en los acueductos, pero tanto como 60 % del suministro se pierde por esta vía. La proporción de pérdidas por fugas en los Estados Unidos y Europa está alrededor de 12%.

3. Se han implantado varias medidas institucionales para controlar la contaminación del agua. Uno de los mayores señalamientos es que los gobiernos, como se indicó anteriormente, tienen un importante papel que jugar en el manejo

de los recursos hidráulicos, particularmente en lo relacionado con el control de la contaminación, a través de marcos legislativos apropiados.

4. Las sanciones económicas son poderosos medios para lograr el interés en la protección ambiental eficiente y el uso racional de los recursos hídricos por todos los usuarios, incluyendo familias, municipalidades, industrias, granjas, etc.

5. Un enfoque para el manejo de los recursos hídricos es el uso de mecanismos para valorar el precio del servicio que refleje el costo real del suministro de agua, con el objetivo de estimular el uso más eficiente del agua. De todos los recursos naturales, el agua es el que probablemente sea consumido a más bajo precio. A diferencia del aire, el agua es raramente consumida sin alguna intervención tecnológica y los costos de esta tecnología son raramente indemnizados por completo por parte de los consumidores. El principio básico más ampliamente conocido en este sentido es que el contaminador paga: "el que contamina paga". Este es el principio 16 en la Agenda 21 que dice:

Las autoridades nacionales deben esforzarse para promover la instrumentación de costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, tomando en cuenta el enfoque de que el contaminador debe, en principio, cargar con el costo de la contaminación, con el debido respeto al interés público y sin distorsión de la inversión y la industria internacional (ONU, 1993).

Los instrumentos económicos incluyen aspectos como cargas de efluentes, subsidios a trabajos de control de contaminación, incentivar la ejecución financiera, disminuir impuestos, y los mecanismos fiscales y presupuestarios. El uso de *incentivos financieros* para ayudar a los contaminadores en la protección ambiental es de amplia difusión, a pesar del hecho de que no es universalmente aceptado. Concesiones, préstamos con bajos intereses y créditos a impuestos son algunas formas de incentivos que son utilizados para implementar medidas remediales adecuadas. La ayuda financiera puede resultar en programas de protección ambiental efectivos, particularmente en países en desarrollo (Hespanol y Helmer, 1993).

Mientras que es improbable que se hagan progresos significativos en esta área sin una fuerte actividad a nivel de gobierno, hay algunas acciones que pueden ser tomadas a nivel *individual*. Por ejemplo, en muchas viviendas en países desarrollados, las fugas de agua son comunes. Sólo el 5% del consumo de agua en las casas en América del Norte es para beber y cocinar. El resto es consumido para el agua de los inodoros (40%), ducha/baño (30%), lavadero/fregadero (20%) y otros (5%). La mayoría de esta agua ha sido tratada y garantizada para beber, lo cual requiere de una enorme cantidad de recursos adicionales. Muchas cosas pueden ser hechas para evitar el derroche de agua y reducir el consumo (ver Cuadro 6.10).

Cuadro 6.10

Medidas para reducir el consumo de agua en las viviendas

- Suprimir las fugas, ya que pueden malgastar cientos de litros de agua al día.
- Poner recipientes plásticos o tapas de baño en el tanque del inodoro para reducir la cantidad de agua usada para su flujo.
- Tomar duchas más cortas.
- No usar el inodoro para echar desperdicios.
- Cerrar la llave de agua cuando no se esté utilizando (por ejemplo, si se lava las manos, si se cepilla sus dientes o se afeita).
- Usar su lavadero y el fregadero de platos sólo cuando estén llenos.
- Lavar sus platos y vegetales en el fregadero parcialmente lleno y no dejar correr el agua por los mismos.
- Instalar llaves de paso y duchas de centro.

Algunos pequeños cambios en el *jardín* pueden hacer una gran diferencia:

- El agua para su césped usarla sólo cuando sea necesario. El riego frecuente estimula el crecimiento de tubérculos poco profundos.
- Usar el agua como primera cosa en la mañana, cuando la razón de evaporación es más baja.
- Sembrar especies de plantas nativas. Ellas requieren usualmente de menos agua y menos trabajo.
- Usar estiércol o paja alrededor de las plantas. Baja la evaporación y reduce las malas hierbas.
- No limpiar las aceras con manguera.
- Buscar fugas en las mangueras y grifos.

Fuentes: *25 Things You Can Do To Prevent Water Waste*, American Water Works Association, 1989; *Water Efficiency In Your Yard and Garden*, Forth Whyte Centre, Winnipeg.

Preguntas de estudio

¿Qué factores necesitan ser considerados para el desarrollo de una estrategia para mejorar el saneamiento en una comunidad rural de un país en desarrollo? ¿Y en una comunidad urbana?

Ejercicio de estudio

Varias iniciativas y sugerencias para el mejor manejo de los recursos hídricos han sido discutidas en este capítulo. Trate de desarrollar otras iniciativas que pudieran ser utilizadas para promover la conservación del agua. Éstas pudieran ser de naturaleza económica, social o física. Piense cómo pueden ser implementadas.

Capítulo 7

ALIMENTOS Y AGRICULTURA

Objetivos de estudio:

Después de estudiar este capítulo usted será capaz de:

- Indicar en qué formas los alimentos pueden influir en la salud.
- Describir los impactos sobre la salud de deficiencias nutricionales.
- Indicar las condiciones ambientales cruciales para la producción de alimentos.
- Explicar la relación entre el ambiente y la seguridad alimentaria.
- Definir e ilustrar las diferencias entre intoxicaciones alimentarias e infecciones transmitidas por los alimentos.
- Resumir diferentes tipos de contaminantes alimentarios, la fuente de estos contaminantes y sus impactos potenciales a la salud.
- Indicar varias rutas posibles de transmisión de contaminantes biológicos alimentarios.
- Identificar los peligros y riesgos en varias fases entre la producción y el consumo de alimentos.
- Aprender el impacto del sistema Punto de Control Crítico y Análisis del Peligro (PCCAP) sobre la seguridad alimentaria.
- Ilustrar la importancia de reconocer las diferencias entre riesgos percibidos y el objetivo de estimaciones de riesgo con relación a la seguridad alimentaria.
- Resumir los peligros a la salud ocupacional relacionados con la agricultura e indicar las estrategias de reducción de riesgo.

7.1 Salud y nutrición

7.1.1 REQUERIMIENTOS FISIOLÓGICOS

El alimento es una necesidad humana fundamental, un derecho básico y requisito para la salud. El cuerpo humano depende de energía, proteínas, vitaminas y minerales que se encuentran en una variedad de productos alimentarios para sobrevivir y permanecer fuertes. Estudios en Europa en los años veinte

mostraron que los pobres eran pequeños, delgados y sufrían de enfermedades. Su salud mejoraba y los niños crecían más altos si tenían una dieta rica en proteínas, energía y vitaminas. Esta dieta llegó a ser la norma para una buena salud y el término *dieta balanceada* llegó a ser una terminología común. Una dieta balanceada puede ser garantizada si pueden ser ingeridos diferentes alimentos con un suministro variado y abundante: por ejemplo, proteínas de alimentos derivados de productos de origen animal o equivalentes, energía proveniente de alimentos ricos en carbohidratos o grasas, y alimentos protectores, tales como vegetales y frutas que son ricos en vitaminas y diferentes minerales.

Para mantener las funciones metabólicas saludables los seres humanos requieren una variedad de nutrientes. El componente primario de nuestra dieta es la energía expresada en calorías. El reporte de la FAO/WHO/UNU (1985) define *requerimiento de energía* como “la cantidad de energía necesaria para mantener la salud, el crecimiento y un nivel apropiado de actividad física”. El número de calorías requeridas varía grandemente entre los individuos, dependiendo de la talla y la edad (todo lo cual influye sobre la razón metabólica basal) y el nivel de actividad física de los individuos, pero se fundamenta en un balance entre el aporte de nutrientes y el consumo. Si la entrada de energía y el gasto no están en balance esto resultará en cambios de la masa corporal. Tanto el sobre peso como el bajo peso tienen efectos negativos sobre la salud humana. Los efectos a la salud de la malnutrición y de desórdenes de deficiencias específicas se describen adelante. La obesidad, definida como un estado caracterizado por exceso de grasa, es una causa común de morbilidad severa y longevidad disminuida. Se ha encontrado una asociación entre la obesidad y la hipertensión, y la formación de litiasis biliar y el cáncer del endometrio y de mama. La Tabla 7.1 señala los requerimientos básicos y sus fuentes alimentarias más comunes.

7.1.2 ALIMENTOS Y CULTURA

Los países industrializados han mantenido por muchos años guías para una ingestión saludable. En América del Norte, estas guías están basadas en el principio de seleccionar una variedad de alimentos de los grupos básicos para garantizar la ingestión de todos los nutrientes esenciales. Estos grupos son granos, frutas y vegetales, productos lácteos y carnes (o sus alternativas). Estos grupos son considerados arbitrarios por algunos y existen controversias considerando las influencias culturales declaradas en las recomendaciones. Obviamente, muchas personas no consumen productos de cada uno de estos grupos y están aún en buena salud. Como indica la Tabla 7.1, hay un gran flexibilidad cuando se seleccionan los alimentos para darle a los individuos todos los nutrientes que requieren. El Cuadro 7.1 señala un ejemplo de consumo de alimentos que difieren

Tabla 7.1 Requerimientos nutricionales, sus cantidades recomendadas y sus fuentes.

Nutrientes y sus cantidades recomendadas	Fuentes comunes de alimentos
Carbohidratos: (azúcares y carbohidratos complejos): 50 - 60 % de toda la energía diaria (toma total de energía recomendada: 7-14 MJ, o 1700-3300 kcal, dependiendo de la edad, sexo y peso).	Azúcares: frutas, vegetales, miel, leche. Carbohidratos complejos: granos, legumbres, raíces vegetales, hígado, frutas, vegetales.
Lípidos: 30 % de energía (grasas saturadas y/o ácidos grasos insaturados deben ser <10 % de la energía total; las grasas poli-insaturadas deben ser enfatizadas).	Ácidos grasos saturados/insaturados: grasa animal, mantequilla, aceites vegetales Grasas poli-insaturadas: aceite vegetal, leche, pescado.
Proteínas: 0.86 g/kg de peso corporal diario (aproximadamente).	Carne, productos lácteos, huevos, legumbres, granos.
Electrolitos: sodio y potasio y agua.	Sodio: sal, polvo de hornear y sodas, carne, aves de corral, pescado y huevos. Potasio: frutas, vegetales.
Vitaminas:	
A: ninguna cantidad específica recomendada.	Hígado, leche, vegetales frondosos verde oscuro, vegetales y frutas amarillo profundo.
D: ninguna cantidad específica recomendada.	Leche fortificada, pescado, luz solar.
E: ninguna cantidad específica recomendada.	Aceite vegetal, cereal en grano completo, legumbres, vegetales frondosos oscuros.
K: 1.5 microgramos de filoquinona/kg/día.	Vegetales frondosos verdes, pequeñas cantidades encontradas en la carne, productos lácteos, cereales y frutas.
C: 60 mg/día.	Cítricos, tomates, vegetales verdes crudos, algunas carnes.
Tiamina/ Vit. B ₁ : 0.4 mg/1000 kcal.	Carne, aves de corral, legumbres, pan de granos completos, leche, huevos.
Riboflavina/ Vit. B ₂ : 0.5 mg/1000 kcal.	Carne, aves de corral, pescado, productos lácteos, huevos, cereal de grano completo, vegetales frondosos verde oscuro.

continúa...

Tabla 7.1 *Continuación...*

Nutrientes y sus cantidades recomendadas	Fuentes comunes de alimentos
Niacina: 2 mg/1000 kcal.	Carne, aves de corral, pescado vegetales frondosos verde oscuro, cereal de grano completo.
B ₆ : 15 microgramos/gramo de proteína.	Carne, cereal de grano completo, legumbres.
B ₁₂ : ninguna cantidad específica recomendada.	Carne, pescado, huevos, productos lácteos.
Folato: ninguna cantidad específica recomendada.	Vegetales frondosos verde oscuro, carne pescado, aves de corral, huevos, cereales de grano completo.
Biotina: ninguna cantidad específica recomendada.	Ubicua.
Ácido pantoténico: ninguna cantidad específica recomendada.	Ubicuo.
Minerales: (no son proporcionadas cantidades generales recomendadas)	
Calcio	Productos lácteos, vegetales verde oscuro, alimentos del mar.
Fósforo	Productos lácteos, carne, aves de corral, pescado, legumbres, cereal de grano completo.
Magnesio	Ubicuo.
Hierro	Carne, pescado, aves de corral, huevos, cereal de grano completo, vegetales verdes, frutas secas.
Yodo	Mariscos, pescado de agua salada, sal iodizada.
Cinc	Proteína de planta y animal.
Cobre	Ubicuo.
Flúor	Agua fluorada, alimentos del mar
Manganeso	Ubicuo.
Selenio	Cereales de grano completo, carne, productos lácteos, aves de corral, quesos, legumbres y nueces.
Elementos traza: molibdeno, sílice, boro, níquel, vanadio, arsénico	Variedad de vegetales o alimentos del mar.

Fuente: HWC, 1990

radicalmente del modelo de América del Norte, que aunque monótona proporciona todo lo que una persona requiere. Aparte de las influencias culturales sobre la composición dietética, factores como disponibilidad, sabor, olor, apariencia, costo y conveniencia son importantes determinantes de la selección de alimentos.

Cuadro 7.1
Dieta de los Inuit

Los Inuit son personas indígenas que viven en la América del Norte septentrional. Su dieta tradicional está comprendida fundamentalmente de animales marinos (foca, morsa, ballena, oso polar), el caribú y el pescado marino con moras ocasionales y mariscos. Esta dieta es rica en proteínas y también tiene grandes cantidades de lípidos poli-insaturados (provenientes del fitoplancton consumido por el pescado). Tiene muy bajos niveles de carbohidratos, y niveles relativamente altos de grasas totales, excediendo las cantidades recomendadas. A pesar de estos problemas y la variedad limitada en su dieta, los Inuit tradicionalmente han gozado de buena salud. Un examen de la composición de su dieta marina ha indicado que estos animales son extremadamente ricos en fuentes alimenticias suministrando todas las vitaminas y minerales necesarios que normalmente pudieran ser encontradas sólo combinando una amplia variedad de frutas y vegetales. Gradualmente nos damos cuenta que los alimentos nativos pueden con frecuencia suministrar todas y la mayoría de las necesidades nutricionales humanas sin suplementación.

7.1.3 IMPACTOS A LA SALUD POR DEFICIENCIAS NUTRICIONALES

Después de la segunda guerra mundial, la malnutrición fue reconocida como un serio problema de salud en todas las áreas de los países en desarrollo. Simultáneamente, fue reconocido que las enfermedades transmisibles eran una causa mayor de muerte y enfermedad y que las deficiencias nutricionales debilitaban la resistencia del organismo a estas enfermedades. El Panel de la OMS sobre alimentación y la agricultura identificó un número de deficiencias nutricionales específicas que permanecen con amplia difusión hasta hoy, muchas de las cuales son resultado directo del ambiente local.

a) Desórdenes por deficiencia de yodo

Las afecciones por deficiencia de yodo constituyen un severo problema de salud en muchas partes del mundo. Los Andes, los Alpes, los Grandes Lagos de América del Norte y el Himalaya son particularmente deficientes, aunque algunas áreas costeras y llanuras pueden ser también deficientes. La ingesta excesiva

va de sustancias denominadas bociógenas, las que interfieren el ingreso y el metabolismo del yodo presente en otros alimentos, pueden causar aumento de tamaño de la glándula tiroides (bocio endémico), por ejemplo la yuca en África Central. Los efectos clínicamente obvios de deficiencias de yodo son el hipotiroidismo, e incluso el cretinismo, sin embargo deficiencias ligeras en yodo pueden ocasionar problemas menos obvios, tales como retraso en el desarrollo mental, inteligencia reducida y capacidad de trabajo disminuida. Una forma de suplementar la ingesta de yodo en la población es mediante su adición a la sal común (sal yodada).

b) Deficiencia en vitamina A

La deficiencia severa de vitamina A conduce a la xeroftalmia, e incluso a la ceguera. Deficiencias menos severas producen ceguera nocturna. También disminuye la resistencia a las infecciones, incrementando la morbilidad y mortalidad por enfermedades infecciosas. El análisis de varios alimentos ha mostrado que la disponibilidad de vitamina A es insuficiente y está exacerbada por una dieta baja en vegetales en muchas regiones. En Asia, hay un problema particular debido a que la población excede la disponibilidad total de vitamina A. El deseo de dietas bajas en grasas para la prevención de enfermedades cardiovasculares ha llegado a ser de amplia difusión. Sin embargo, si la entrada de grasas es también baja, interferirá con la absorción de vitamina A. En contraste, un suplemento dietario excesivo con vitamina A, particularmente durante el embarazo, puede también causar efectos adversos a la salud (ver Cuadro 7.2).

c) Deficiencia de hierro

La anemia es un problema persistente y de amplia difusión. La mayoría de la anemia por deficiencia de hierro en países desarrollados es el resultado de pérdidas de hierro en el organismo debido a sangrado interno. En las mujeres los riesgos son mucho mayores porque ellas pierden hierro debido al sangrado durante los ciclos de menstruación normal. Sin embargo, en algunas partes del mundo la entrada de hierro es también deficiente y no pueden reemplazar el hierro en las mujeres o suministrar suficiente hierro para cubrir las necesidades crecientes y el almacenaje en los niños. África y Asia meridional tienen niveles particularmente altos de anemia por deficiencia en hierro debido a la combinación de la ingestión baja y la absorción pobre. La disponibilidad de hierro absorbible en la dieta está afectada tanto por la forma química del hierro como por la naturaleza de los alimentos ingeridos. Un tipo de hierro que es encontrado sólo en fuentes animales es fácilmente disponible de estas fuentes y no está influenciado por otros componentes de la dieta. La absorción del otro tipo de hierro está fuertemente influenciada por la presencia de otros factores en el alimento. Se conoce que el ácido ascórbico (vitamina C) y los alimentos de origen animal

Cuadro 7.2

Vitaminas y salud

Tradicionalmente, los riesgos a la salud relacionados a las vitaminas están asociados con deficiencias. Sin embargo, la relación entre salud y la ingestión de vitaminas muestra un rango óptimo. La entrada excesiva de vitaminas por la dieta o como resultado de un suplemento excesivo puede resultar en efectos tóxicos. El margen entre necesidad fisiológica y dosis tóxica es diferente para dos grupos distintos de vitaminas: vitaminas lipofílicas (A,D,E y K) y vitaminas hidrofílicas (vitaminas B y C, biotina, niacina, ácido pantoténico y folato). Para las vitaminas lipofílicas este margen puede ser relativamente estrecho comparado con aquel de las vitaminas solubles en agua. Mientras que la deficiencia en vitamina A puede causar xeroftalmia o ceguera nocturna, las dosis altas pueden ocasionar algunos otros efectos sobre la salud, incluyendo dolor de cabeza, vómitos, daño hepático y anomalías en la calcificación ósea. En la figura 7.1 son indicados ambos efectos a la salud tanto por deficiencia como por dosis altas de vitamina A. Además, una alta incidencia de abortos espontáneos y defectos en el nacimiento se han observado en fetos de mujeres recibiendo dosis terapéutica de 500 a 1500 μg de ácido 13-cis retinóico por kg de peso corporal. Aunque no es probable que el contenido natural de la dieta usualmente induzca efectos tóxicos, es de importancia creciente regular el aporte normal de vitaminas debido a la tendencia al suplemento vitamínico y al uso de vitaminas como antioxidantes naturales en el procesamiento de alimentos. Esto es más relevante para las vitaminas lipofílicas A y D, ya que pueden acumularse en el organismo durante largos periodos por su consumo excesivo y prolongado.

promueven la absorción del hierro. Cuando uno u otro de estos constituyentes está ausente, una dieta basada en cereales y leguminosas puede suministrar un insuficiente nivel de hierro disponible, aún cuando los alimentos de origen vegetal sean por sí mismos ricos en hierro. La ingesta de hierro en la dieta y el bajo almacenamiento del hierro en el organismo interactúan con la absorción del plomo y el cadmio. Deficiencias en hierro pueden contribuir de esta forma a la absorción incrementada de plomo y cadmio.

d) Deficiencia de calcio

La importancia de la deficiencia en calcio como causa de osteoporosis ha sido acentuada muchas veces. Osteoporosis literalmente significa "huesos con poros" y puede ser definido como un desorden del metabolismo óseo donde la masa ósea ha sido reducida en tal magnitud que la persona posee un incremento del riesgo de fracturas. Una escasez de calcio y probablemente de proteínas durante la etapa de crecimiento puede contribuir al desarrollo de osteoporosis

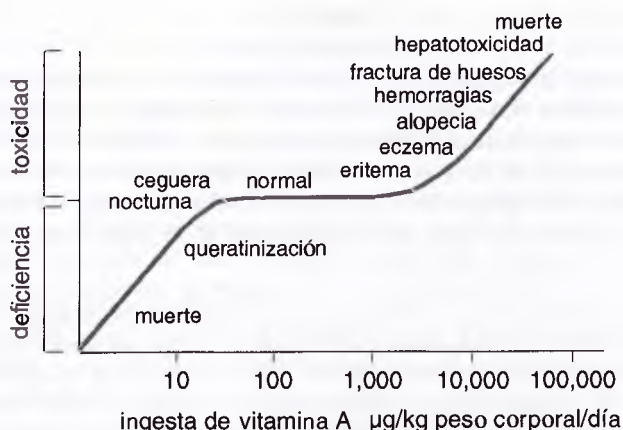


Figura 7.1. Síntomas clínicos por deficiencia y exceso de vitamina A
(Fuente: International Vitamin A Consultive Group, Nutrition Foundation, 1980).

más tarde en la vida. En general, la etiología de la osteoporosis está relacionada con la disfunción de las funciones del sistema endocrino (hormonal) involucradas en la regulación y mantenimiento de la masa ósea, así como de la concentración del calcio extracelular. La osteoporosis post-menopáusica es epidemiológicamente la forma más importante de esta enfermedad. A la edad de 65 años, el 25% de todas las mujeres tienen algún signo de osteoporosis; a la edad de 85 esta cantidad sube al 50%. Aparte de las dietas deficientes en calcio, los principales factores involucrados en la pérdida de calcio en los huesos son los trastornos endocrinos, el uso de corticosteroides, la función gastrointestinal y la falta de carga física del esqueleto. El cadmio y el calcio interactúan de tal forma que una ingesta alta de cadmio reduce la absorción de calcio e incrementa el riesgo de osteoporosis y una ingesta baja de calcio incrementa los efectos del envenenamiento de cadmio sobre los huesos.

e) Otras deficiencias

Hay otras deficiencias nutricionales que son de amplia difusión en algunas áreas del mundo. Las deficiencias en flúor pueden conducir a caries dentales. El raquitismo es atribuible a una combinación de exposición insuficiente a la luz solar y carencia de vitamina D en la dieta. La deficiencia en el ácido ascórbico aún ocurre en algunas áreas afectadas con sequía, particularmente en África. La deficiencia en vitamina B₁₂ puede causar anemia y hasta desórdenes

neurológicos; esto puede ocurrir en personas que consumen dietas vegetarianas que no contienen alimentos de origen animal.

7.2 Enfermedades transmitidas por los alimentos y envenenamiento alimentario

7.2.1 GENERALIDADES

Mientras que la malnutrición continúa siendo un problema de salud penetrante en el mundo, las enfermedades transmitidas por los alimentos son un problema de salud pública igualmente preocupante. Las estadísticas con frecuencia subestiman el número de casos de enfermedades transmitidas por los alimentos porque ninguna persona afectada visita al médico y los médicos no pueden reportar todos los casos a las autoridades de salud pública. Algunos de los casos de enfermedades transmitidas por los alimentos no pueden ser documentadas porque no son reconocidas como tales. En los países desarrollados hasta el 60% de los casos pueden ser causados por técnicas de pobre manipulación y por alimentos contaminados servidos en establecimientos de servicios de alimentos. Problemas similares existen en el mundo en desarrollo.

Una distinción puede ser hecha entre seguridad química de los alimentos y la seguridad microbiológica de los mismos. Básicamente, el alimento es una mezcla de sustancias químicas, incluyendo nutrientes, toxinas naturales, contaminantes y aditivos. Los nutrientes constituyen el 99.9% de los alimentos. Aunque algunos de estos nutrientes también pueden causar efectos adversos a la salud en dietas desbalanceadas, estos efectos no serán discutidos en más detalle en este capítulo. Los contaminantes biológicos, aditivos, sustancias químicas y radiaciones serán el foco aquí.

Las toxinas transmitidas por los alimentos pueden originarse de dos fuentes: o son constituyentes naturales en los alimentos o son producidas por los microorganismos presentes en o sobre los alimentos. En el curso de la evolución, a través de juicio y error, los humanos han aprendido a seleccionar los alimentos que no causan efectos agudos adversos a la salud. Sin embargo, la presencia de toxinas de origen microbiano no es siempre fácil de reconocer. Las enfermedades que se relacionan al consumo de alimentos que son contaminados en esta forma son referidos como *intoxicaciones alimentarias*. Estas enfermedades requieren de crecimiento bacteriano en el alimento y no en el individuo. Si la toxina producida es resistente al calor, la preparación del alimento no afectará los riesgos a la salud involucrados.

Las toxinas naturales no son agudamente tóxicas, excepto en algunos casos de animales. Un ejemplo clásico es el efecto neurotóxico de la *tetrodoxina*, un

compuesto encontrado en el pez soplador (una golosina japonesa). La tetrodoxina bloquea el transporte del sodio en las neuronas, resultando en severos signos de parálisis. La transmisión de la toxina a las partes consumidas del pescado puede ser evitada por limpieza experta de las vísceras del pescado, pero de cualquier forma se reportan accidentes cada año. Las toxinas naturales incluyen venenos producidos por los animales para la defensa y captura de la presa. Muchas plantas producen toxinas naturales en abundancia para su protección o para la cura y defensa después de sufrir una lesión, y algunos de estos productos naturales son altamente tóxicos, varios de ellos imitan hormonas estrogénicas y otros son carcinógenos. El premio Nobel en Bioquímica Dr. Bruce Ames, estima que el consumo humano diario de estas toxinas naturales de plantas puede exceder la ingesta de sustancias químicas sintéticas o industriales en casi todas las sociedades. Otras toxinas naturales se presentan cuando las plantas son contaminadas con hongos que producen toxinas naturales, tales como el maní (nueces de la tierra) el cual siempre contiene pequeñas cantidades de aflatoxina producida por hongos. Sin embargo, el papel de estas toxinas naturales como causas de enfermedad y específicamente cáncer es muy controversial. El Dr. Ames ha sugerido que el riesgo de cáncer ocasionado por consumo de toxinas naturales es mucho mayor que el riesgo asociado a la exposición a contaminantes en el ambiente pero la mayoría de los científicos en este campo no están convencidos.

En contraste con las intoxicaciones alimentarias, *las infecciones transmitidas por los alimentos* dependen de la transferencia de microorganismos viables a un individuo y la subsecuente distribución y multiplicación dentro del cuerpo humano (proceso de infección). Los aditivos alimentarios son sustancias añadidas intencionalmente a los alimentos con una finalidad no nutricional, por ejemplo, para mejorar su apariencia, textura, sabor, prevenir su deterioro o la contaminación microbiana (tales como colorantes, saborizantes, edulcorantes, acidificantes, o conservadores antimicrobianos como los nitritos.) Tanto el riesgo de intoxicación alimentaria como de infección transmitida por alimentos se reduce considerablemente por el uso de *aditivos* dirigidos a la prevención del deterioro de origen microbiano. Sin embargo, tal deterioro puede ser evitado por el almacenamiento de los alimentos a bajas temperaturas (refrigeración), la propia preparación de los alimentos y la reducción del tiempo de almacenamiento. Aunque el uso de aditivos alimentarios está estrictamente regulado y sus efectos sobre los humanos pueden generalmente ser considerados beneficiosos, efectos sobre la salud, tales como la *hipersensibilidad*, se han atribuido a estas sustancias químicas. Además de lo anterior, ha surgido la pregunta acerca de la necesidad real del uso de estas sustancias.

La contaminación de los alimentos puede ocurrir por el uso, para irrigación, de aguas residuales o de desechos tratadas impropiaemente. Las sustancias químicas potencialmente tóxicas, por ejemplo aquellas utilizadas en la agricultura, pueden contaminar y tener de este modo su vía de acceso al organismo a través de los productos alimenticios, así como los insecticidas al ser utilizados en el hogar. Estos contaminantes ambientales tanto de origen biológico como químico serán discutidos con más detalle abajo. En adición, los contaminantes físicos (p. ej.: cristal, pedazos de metal) deben ser considerados, ya que pueden ser introducidos inadvertidamente durante el procesamiento del alimento.

En resumen, las toxinas naturales dañinas pueden estar presentes en los alimentos, en tanto que los metales y compuestos tóxicos pueden encontrar su vía de acceso a través de los utensilios, de los contenedores de los alimentos, de los alimentos mismos o de las superficies de trabajo. El almacenamiento inadecuado, particularmente la permanencia a temperaturas inseguras, permite el crecimiento bacteriano. Muchas de las enfermedades transmitidas por los alimentos que serán discutidas en esta sección son un resultado indirecto de la contaminación por agentes patógenos presentes en el sistema comunitario de abasto de agua. Se deben hacer algunas consideraciones sobre las enfermedades transmitidas por los alimentos, particularmente aquellas de naturaleza microbiológica, concurrentemente con una consideración sobre las enfermedades transmitidas por el agua.

7.2.2 CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

Los riesgos biológicos de interés a la salud pública incluyen cepas patógenicas de bacterias, virus, parásitos, helmintos, protozoos, algas y ciertos productos tóxicos que ellos pueden producir (WHO, 1992b). Estos también incluyen un fenómeno que sólo recientemente ha ganado atención significativa—la presencia de priones (agentes biológicos que no han sido aún completamente comprendidos los cuales pueden ser capaces de transmitir serias enfermedades entre especies). Las siguientes tres categorías resumen el interés acerca de los contaminantes biológicos.

1. Contaminantes bacterianos

Los agentes biológicos pueden actuar a través de dos mecanismos generales para causar enfermedades en los humanos. Un modo de acción es producir toxinas que pueden causar efectos que varían desde síntomas leves de corta duración hasta intoxicaciones severas que pueden amenazar la vida o inducir consecuencias a largo plazo para la salud. Estas toxinas son enzimas complejas que pueden destruir proteínas y tejidos. El segundo modo de acción es producir

respuestas patológicas que resultan de la ingestión de *organismos viables* capaces de infectar al huésped. Generalmente, para que ocurran las enfermedades transmitidas por los alimentos, alguno de los eventos siguientes debe ocurrir:

- las bacterias que estaban presentes inicialmente en la fuente del alimento previamente a su elaboración sobreviven el proceso de producción del alimento (incluyendo cosecha, almacenaje) y fases del procesamiento;
- las bacterias entran al área de preparación del alimento o en la fuente del alimento o por el manipulador del alimento y contaminarán otros alimentos que están listos para comer; o
- las bacterias en los alimentos deben multiplicarse y estar presentes en cantidades suficientes cuando son consumidos, o producir toxinas en cantidades suficientes para causar la enfermedad.
- las bacterias producen una toxina cuando se multiplican y un nivel suficiente de la toxina está presente.

En caso de que las enfermedades transmitidas por los alimentos sean inducidas por toxinas bacterianas, los niveles umbral de interés son mucho más fáciles de establecer que cuando son el resultado de infecciones. En el primer caso, los datos dosis-respuesta pueden ser obtenidos y los riesgos a la salud pueden ser estimados siguiendo el paradigma de estimación de riesgo cuantitativo propuesto para sustancias químicas. Sin embargo, para caracterizar los riesgos de cepas invasivas de bacterias patógenas, los datos dosis-respuesta son limitados o no existentes. La información sobre la cual basar los estimados dosis respuesta es difícil de obtener y puede también ser inexacta por un número de razones incluyendo:

- la susceptibilidad del huésped a bacterias patógenas es altamente variable (ejemplo: niños, ancianos o personas desnutridas son más susceptibles a las enfermedades transmitidas por los alimentos que los adultos sanos);
- la tasa de ataque de un patógeno específico varía ampliamente;
- la virulencia de especies patógenas es altamente variable;
- la patogenicidad está sujeta a la variación resultante de mutaciones frecuentes;
- el antagonismo de otras bacterias en alimentos o el sistema digestivo puede influenciar en la patogenicidad; y
- la composición del alimento modulará la capacidad de la bacteria para infectar y/o afectar al huésped de otra manera.

Por lo tanto, cuando se estiman los riesgos para la salud impuestos por bacterias patógenas, la estimación solamente cualitativa del riesgo puede ser el único método factible. El Cuadro 7.3 describe algunas enfermedades bacterianas y sus síntomas.

Cuadro 7.3

Bacterias que causan enfermedades transmitidas por los alimentos

Salmonelas. Las bacterias pueden alcanzar el alimento directamente o indirectamente a través de canales tales como la excreta de animales, excretas humanas o agua contaminada por residuales. Los síntomas incluyen diarrea, dolor abdominal, vómitos y fiebre. En años recientes ha sido la contaminación de aves de corral la mayor fuente de salmonelosis. Otros alimentos incriminados incluyen productos lácteos, mariscos y vegetales.

Estafilococos. Las enfermedades transmitidas por los alimentos debidas a estafilococos dependen de la presencia de toxinas suficientes en los alimentos. Los síntomas incluyen náuseas, vómitos, dolor abdominal, postración, deshidratación y temperatura subnormal. Los alimentos incriminados incluyen jamón, aves de corral, ensaladas de huevos, productos agrícolas y queso.

Pregunta de estudio

Indicar, para la bacterias en el Cuadro 7.3, si las condiciones descritas pudieran ser clasificadas como intoxicaciones alimentarias o infecciones transmitidas por los alimentos.

Ciertas enfermedades bacterianas son altamente transmisibles, entre éstas el cólera (descrita extensamente en el capítulo 6). La fiebre tifoidea es otra y está caracterizada por fiebre, dolor de cabeza, tos, crecimiento del bazo y manchas coloreadas en rosado sobre el tronco. Hay un mayor riesgo para la fiebre tifoidea en áreas donde hay sanidad general pobre y ninguna purificación del agua. La *shigelosis* es una enfermedad bacteriana aguda marcada por diarrea, fiebre, náuseas y cólicos abdominales. Los humanos son el reservorio de la infección y la enfermedad es usualmente pasada por transmisión oral-fecal.

2. Contaminantes parasitarios y virales

Las enfermedades virales transmitidas por los alimentos se cree que son más prevalentes de lo que se documentan. Aun si un examen microbiológico del alimento y del agua no revela un alto número de bacterias, el alimento puede contener virus patogénicos. Entre las enfermedades virales más notables transmitidas por los alimentos está la hepatitis A. La evidencia epidemiológica muestra que el virus de la hepatitis A es difundido principalmente a través de los alimentos. Sin embargo, debido a que el período de incubación es bastante largo (usualmente de 28 a 30 días), los brotes son difíciles de investigar. Los síntomas incluyen fiebre, malestar, náuseas y molestia abdominal seguido de ictericia. Los ma-

riscos de áreas contaminadas, el agua, frutas y vegetales contaminados por heces y varios tipos de ensaladas preparadas bajo condiciones no higiénicas han sido involucrados en los brotes.

Las infecciones parasitarias de los alimentos son difíciles de investigar, se conoce poco acerca de la dosis infectante requerida o el mecanismo exacto de transferencia de un individuo a otro. La contaminación puede ocurrir al manipular el alimento con las manos contaminadas o directamente del agua contaminada. Los problemas aparecen frecuentemente en muchas partes del mundo donde la carne y el pescado son comidos crudos o con cocción insuficiente y donde las personas beben agua sin tratar o la utilizan en la preparación de los alimentos. La mejor protección de las enfermedades parasíticas es un suministro de agua seguro y temperaturas de refrigeración y de cocción adecuadas (Jacob, 1989). Dos de las enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos de amplia difusión son la *giardiasis* y la *triquinelosis* (algunas veces llamada triquinosis) (ver Cuadro 7.4).

3. Enfermedades causadas por priones

La encefalopatía esponjiforme bovina (EEB o *enfermedad de las vacas locas*) atrajo la atención de la comunidad científica por primera vez en noviembre de 1986 con la aparición en el Reino Unido de una nueva forma reconocida de enfermedad neurológica en el ganado vacuno. Entre noviembre de 1986 y mayo de 1995 aproximadamente 150 000 casos de esta nueva enfermedad en el ganado fueron confirmados de aproximadamente 33 500 hatos en el Reino Unido. Estudios epizootiológicos realizados en ese tiempo en el Reino Unido sugirieron que la fuente de la enfermedad era el alimento de ganado preparado a partir de los huesos de cadáveres de los mismos y que los cambios en el proceso de preparación del alimento del ganado, introducidos en 1981 y 1982 podían haber sido un factor de riesgo. Las especulaciones acerca de la causa por la cual la enfermedad se introdujo en la cadena alimenticia del ganado han variado desde considerar una aparición espontánea en el ganado (de cuyos cadáveres entraría en su cadena alimenticia) hasta pensar que llegó proveniente de los cadáveres de ovejas con una enfermedad similar.

La EEB está asociada con un agente transmisible llamado *prión*, palabra que designa a una *partícula infecciosa proteínica* aún no completamente caracterizada. Los priones se multiplican en una forma muy excepcional, por conversión de moléculas de proteína normal a dañinas mediante cambios en su forma. Los priones afectan el cerebro y la médula espinal del ganado, tejidos que desarrollan una apariencia esponjosa visible en un microscopio simple. Es un agente altamente estable, resiste temperaturas de cocción normales y aun temperaturas

Cuadro 7.4

Infecciones parasitarias transmitidas por los alimentos
Giardiasis y triquinosis

La *giardiasis* está caracterizada generalmente por flatulencia, eructación, náuseas, vómitos, fatiga y cólicos abdominales y es causada por los quistes de giardia que penetran en las paredes intestinales. La giardia es con frecuencia difundida por las heces que entran al agua, la cual es más tarde utilizada para el lavado de los alimentos. También puede haber transferencia de las manos a la boca (ver Figura 7.2). La enfermedad ocurre con mayor frecuencia en las áreas donde hay una pobre sanidad y carencia de agua potable. La principal medida preventiva es la disposición sanitaria de las heces y la protección de los suministros públicos de agua.

La *triquinelosis* está caracterizada por fiebre, hemorragia retinal, diarrea, inflamación muscular y dolor, lesiones en piel y postración. Es causada por la migración a través del cuerpo del helminto (gusano) *Trichinella spiralis*. En el intestino delgado, la larva se desarrolla en adultos maduros y se aparea. Los gusanos hembra producen larvas que penetran la pared intestinal y entran al torrente sanguíneo. Las larvas se enquistan ellas mismas en el músculo esquelético. La infección ocurre a través del consumo de carne cruda o de baja cocción, particularmente el puerco (ver Figura 7.2). Las medidas preventivas son la inspección de la carne en los mataderos y la adecuada cocción del cerdo.

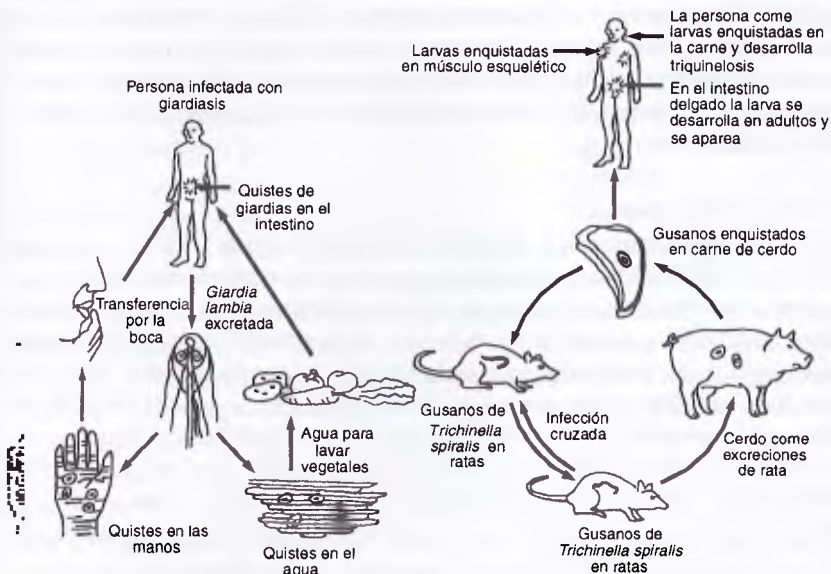


Figura 7.2 Modo de transmisión de giardiasis y triquinosis. (Reimpresión de Jacob, 1989.)

superiores, como aquellas utilizadas para la esterilización, congelación y secado. La enfermedad es fatal para el ganado en un período de semanas a meses de su comienzo.

La EEB es una de varias formas diferentes de enfermedades del cerebro transmisibles a los animales. Las formas humanas de encefalopatías espongiiformes también existen. La enfermedad mejor conocida es la *Enfermedad de Creutzfeldt-Jakob* (ECJ), asociada con una predisposición hereditaria (aproximadamente el 10% de los casos), y a una forma esporádica más común que explica el 90% restante. Otra forma, kuru, fue identificada en Papua, Nueva Guinea y parece ser transmitida por manipulación de cuerpos y cerebros de muertos en rituales humanos. Los síntomas de las enfermedades causadas por priones en los humanos son demencia en combinación con, o seguida por pérdida de coordinación motora.

Una de las conclusiones en un panel reciente de la Organización Mundial de la Salud (1996) fue que el riesgo de transmisión de la EEB a los humanos pudiera ser minimizado si ciertas medidas fueran emprendidas en el Reino Unido. Éstas incluyen la alimentación del ganado y al tratamiento y disposición de los desperdicios en las granjas, carnicerías y niveles de procesamiento de carnes, así como medidas de precaución para el consumo humano. La reunión también recomendó que la OMS fomentara investigaciones sobre la EEB y sus posibles implicaciones para la salud pública y que esta organización continúe proporcionando guías de procedimientos médicos a los países para minimizar el riesgo de transmisión de las EEB y de transmisión de enfermedades humanas tales como la ECJ (WHO, 1996).

7.2.3 CONTAMINANTES QUÍMICOS

Las fuentes de contaminantes químicos son muchas (Figura 7.3). Los escapes de los vehículos y las emisiones son una causa común de contaminación del aire y los elementos dañinos transmitidos por el aire pueden ser depositados y absorbidos por los cultivos. Las actividades mineras e industriales que producen desechos venenosos pueden contaminar a las plantas e igualmente al suelo. Debido a la interrelación compleja entre aire, agua, tierra y plantas, la contaminación de algunos de esos elementos a partir de, por ejemplo un derrame químico o un accidente nuclear tendrá implicaciones serias para los otros. Los contaminantes son con frecuencia encontrados en los animales, particularmente como resultado de métodos agrícolas. Las drogas utilizadas para prevenir enfermedades y promover el crecimiento en estos animales tienen que ser cuidadosamente reguladas para asegurar que los niveles en la carne sean seguros para el consumo humano.



Figura 7.3 Fuentes de contaminantes químicos seleccionados para los alimentos.
(Reimpresión de UNEP/GEMS, 1992)

La contaminación también puede ocurrir durante el almacenamiento del alimento. Los revestimientos conteniendo bifenilos policlorados PCB (siglas en inglés) han sido usados en los silos y han resultado en altos niveles de PCB en **leche**. El procesamiento del alimento permite otro período potencial para la contaminación química. En algunas plantas procesadoras se han presentado ejemplos de cambiadores de calor, transformadores y capacitores conteniendo líquidos con PCB que al derramarse contaminaron los alimentos. Tanto los utensilios domésticos como comerciales para cocinar han sido detectados como fuentes de plomo y cadmio en alimentos. La soldadura de plomo en latas de alimentos es la mayor fuente de plomo en alimentos enlatados (GEMS/UNEP, 1992).

El Programa de Monitoreo de la Contaminación de Alimentos de la GEMS fue establecido en 1976 para monitorear y reportar los niveles y tendencias mundiales de contaminantes de alimentos. Hasta el presente, 39 países proporcionan datos de programas nacionales de monitoreo de alimentos; la selección de los alimentos y contaminantes que son monitoreados varía de país a país. De 1971 a 1988, 19 contaminantes fueron monitoreados por el programa. Los contaminantes químicos que causaron el mayor interés desde 1980 a 1988 y los resultados del programa GEMS/UNEP son descritos debajo. (Los plaguicidas fueron incluidos en el programa de monitoreo y serán discutidos en la sección 7.6).

a) Bifenilos policlorados

Los PCB son fluidos que fueron ampliamente utilizados en transformadores eléctricos, fluidos cambiadores de calor y sistemas hidráulicos. Ellos tienen otros usos industriales y fueron por ejemplo, adicionados a pinturas, papeles de copia, adhesivos y plásticos para proporcionar su flexibilidad. La producción comercial de los PCB comenzó en los años 30 pero ha sido drásticamente restringida en algunos países desde 1970 cuando fueron determinados sus efectos tóxicos. La contaminación del aceite comestible con PCB condujo al envenenamiento a gran escala en Japón en 1968 y Taiwan en 1979. Los PCB son conocidos como supresores del sistema inmune e inducen efectos neurotóxicos y desórdenes en el desarrollo. Además los estudios sobre exposición a PCB en los lugares de trabajo sugieren que ellos pueden presentar también un riesgo carcinogénico a los humanos. No han sido establecidos internacionalmente niveles de entrada tolerable para los PCB, sin embargo, algunos países han redactado límites nacionales para productos alimenticios. Los PCB son raramente detectados en vegetales, aceites vegetales, frutas, huevos o cereales, aunque ha habido reportes de altos niveles en algunos cereales para el desayuno como resultado de la contaminación por empaquetado de los materiales. Generalmente, de todos los tipos de alimentos monitoreados, el pescado contiene los más altos niveles de PCB. Como un resultado, las dietas que abarcan altos niveles de consumo de pescado pueden dar lugar a una alta ingesta de PCB. Esto puede ser visto en la figura 7.4, la cual muestra las diferencias entre el promedio de ingesta dietaria de PCB en los Estados Unidos y en Japón donde se consumen grandes cantidades de pescado.

b) Plomo

El plomo produce una serie de efectos sobre los tejidos formadores de sangre, los sistemas digestivo y nervioso y los riñones (también ver Capítulo 2). El plomo está presente de forma natural en el suelo y es regularmente introducido al ambiente por la industria y a través de gases de escape de gasolina con plomo usado en los vehículos. El plomo es encontrado en las baterías, soldadura, tintes e insecticidas y puede ser transferido a los alimentos o directamente a través del contacto personal e indirectamente a través de la contaminación ambiental. El plomo puede estar presente en el agua potable donde las tuberías de agua sean utilizadas para instalaciones sanitarias domésticas o donde la soldadura basada en plomo sea utilizada en las tuberías de cobre. También puede ser encontrado en el esmalte usado para utensilios de cocina, en los vidriados usados para los cacharros y en la soldadura usada para los envases conteniendo alimentos o agua.

El pescado y los mariscos generalmente muestran una concentración más

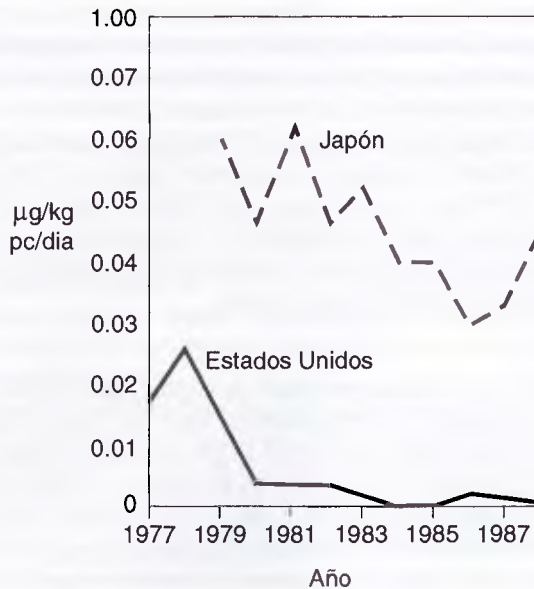


Figura 7.4 Promedio de ingesta diaria de PCB en adultos en los EUA y Japón.
(Reimpresión de UNEP/GEMS, 1992.)

alta de plomo que otros comestibles; sin embargo en regiones donde hay industrias y minerías extensas, los vegetales muestran concentraciones significativamente altas. Los vegetales, los granos y las frutas expuestas a escapes de vehículos pesados o emisiones industriales también contienen concentraciones de plomo superiores a las normales.

Ya que el plomo se acumula en los huesos, los niveles tolerables del consumo son dados como números semanales para dar la entrada sobre una base a largo plazo. Este nivel se conoce como ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) y es expresada como microgramos (μg) de la sustancia química por kilogramo de peso corporal. La ISTP del plomo es $50 \mu\text{g/kg}$ de peso corporal para adultos y $25 \mu\text{g/kg}$ para niños.

c) Cadmio

El cadmio es un veneno acumulativo que afecta los riñones aún a niveles relativamente bajos de exposición. También afecta la función de la placenta, la función del hígado, los testículos y la formación del tejido óseo. En adición, se sospecha que el cadmio es un carcinógeno para los humanos. Las principales

fuentes de cadmio en alimentos son las emisiones industriales y los fertilizantes. Otras fuentes potenciales de cadmio en alimentos son los equipos metálicos cubiertos con cadmio usados en el procesamiento comercial de los alimentos, esmaltes de cocinas, cacharros vidriados y algunos plásticos.

La ISPT establecida para cadmio es de $7 \mu\text{g/kg}$ de peso corporal. Los datos muestran que los niveles promedio fueron más bajos en los productos lácteos, vegetales, frutas, cereales, carne y pescado. Hubo un pronunciado incremento en la concentración de cadmio en moluscos y crustáceos y en riñones animales. Las poblaciones en áreas industriales mostraron concentraciones significativamente superiores de cadmio en sus cuerpos.

d) Mercurio

El mercurio ha sido utilizado por muchos siglos y aún es comúnmente utilizado. Puede ser encontrado en termómetros, baterías, luces fluorescentes y en muchos procesos industriales incluyendo la producción de fungicidas y pinturas. El mercurio tiene efectos tóxicos sobre los animales y las personas. Las mujeres embarazadas, las madres que dan de lactar y los niños son particularmente susceptibles al envenenamiento por mercurio. La forma más tóxica del mercurio es el metilmercurio, el cual causa daño al sistema nervioso central.

La ISPT para el cadmio es de $5 \mu\text{g/kg}$ de peso corporal, de los cuales más de $3.3 \mu\text{g/kg}$ deben ser metilmercurio. El metilmercurio es encontrado con frecuencia en peces porque los efluentes industriales que son descargados en ríos y mares contienen mercurio y éste es convertido por bacterias en metilmercurio (ver Cuadro 7.5). Al área mediterránea le corresponde la mitad de la producción mundial de mercurio y de acuerdo con esto cuando se investigaron los niveles de mercurio en peces de esa área resultaron muy altos.

Otras áreas de descargas de mercurio naturalmente altas son el norte medio del Océano Atlántico y algunos sistemas de ríos en América del Norte. Algunos tributarios del Amazonas han sido contaminados por mercurio debido al uso del metal en la extracción de oro (ver Cuadro 11.5).

7.2.4 CONTAMINANTES RADIOACTIVOS

La radioactividad es un peligro natural que ocurre en nuestro ambiente. La mayor parte de nuestra dosis anual (aproximadamente el 85%) puede ser atribuida a la radiación de fondo. Los radionúclidos pueden también estar presentes en aditivos alimentarios a muy bajos niveles, no teniendo significado para la toxicidad química. Sin embargo, considerados en diferentes perspectivas, los niveles de radioactividad en alimentos pueden ser importantes:

- Sobre la base del concepto de efectos sin umbral, los radionúclidos pueden

Cuadro 7.5

Envenenamiento por mercurio en Minamata, Japón

El envenenamiento con compuestos mercuriales orgánicos resulta en una enfermedad degenerativa cerebral con pérdida del control de los nervios motores. Esta forma de envenenamiento es conocida como Enfermedad de Minamata porque en el pueblo de este nombre, en Japón, ocurrió uno de los peores brotes al inicio de la década de los años 50 y alertó al mundo de los daños de la contaminación química. Muchas personas de este pequeño pueblo de pescadores sufrieron debilitamiento progresivo de los músculos, pérdida de visión y eventual parálisis y coma. Las aves del mar de Minamata y los gatos de la vecindad, los que como los pescadores y sus familias subsistían de los peces, también mostraron signos de la enfermedad. Varios cientos de personas (40% de los afectados) murieron y otros sufrieron daño permanente debido al envenenamiento.

Las concentraciones de metilmercurio fueron descubiertas en peces y mariscos tomados de la bahía local y en 1968 el mercurio fue oficialmente identificado como la causa del envenenamiento. Ya que en el incidente de Minamata el metilmercurio fue liberado al ambiente, ninguna conversión bacteriana del mercurio inorgánico a esta forma más tóxica tuvo lugar. La fuente de mercurio fue atribuido al efluente descargado por una compañía química local.

presentar peligros carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos. Algunos radionúclidos tienen afinidad fuerte por órganos o tejidos específicos resultando en una dosis relativa a tal órgano que puede ser algunas veces superior que la dosis ingerida o absorbida.

- Estas afinidades pueden resultar en la acumulación por un tiempo.
- No hay mecanismo de eliminación o detoxificación para radionúclidos excepto por excreción o degeneración espontánea.
- Como consecuencia, algunos de los radionúclidos pueden persistir por toda la vida.

Los radionúclidos que son de interés en la toxicología de los alimentos son los llamados emisores internos que entran al cuerpo por ingestión. Los emisores internos que ocurren de manera natural y que contribuyen a la dosis radioactiva total en la dieta son potasio-40, radio-226, uranio-228, carbono-14, tritio, rubidio-87, plomo-210 y polonio-210. En adición a esta radioactividad natural, el ambiente (y por lo tanto también el alimento) puede ser contaminado con un número de elementos radiactivos hechos por el hombre. Pequeñas cantidades de estos elementos pueden ser liberados al ambiente por emisión de reactores nucleares a través de sus efluentes (ver abajo). Además, la radioactividad puede venir de

deposición por pruebas nucleares atmosféricas, escapes accidentales en reactores y, eventualmente, la guerra nuclear.

Desde que el primer reactor nuclear fue construido en 1954 en los EUA, muchas otras plantas de energía nuclear han sido construidas por todo el mundo. Aunque en los efluentes de estos reactores se emiten cantidades relativamente pequeñas al ambiente, generalmente se consideran seguros. En contraste, la liberación de productos radiactivos seguido del mal funcionamiento del reactor o explosión es de un interés mucho más grande. Desafortunadamente, tales eventos han ocurrido en algunas ocasiones incluyendo el accidente en el reactor Windscale en el noroeste de Inglaterra (octubre de 1957) y el del reactor de la Isla Tres Millas en Pensilvania en los EUA el 28 de marzo de 1979. Después del accidente de Windscale se encontró yodo-131 en la leche producida en las áreas circundantes. En el área sudeste del reactor de aproximadamente 320 km², las muestras de leche obtenidas después de 5 días contenían más de 0.1 Ci/l. La leche producida en áreas a 16 kms del reactor alcanzó valores tan altos como 1.4 Ci/l comparados con los niveles cerca de 0.06 Ci/l fuera de los 320 kms² (Dunster *et al.*, 1959). No se encontró contaminación en la leche u otros productos alimenticios con otros radionúclidos. Debido a la corta vida media del yodo-131 (8 días) su presencia en los alimentos es significativa sólo unas semanas después del accidente. (Ad hoc Population Dose Assessment Group, 1979.)

En casos tales como un accidente nuclear de la magnitud del de Chernobyl, la contaminación radioactiva puede difundirse por muchos países. Los problemas para la salud pública y la agricultura a una distancia relativamente grande, referida como de campo-lejano, son completamente diferentes de aquellas en la proximidad de la planta de energía nuclear. (Los problemas en el campo-cercano son discutidos en la Sección 9.5). Generalmente, a larga distancia hay deposición relativamente pequeña de radioactividad a menos que el paso de la pluma coincida con la caída de la lluvia. Por lo tanto, la contaminación del suelo y las cosechas puede variar sustancialmente de un sitio a otro. Fuera de estas áreas contaminadas, la exposición en el campo-lejano ocurrirá primariamente de la incorporación de los radionúclidos depositados en la cadena alimentaria humana. Ya que la exposición es indirecta y los niveles relativamente bajos comparados a la exposición directa en el campo-cercano, las autoridades locales tienen que concentrarse sobre el control de alimento más bien que sobre medidas diseñadas a reducir los efectos de dosis altas.

El control de cosechas y productos de origen animal tiene que ser ejercitado por un largo período ya que los radionúclidos depositados sobre la tierra entran muy lentamente a la cadena alimenticia. También se pueden tomar acciones para minimizar la acumulación de radionúclidos en animales o productos de or-

gen animal, utilizando alimentos importados o almacenados en silos desde estaciones previas o por la prevención del consumo de alimentos comestibles contaminados.

7.3 Criterios de calidad de los alimentos

7.3.1 GENERALIDADES

La calidad y seguridad del suministro de alimentos es un tópico de interés continuo al medio y al público en general. La *calidad* en el mundo tiene muchas interpretaciones y significados diferentes. Los consumidores promedio asocian la calidad con las preferencias personales y por lo tanto pueden interpretar subjetivamente el término como indicación de que el alimento les gusta o no, es bueno o es pobre. En adición a estos factores psicológicos, los estímulos sensoriales relacionados con sabor, color, textura, apariencia visual y empaquetado son importantes. También, los nuevos desarrollos en el suministro de alimentos estimulan la discusión acerca de la evidencia científica sobre la seguridad y el uso de medidas de control adecuadas. La calidad del alimento desde un punto de vista más científico incluye un número de aspectos de seguridad tales como la presencia de contaminantes ambientales, residuos de plaguicidas, uso de aditivos alimentarios, contaminación microbiana y calidad nutricional. De este modo, la calidad del alimento es determinada por 4 categorías principales de propiedades cualitativas: 1) aspectos organolépticos (cómo afecta los sentidos), 2) valor nutricional, 3) propiedades funcionales y 4) propiedades higiénicas. Una característica dada de un alimento es con frecuencia relevante para más de una de estas categorías. Por ejemplo, una mayor vida en los estantes es una cualidad importante para el vendedor de alimentos, ya que hace más fácil el manejo de las existencias de mercancía. Es también de interés para el consumidor, porque mantiene los precios bajos y prolonga los períodos de almacenaje en los hogares. Estas ventajas se refieren primariamente a propiedades funcionales, pero también afectan las propiedades higiénicas, un producto con una vida mayor en los estantes puede presentar un riesgo más bajo de enfermedades transmitidas por los alimentos.

7.3.2 VALOR NUTRICIONAL

Se pueden emplear dos tipos de recomendaciones para la ingesta de alimento: las *normas dietarias* y las *guías dietarias*. Las normas dietarias ayudan a contestar la pregunta de cómo un nutriente particular es adecuado para la mayoría de la población (ver Tabla 7.1). En 1943, el Comité de Nutrición y Alimentos del Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos publicó una lista de Raciones Dietarias Recomendadas (RDA por sus siglas en inglés). Estas

RDA representaron las cantidades de nutrientes que se recomendaban para satisfacer las necesidades fisiológicas de la mayoría de las personas saludables en Estados Unidos. De esta forma, las RDA representan niveles seguros y adecuados de ingesta de nutrientes pero ni son requerimientos mínimos ni son niveles óptimos. En la actualidad, las RDA se han establecido por comités de científicos en muchos países, pero ninguna de éstas puede ser aplicada globalmente debido a diferencias en la dieta y la cultura en los distintos países. El establecimiento de las RDA no es una tarea fácil, debido simplemente a la carencia de conocimientos. Por lo tanto, diferentes comités pueden alcanzar diferentes conclusiones, resultando en variaciones en las RDA. Este tipo de normas son utilizadas para:

- diseño de programas de educación nutricional;
- planes de suministros de alimentos a subgrupos en la población;
- establecimiento de guías para el etiquetado nutricional de los alimentos;
- desarrollo de nuevos productos en la industria alimenticia;
- evaluación de la adecuación de suministros de alimentos para encontrar las necesidades nutricionales nacionales.

Las guías dietarias son recomendaciones para una dieta óptimamente balanceada dirigida a la reducción de enfermedades crónicas por cambios de los patrones dietarios. Estas guías dietarias están basadas en estudios epidemiológicos que intentaron identificar patrones dietarios asociados con una incidencia alta o baja de enfermedades. Las hipótesis generadas por tales estudios pueden subsecuentemente ser probadas en estudios con animales. Sin embargo, hasta la fecha, las guías dietéticas no han sido muy exitosas en la modificación o la selección del alimento por los consumidores o en la composición del alimento suministrado por la industria.

7.3.3 SEGURIDAD ALIMENTARIA

En términos prácticos, el alimento seguro puede ser definido como aquel que después de ser consumido no causa efectos adversos a la salud. Sin embargo, está claro que la seguridad absoluta es una meta inalcanzable y debe, por lo tanto, ser definida en términos relativos de manera que el riesgo a la salud asociado con el consumo de alimento esté limitado a un nivel aceptable. Los riesgos deben también ser comparados contra las necesidades de consumo o contra una escala de alimentos que suministre nutrientes suficientes para la supervivencia y buena salud. Cuando se discute la seguridad toxicológica de los alimentos es necesario discriminar entre los diferentes tipos de riesgos toxicológicos. Las toxinas naturales, los contaminantes inadvertidos, los componentes adicionados intencionalmente (aditivos) y los nuevos alimentos pueden tener diferentes tipos de riesgos.

a) Normas de seguridad para toxinas naturales y contaminantes de alimentos

Las toxinas naturales y los contaminantes son indeseables y no están presentes de manera intencional en los alimentos. Estos constituyentes alimenticios forman un largo y muy diverso grupo de sustancias químicas, algunas de las cuales han sido ya discutidas en las secciones anteriores. De nuevo, el establecimiento de ingestas aceptables está basado en el perfil toxicológico del componente en cuestión en una forma similar a la descrita para los aditivos alimentarios. En el caso de los contaminantes de los alimentos, usualmente los términos ingesta diaria tolerable (IDT) o ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) son usados para reflejar los niveles permisibles en alimentos para mantener un suministro variado y seguro (ver ejemplos en la Sección 7.3.2). En caso de carcinógenos genotóxicos, la exposición humana debe ser reducida al nivel más bajo prácticamente posible.

b) Estimación de la seguridad de aditivos y nuevos componentes alimenticios

Cuando se produce un nuevo alimento es necesario tener información detallada acerca del contenido de sus nutrientes, los que deben ser indicados en el empaque. Sobre la base de la etiqueta los consumidores pueden hacer una selección deliberada para el balance nutricional de sus dietas. Si un alimento es producido por un nuevo proceso o una nueva variedad es producida por crianza selectiva, el análisis del perfil de nutrientes tendrá que indicar en qué grado el nuevo alimento es equivalente al producto tradicional.

Los nuevos alimentos también pueden contener toxinas naturales y contaminantes y su posible presencia tendrá que ser considerada. En el caso de que sean detectadas nuevas toxinas o contaminantes será necesario estimar el riesgo involucrado. Aun cuando se encuentren toxinas o contaminantes conocidos, sus niveles no deben exceder los aceptables para alimentos.

Antes que un nuevo aditivo alimentario pueda ser utilizado, el fabricante debe llevar a cabo la identificación del peligro. Los resultados de las investigaciones tienen que ser proporcionados a las autoridades reguladoras las cuales llevarán a cabo la estimación de riesgo en cooperación con la compañía. Las leyes en la mayoría de los países requieren de esto. Además se debe establecer la necesidad de los nuevos aditivos para garantizar que los consumidores no sean expuestos innecesariamente al riesgo adicional de una nueva sustancia química si no es de beneficio particular. Si el riesgo es considerado aceptable, se otorgará permiso a la compañía para usar el nuevo aditivo, usualmente restringido a niveles particulares en ciertos alimentos o categorías de alimentos. El aditivo también estará sujeto a vigilancia después de su comercialización para monitorear efectos inesperados. Si se obtiene nueva información acerca de su seguridad, su uso debe ser revisado.

Está más allá del alcance de este capítulo, revisar los requerimientos para la estimación de la seguridad de nuevos componentes alimentarios. En principio se deben tomar varias acciones (incluyendo investigación sobre literatura e investigación adicional) para llegar a la determinación de una relación dosis-respuesta para algún efecto tóxico posible. Después, la estimación de riesgo se utiliza para llevar a cabo para la determinación del *Nivel de Efecto Adverso No-Observado* (NEANO) el cual es la dosis más alta que no causa efectos tóxicos en las especies animales más sensibles. El NEANO es entonces dividido por un factor de seguridad para establecer un nivel de ingesta diaria aceptable (ver Capítulo 3). Las ingestas diarias aceptables (IDA) se asignan solamente a aquellos aditivos que son sustancialmente eliminados del organismo en 24 horas.

7.3.4 AUTORIDADES REGULADORAS Y EL ESTABLECIMIENTO DE NORMAS

Las autoridades reguladoras nacionales son responsables de las normas de seguridad de los alimentos. Esto indica que en un principio cada país puede tener sus propias normas. Sin embargo, para obtener la armonización en normas de alimentos muchos países adoptan los valores establecidos por cuerpos internacionales tales como la Organización Mundial de la Salud (OMS). La OMS no es un cuerpo legislativo pero puede ser visto como un consejero para las autoridades nacionales en el establecimiento de normas para la protección de la salud humana. A través del Programa Internacional sobre Seguridad de Sustancias Químicas (PISSQ), la OMS juega un papel de guía en el procedimiento internacional de evaluación de riesgos de sustancias químicas y tolerancias para residuos de sustancias químicas en alimentos. Hay dos comités de juntas de la OMS y la Organización para la Agricultura y la Alimentación, las cuales funcionan como un cuerpo consultivo científico de la Comisión del Codex Alimentario:

- El Comité de la Junta de Expertos sobre Aditivos Alimentarios, que evalúa los aditivos alimentarios, los contaminantes alimentarios y los residuos de drogas veterinarias y,
- la Reunión de la Junta sobre Residuos de Plaguicidas (RJRP), que evalúa los residuos de plaguicidas sobre la base de datos bioquímicos y toxicológicos y propone los Límites Máximos de Residuos (LMR).

Las actividades de la Comisión del Codex Alimentario están dirigidas a:

- la protección de la salud de los consumidores y la salvaguarda de prácticas honradas en la industria alimenticia;
- la coordinación de todas las actividades reguladoras llevadas a cabo por organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales;
- establecer prioridades para la preparación de normas provisionales;
- terminar con las normas provisionales las cuales serán publicadas en un codex alimentario;

- enmendar las normas ya publicadas si es necesario.

Las normas del Codex han mostrado ser de gran valor en la armonización de normas de alimentos aun cuando no tengan estatus legal (Cuadro 7.6). El sistema de comisión es único y permite a la industria participar en la prerreunión del Codex y unirse al debate (aunque los representantes de la industria no tengan derecho de voto en estas reuniones). Además, a la industria se le da la oportunidad de comentar las decisiones tomadas sobre la evaluación de la seguridad durante las audiencias especialmente organizadas por la Comunidad Europea, la Reunión de la Junta sobre Residuos de Plaguicidas o el Comité de la Junta de Expertos sobre Aditivos Alimentarios.

Cuadro 7.6

Tailandia: una historia exitosa

Como muchos de los países en desarrollo en áreas tropicales, Tailandia ha tenido un gran potencial para el mejoramiento de sus negocios de exportación de alimentos. En el país del sudeste asiático crecen piñas y otras frutas tropicales, marañón, muchos tipos de setas y maíz pequeño. También se cultivan los camarones y otros productos marinos y su arroz es considerado por muchos el mejor del mundo. Desde el establecimiento de su Comité Nacional del Codex Alimentario en 1969, Tailandia ha visto crecer su exportación de alimentos cerca de 12 veces, es decir más de \$ 4 000 millones de dólares. Sin embargo, el crecimiento fue azaroso: las exportaciones se incrementaron por cerca de 30% entre 1980 y 1981 pero en los siguientes cuatro años cayeron a menos del nivel de 1980 ya que los productos fueron continuamente rechazados por los países compradores. Este rechazo fue debido a la contaminación y a la inadecuada rotulación. El país llamó a la Organización para la Agricultura y la Alimentación y al Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas en su ayuda. Los expertos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación fueron enviados a Tailandia con la frecuencia con que eran solicitados. Usando las guías y normas del Codex Alimentario, establecieron un programa de control piloto para la exportación, entrenaron inspectores, diseñaron sistemas de inspección voluntarios y trajeron personal de laboratorio para entrenar trabajadores tailandeses. Se desarrollaron programas de video para los proyectos de entrenamiento y se firmó un Memorandum de Entendimiento, con uno de los países de mayor importación en el mundo, para garantizar los procedimientos de inspección y certificación para el monitoreo y muestreo. Al mismo tiempo, los expertos de la OMS auxiliaron a Tailandia en la formación de sus capacidades de seguridad para los alimentos domésticos. Las exportaciones de alimentos tailandeses crecieron de \$ 2 000 millones de dólares a \$ 4 800 millones de dólares entre 1985 y 1989, contribuyendo en gran medida al crecimiento económico del país a razón de un 10% durante el período. (FAO/WHO, 1994.)

La armonización de normas de alimentos fue también uno de los objetivos de la Comunidad Europea (CE). En la CE la evaluación de la seguridad de aditivos alimentarios u otras sustancias presentes en alimentos se lleva a cabo formalmente por algunos grupos de trabajo de la Comisión de la Comunidad Europea. Una vez que una propuesta es aceptada por el Consejo de Ministros, es obligatoria para las autoridades reguladoras de los países miembros.

7.4 Aseguramiento de la calidad de los alimentos

7.4.1 GENERALIDADES

Para garantizar la alta calidad del suministro de alimentos, varias partes tienen papeles específicos que jugar. Los principales actores son el gobierno, los consumidores y la industria alimenticia. El gobierno es responsable del establecimiento de normas o códigos de prácticas así como la ejecución de leyes y regulaciones, además debe alentar a la industria alimenticia para acometer medidas voluntarias para mejorar la seguridad de los alimentos suministrando consejos y guías. Los consumidores deben estar bien enterados de la calidad de los alimentos que compran, preparan y consumen y adoptar prácticas apropiadas de manipulación de los alimentos en la casa. A nivel industrial, todas las áreas, incluyendo la agricultura, deben establecer algún sistema para el aseguramiento de sus productos y emplear procedimientos y tecnologías apropiadas.

El flujo desde la materia prima y los alimentos crudos hasta el consumo se presenta de manera esquemática en la Figura 7.5, incluyendo los peligros y riesgos acompañantes. En principio el mismo esquema de flujo se aplica tanto para la industria alimenticia como para alimentos producidos localmente para el consumo privado, aunque en el último caso el procesamiento del alimento, el almacenamiento y el transporte serán relativamente cortos. En tal situación un monitoreo adecuado de la calidad de los alimentos es usualmente más difícil de obtener. A continuación se presentan brevemente todos los pasos en este proceso y las medidas preventivas posibles.

7.4.2 PRODUCCIÓN DE MATERIALES CRUDOS

Para garantizar la producción de alimentos seguros, es importante iniciar por el nivel agrícola y mejorar la calidad higiénica de los víveres crudos. Mejorando las condiciones bajo las cuales los animales son criados, la calidad higiénica de los productos alimenticios crudos puede ser mejorada significativamente. Además, el uso tanto de plaguicidas como de fertilizantes debe ser reducido. Los niveles de residuos de sustancias químicas tóxicas usadas para mejorar la producción de las cosechas deben ser monitoreados. La seguridad de los alimentos en esta fase

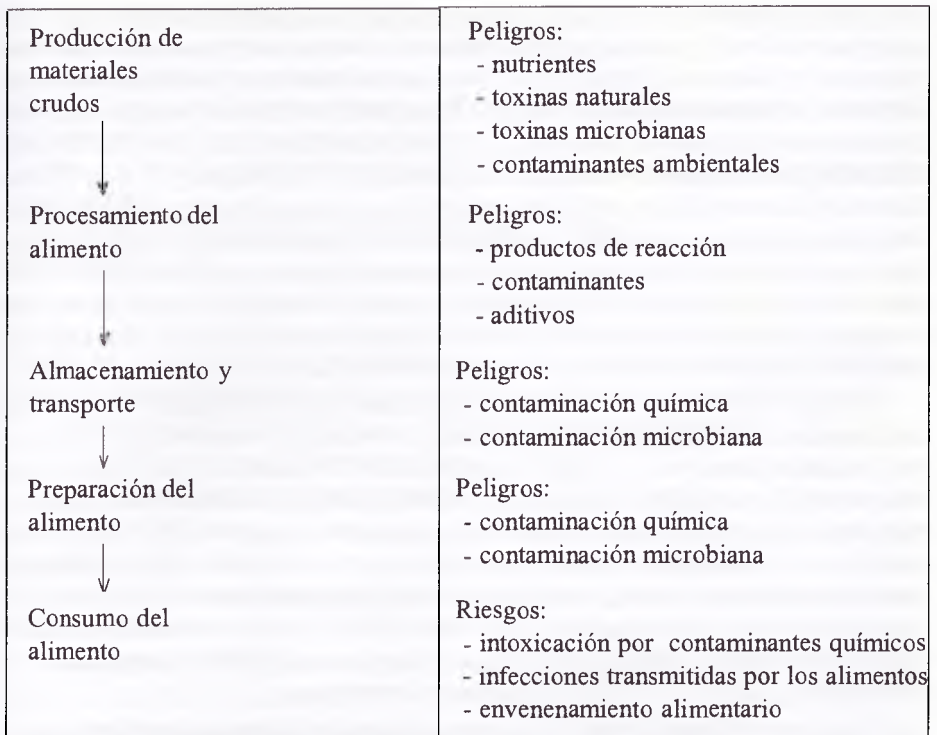


Figura 7.5 Diagrama de flujo desde la producción del alimento hasta su consumo.

puede ser mejorada por medidas reguladoras dirigidas a la reducción de las emisiones industriales y de vehículos y a la disposición de materiales de desecho peligrosos que puedan entrar en la cadena alimenticia.

7.4.3 PROCESAMIENTO DE LOS ALIMENTOS

Como un resultado del incremento de la urbanización, serán puestas mayores demandas en la industria procesadora de alimentos. Como los consumidores se mueven lejos de la fuente de la producción, ellos requerirán de un sistema de distribución del alimento seguro y efectivo. Esta separación del consumidor y el sector de producción también significa una pérdida de los métodos tradicionales utilizados por el consumidor para garantizar la seguridad de su alimento.

Se pueden evitar pérdidas sustanciales de los alimentos por contaminación y deterioro tanto a través de tecnologías controladas cuidadosamente como por

medio del desarrollo de una fuerte infraestructura asociada. En adición, las tecnologías modernas pueden evitar o reducir la formación o uso de sustancias químicas en alimentos. Por ejemplo, las cosechas pueden ser secadas para prevenir el crecimiento de hongos y de esta forma también disminuye la producción de micotoxinas durante el almacenaje. Los métodos biotecnológicos pueden ser utilizados para desarrollar cultivos más resistentes a las plagas y de esta forma disminuye la necesidad para el uso de plaguicidas. La irradiación puede reemplazar el uso de sustancias químicas potencialmente dañinas usadas para la desinfección e inhibición de retoños. Los enfoques tradicionales para la seguridad de los alimentos, la higiene, la protección y sanidad tienen sus limitaciones y no siempre garantizan la reducción de enfermedades transmitidas por los alimentos reportadas al nivel deseado, aún en países desarrollados.

La inspección ha sido el foco de los programas microbiológicos de seguridad de alimentos. Los programas de inspección, sin embargo, tienen serias limitaciones, ya que algunas veces omiten la observación de factores críticos porque no son parte del protocolo de inspección. En los países en desarrollo, estos programas generalmente son inadecuados o no existen por la carencia de inspectores científicos y autoridades reguladoras. Por su parte, los países industrializados necesitan armonizar las regulaciones y normas para garantizar el libre flujo de los alimentos entre todos los países del mundo (WHO, 1992b). A nivel doméstico el procesamiento y almacenaje de los alimentos es aún más complicado de monitorear y controlar para la seguridad de los mismos.

Un enfoque diferente en la producción industrial moderna de los alimentos es el sistema de *Punto de Control Crítico y Análisis del Peligro* (PCCAP), el cual es una tentativa para lograr un impacto significativo sobre las enfermedades transmitidas por los alimentos. El sistema PCCAP consiste de una serie de acciones interrelacionadas en puntos críticos durante la producción, almacenaje, transporte, procesamiento, preparación y servicio para garantizar la seguridad de todos los alimentos procesados y preparados. Los elementos del sistema PCCAP se resumen en la Tabla 7.2. Las aplicaciones de este sistema son discutidas en *Microorganisms in Food* (1988 International Commission on Microbiological Specifications for Food) y en el *Manual PCCAP* publicado en 1989 por el Instituto de Marketing de los Alimentos de los Estados Unidos de América (Bryan, 1989).

7.4.4 CONSERVACIÓN Y ALMACENAJE DEL ALIMENTO

El objetivo de la conservación del alimento es erradicar los patógenos dañinos durante la manufactura de tal manera que el alimento sea seguro para comer por

Tabla 7.2 Sistema PCCAP

-
- Determinar los peligros y estimar sus severidades y riesgos
 - Identificar puntos de control crítico
 - Institucionalizar medidas de control y establecer los criterios para garantizar el control
 - Monitoreo de los puntos de control crítico
 - Tomar acciones siempre que los resultados del monitoreo indiquen criterios que no son encontrados
 - Verificar que el sistema esté funcionando como se planeó
-

Fuente: Bryan, 1992.

largos períodos de tiempo. Para tener crecimiento bacteriano un número de condiciones tienen que estar presentes, de las cuales las más importantes son:

- la presencia de un buen sustrato (en este caso el alimento)
- una infección con bacterias viables
- una temperatura que permita el crecimiento bacteriano
- pH adecuado
- agua suficiente

Para impedir el crecimiento bacteriano al menos una de estas condiciones debe ser evitada.

La irradiación del alimento es un método para la prolongación de las propiedades de ciertos alimentos de alto valor perecedero y de este modo facilitar el comercio internacional. Consiste de la exposición del alimento a rayos gamma, rayos X, o electrones por un período limitado de tiempo, el cual mata los patógenos presentes. La irradiación es la adición más reciente a los diferentes tipos de conservación de alimentos que también incluyen la pasteurización, el blanqueo, el enlatado, la congelación y la deshidratación. La irradiación es reconocida como un método seguro para conservación de los alimentos que puede contribuir a la promoción de suministros de alimentos siempre y cuando el peligro de radiación ocupacional esté controlado adecuadamente (WHO, 1988). Las ventajas de la irradiación sobre los métodos de procesamiento de los alimentos convencionales son que: a) los alimentos pueden ser tratados después del empaquetado; b) los alimentos frescos tales como carne, pescado, frutas y vegetales que pudieran de otra manera ser congelados o enlatados se pueden mantener en estado fresco; c) los alimentos que se deterioraran fácilmente pueden conservarse por largo tiempo sin perder su calidad y d) el costo y los requerimientos de energía de los procesos son más bajos que los de muchos de los métodos convencionales (WHO, 1988).

La manipulación de los alimentos puede producir cambios en la composición

original. Es bien conocido que existe una relación entre ciertas técnicas de procesamiento y la calidad y seguridad de los productos. Por ejemplo, se sabe que el calentamiento de los lípidos así como la exposición al oxígeno resultan en la formación de productos de oxidación altamente reactivos. Los ácidos grasos poli-insaturados (tales como el ácido linoléico) son especialmente susceptibles a la descomposición oxidativa y térmica (ranciedad). Otro ejemplo de la formación de compuestos tóxicos durante el procesamiento de los alimentos es la reacción Maillard, una bien conocida pero compleja reacción de azúcares y aminoácidos. Los estudios en animales han indicado que estos productos de reacción pueden inducir daño al hígado y disturbios en el crecimiento y la reproducción. Además, los productos de la reacción Maillard pueden resultar en reacciones alérgicas. La formación de estos productos puede ser inhibida durante el procesamiento del alimento por regulación del pH, la temperatura y el contenido en agua. Finalmente la formación de productos de la pirólisis de alimentos calentados a temperaturas por encima de 300 °C debe ser mencionada. Un grupo de estos productos de descomposición es el de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH, siglas en inglés) de los cuales el benzo(a)pireno es conocido como el carcinógeno más potente. Se ha encontrado en las cortezas carbonizadas de bizcochos y de pan, carne asada, caballa a la parrilla y otros emparrillados, alimentos horneados, tostados o asados.

Pregunta de estudio

Discutir la posibilidad de utilizar el concepto PCCAP en relación con la formación de productos de la reacción Maillard.

7.4.5 PREPARACIÓN DE LOS ALIMENTOS EN EL HOGAR

La casa es quizás el lugar más relevante en el desarrollo de estrategias para combatir enfermedades transmitidas por los alimentos, ya que es el lugar donde el consumidor puede ejercer el mayor control sobre qué come. Claramente, uno de los componentes más significativos para mantener el alimento libre de patógenos en la casa es un ambiente higiénico y limpio en la cocina u otras áreas de preparación del alimento. Las instalaciones sanitarias propias, la limpieza de los miembros de la casa quienes elaboran el alimento y el control de plagas son esenciales para la preservación de alimentos aceptables. Muchos patógenos bacterianos son capaces de multiplicarse en el alimento debido a su temperatura de almacenamiento. La figura 7.6 muestra las temperaturas en que las bacterias pueden ser controladas o destruidas.

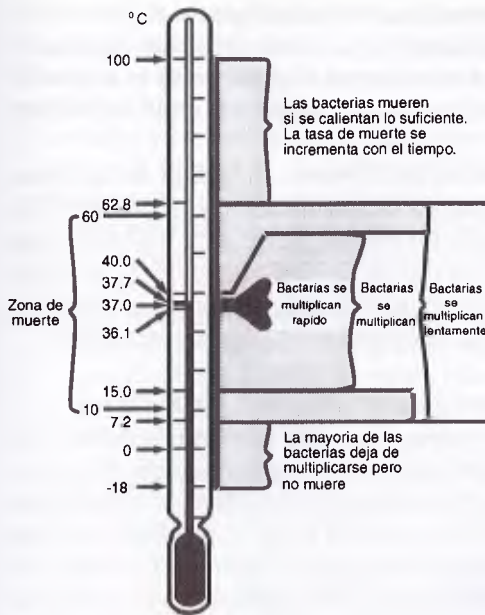


Figura 7.6 El control de las bacterias patógenas por la temperatura. (Reimpresión de Jacob, 1989.)

El refrigerador es una de las herramientas más efectivas para detener la multiplicación de las bacterias en o sobre el alimento. Las bacterias no mueren sino que su crecimiento es detenido y comenzarán a multiplicarse nuevamente cuando el alimento sea puesto fuera del refrigerador en un ambiente cálido. La refrigeración no cambia la naturaleza del alimento, pero el alimento mantenido en el refrigerador sólo permanecerá en buenas condiciones por un tiempo limitado. La mayoría de los patógenos transmitidos por los alimentos detienen su multiplicación por debajo de los 10°C. Por lo tanto, para un almacenamiento normal del alimento a corto plazo, las temperaturas deben ser mantenidas entre 5 y 10°C. La congelación no mata a la mayoría de los microorganismos. Cuando el alimento es descongelado las bacterias que ya estaban presentes comenzarán a multiplicarse de nuevo a menos que el alimento sea inmediatamente cocinado.

El alimento fresco, cocinado y comido mientras que está aún caliente nunca será la causa de infección transmitida por los alimentos. Aun cuando muchos alimentos crudos son contaminados con bacterias patógenas cuando se compran, la cocción completa debe matar las bacterias. Sin embargo, si la cocción no es lo suficientemente completa, las bacterias pueden incubarse dentro del ali-

mento y conducir a enfermedades transmitidas por los alimentos. Algunas bacterias dan origen a esporas que pueden sobrevivir a la cocción. Estas esporas se desarrollarán dentro de las bacterias en crecimiento si el alimento es cocinado demasiado despacio o es almacenado a temperatura ambiental en la cocina por un largo período de tiempo.

Los riesgos químicos en la preparación del alimento en la casa son los mismos que aquellos que están presentes durante el procesamiento del alimento. El público en general debe estar enterado de los riesgos, como freír a altas temperaturas (a la parrilla) lo cual resulta en productos de reacción tóxicos. Además, el consumidor debe estar instruido en no cocinar usando utensilios que puedan contener materiales tóxicos (por ejemplo, contenedores vidriados con plomo).

7.4.6 PREPARACIÓN DEL ALIMENTO EN LA INDUSTRIA DE SERVICIOS ALIMENTARIOS

Las consecuencias de una impropia preparación del alimento en servicios alimentarios, como cantinas y restaurantes, pueden ser mucho mayores que aquellas en la casa debido al gran número de individuos que pueden ser simultáneamente expuestos a productos inseguros. Es esencial tener un programa de control de calidad que asegure el mantenimiento de especificaciones y normas del alimento durante todas las fases de manipulación, procesamiento y preparación: debe también ser aplicado a todas las áreas y equipos que se pongan en contacto con alimentos y bebidas. Sin embargo, el manejo de establecimientos clasificados como pequeños o medianos no siempre está en favor de la implementación de tales programas ya que se considera que consume mucho tiempo y por tanto resulta caro o también complicado. El énfasis en el control de la calidad es con frecuencia colocado en la calidad de la entrada del producto, dejando una amplia laguna entre la fase inicial del control de la calidad y el servicio al consumidor. Los alimentos de la calle son particularmente problemáticos, como se discute en el Cuadro 7.7.

7.5 Capacidad de producción global y seguridad de los alimentos

7.5.1 SITUACIÓN MUNDIAL DE LOS ALIMENTOS

Sin una adecuada alimentación y nutrición, no puede haber un desarrollo sólido social y económico en una comunidad. El estatus de nutrición saludable es mejor comprendido como la interacción compleja entre nuestra salud, los alimentos que comemos y nuestro medio circundante. Al inicio de la década de los años 90, el consumo promedio mundial de 2670 calorías diarias de productos alimenticios *per capita* era considerado adecuado desde un punto de vista nutricional. Sin embargo, este promedio mundial no tiene significado cuando los niveles de consumo inadecuados de alimentos son la norma en un número importante de países

Cuadro 7.7

Seguridad de los alimentos vendidos en la calle

Los alimentos de la calle pueden ser definidos como aquellos alimentos y bebidas listos para comer, preparados y/o vendidos en la calle y en otros lugares públicos (WHO, 1992c). Estos alimentos son una fuente de nutrición para personas de ingresos bajos y en muchos países estas personas estarían peor si estos alimentos no estuvieran disponibles. La industria de los alimentos de la calle ha experimentado una expansión notable especialmente en países de Asia, África y América del Sur. Aunque esta industria emplea de 6 a 25% de la fuerza laboral, las autoridades permanecen vacilantes en reconocerla como un sector normal de la industria de los alimentos. Como consecuencia, esta ruta de suministro de alimento puede ser ignorada en los programas de control de los mismos y las estructuras reguladoras específicas no se desarrollan. Los peligros a la salud relacionados con los alimentos de la calle comprenden todos los tipos de peligros discutidos anteriormente en este capítulo. El cólera, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y otras enfermedades de origen microbiológico pueden ser transmitidas a través de esos alimentos. En principio los alimentos que son completamente cocinados y consumidos en cacharros están seguros, mientras que los alimentos precocinados, almacenados a temperatura ambiente de 15 a 40 °C por más de 4 horas presentan un riesgo microbiológico considerable.

En los alimentos vendidos en la calle se han encontrado sustancias químicas peligrosas y aditivos, especialmente colorantes no autorizados y conservadores. La regulación de los alimentos vendidos en la calle debe dirigirse a lograr un alimento seguro, saludable, de precio razonable en lugares convenientes sin disminuir los beneficios económicos, de empleo y otros de este negocio. Se ha establecido una extensa lista de requerimientos esenciales de seguridad para los alimentos de la calle (WHO, 1992b), incluyendo recomendaciones para los ingredientes y materiales crudos, lugar de preparación y venta, agua, disposición de desechos y preparación y procesamiento. Quizás el punto más crucial es el entrenamiento de los que manipulan los alimentos ya que tiene más posibilidades de éxito y debe por lo tanto recibir más atención que el castigo a los vendedores.

en desarrollo. Hay una laguna de 965 calorías *per capita* entre los países desarrollados y los países en desarrollo (3399 y 2434 calorías *per capita* respectivamente). Hay también amplias lagunas entre y dentro de los países en desarrollo (UNEP, 1992a).

Ejercicio de estudio

Se pueden tomar muchas acciones diferentes para mejorar la seguridad y la calidad de nuestros alimentos. Preparar un resumen de estas acciones indicando: a) el nivel al cual esta acción debe ser tomada y b) el tipo de contaminante (biológico o químico).

Mientras que varias enfermedades relacionadas con los alimentos serán discutidas a través de este capítulo, para una gran parte de la población mundial la malnutrición permanece como la mayor causa de mortalidad y morbilidad (Cuadro 7.8) y un porcentaje significativo de las poblaciones mundiales permanece desnutrido. (Tabla 7.3.)

Tabla 7.3 Prevalencia de desnutrición crónica en regiones en desarrollo.

Regiones	1969-71		1979-81		1988-90	
	Millones de desnutridos	Proporción total de la población (%)	Millones de desnutridos	Proporción total de la población (%)	Millones de desnutridos	Proporción total de la población (%)
África	101	35	128	33	168	33
Asia	751	40	645	28	528	19
América Latina	54	19	47	13	59	13
Medio Oriente	35	22	24	12	31	12
Total de regiones en desarrollo	941	36	844	26	786	20

Nota: 72 países con una población de menos de 1 millón, representando 0.6% de la población mundial en desarrollo fueron excluidos de los totales de la tabla. (Fuente: WRI, 1994.)

7.5.2 CONDICIONES CRUCIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

Considerando los números de individuos desnutridos o malnutridos en el mundo, es difícil de creer que se produce suficiente alimento para satisfacer las necesidades mundiales. Sin embargo, de acuerdo a un reporte del Panel de la OMS para la Agricultura y la Alimentación, éste es el caso.

Globalmente, la producción de granos alimenticios ha aumentado más rápido que la población y la producción emergente de alimento y las capacidades de conservación proporcionan el potencial para producir un suministro adecuado de alimento nutritivo y seguro para todas las personas del mundo, para ahora y hasta más allá del año 2010, de acuerdo a las proyecciones de crecimiento poblacional (WHO, 1992b).

Mucha de esta capacidad de producción existe en países en desarrollo donde ocurre el más grande porcentaje de malnutrición. De hecho, el potencial de muchos países en desarrollo para incrementar su producción de alimentos a través de aumentos en el rendimiento, tierra arable e intensidad de cosecha es conside-

Cuadro 7.8
Malnutrición en niños

Mientras que la emergencia nutricional mundial más profunda es visiblemente exhibida en sólo 1 o 2% de los niños en el mundo, un estimado de 190 millones de niños por debajo de 5 años están malnutridos crónicamente. Las causas de la malnutrición son complejas —en muchas de las casas tocan a pocos los alimentos entre las cosechas, o en medio de sequía y guerra. Muchos niños mal alimentados, sin embargo viven en casas con suministros de alimentos adecuados y necesitan solo de una pequeña proporción de la entrada familiar que quede adecuadamente para la alimentación. Con frecuencia el bajo peso al nacer y las prácticas específicas tales como la alimentación en biberón contribuyen a la malnutrición en estos casos. Sin embargo, la principal causa es el patrón de enfermedad especialmente diarrea, que prospera en las comunidades pobres carentes de sanidad y agua propia (ver Cap. 6).

Cuando el alimento es poco, el cuerpo hace concesiones para mantenerse. Estos compromisos pueden ser invisibles —la única señal externa es el letargo, como tentativa del cuerpo para conservar la energía. Para compensar algunos nutrientes, la razón metabólica del cuerpo cae como lo hace la presión sanguínea. Si la grasa del cuerpo es poca, se apropia de sus reservas, de esta forma depauperando el músculo en lugar de la grasa y dañando el crecimiento óseo. La malnutrición amplifica todas las otras enfermedades y el riesgo de morir es duplicado por los niños ligeramente mal alimentados y triplicado por los niños moderadamente malnutridos. Una buena nutrición, en contraste, es excelente para la protección contra las enfermedades.

table. Junto con la producción incrementada de alimentos las instalaciones de almacenaje y sistemas de distribución deben ser mejoradas. Tres elementos deben considerarse para la producción de alimentos:

1. Tierra

El área total de tierra potencial arable en el mundo es de cerca de 3.2 miles de millones de hectáreas, cerca de 46% de las cuales está ya bajo cultivo. Se ha dicho que grandes áreas de nuevas tierras pudieran ser cultivables. Sin embargo, la tierra arable no utilizada no siempre está disponible para quienes la necesitan más y abrir nuevas áreas es un medio caro de incrementar la producción agrícola. El suelo que una vez fue fértil está siendo degradado por la erosión, la salinización y la contaminación. En áreas donde existen tierras fértiles, el agua con frecuencia es demasiado escasa para irrigarlas propiamente.

2. Agua

Cerca de 2 700 km³ de agua en el mundo fueron utilizados para la irrigación

en 1990, es decir, cerca de 70% del agua potable. Como se discutió en el capítulo 6, las fuentes de agua dulce se están haciendo más escasas, requiriendo del reuso incrementado de las aguas residuales y el mejor mantenimiento de los sistemas de irrigación. En zonas áridas y semiáridas, el problema de la escasez de agua para la producción de alimentos es particularmente agudo.

3. Fertilizantes

La aplicación incrementada de fertilizantes para suministrar nutrientes a las plantas (nitrógeno, fósforo y potasio) es un componente esencial de la agricultura moderna. El consumo mundial de fertilizantes se ha incrementado en las últimas 2 décadas (UNEP, 1992a).

A pesar de la apariencia global de suficiencia, el clima económico ha cambiado para empeorar de tal forma que para algunos países los años venideros traerán un deterioro en la situación de los alimentos. En cada país hay comunidades que son tanto ricas como pobres, urbanas y rurales, agrarias e industrializadas, de manera que aun cuando el suministro nacional de alimentos sea adecuado, grandes secciones de la población pueden aún no tener suficiente alimento para sus necesidades. En las próximas dos décadas la producción de alimentos tendrá que avanzar al mismo paso que el incremento de la población mundial. El desafío para los gobiernos y productores de alimentos será garantizar alimento y seguridad en la nutrición sin presionar indebidamente sobre el ambiente y sin perpetuar diferentes tipos de problemas de salud (WHO, 1992b). Los estimados para el incremento en la producción de alimentos se muestran en la Figura 7.7.

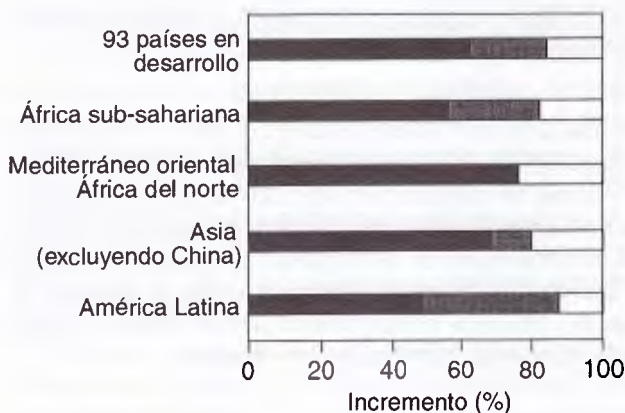


Figura 7.7 Posibilidades de incrementos en la producción de alimentos 1982/84-2000. (Reimpresión de WHO, 1992a.)

7.5.3 AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

El suministro continuo de la mayoría de los principales alimentos y muchos otros productos agrícolas depende de la productividad sostenida de varios ecosistemas terrestres. Algunos ecosistemas terrestres son de gran importancia, aunque indirecta, para el crecimiento de los alimentos y la producción agrícola ya que protegen las cuencas hídricas de las inundaciones y la erosión, proporcionan biodiversidad o hábitats para los enemigos naturales de las plagas y regulan el microclima.

En adición a la agricultura, el cultivo de peces también puede reconocerse como una industria grande e importante. La industria pesquera contribuye sustancialmente a la producción global de alimentos y proporciona a muchas personas trabajo e ingreso financiero. Lógicamente, la calidad del agua para pescar se relacionará directamente a la calidad del pescado y otros alimentos del mar. Sin embargo, la estabilidad de los ecosistemas marítimos y otros ecosistemas acuáticos es de crucial importancia para garantizar el suministro continuado de alimentos de esta fuente. La sobreexplotación pesquera puede ser reconocida como la amenaza más seria para los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, se requiere de acciones para proteger la calidad de agua como también la regulación de la intensidad de las pesquerías.

En principio, todos estos ecosistemas se degradan sólo ligeramente bajo presiones de manejo razonables y se recobran una vez que esta presión es eliminada. De esta forma, son considerados recursos naturales renovables. Desafortunadamente existe un incremento progresivo del número de ecosistemas productivos que están siendo degradados y eventualmente perdidos debido a las presiones inducidas por los humanos (WHO, 1992b). El Cuadro 7.9 subraya alguna de estas presiones ambientales.

La degradación de la tierra es una mayor amenaza ambiental para la seguridad del alimento. El deterioro de la capa de ozono y los cambios que ocurren en el clima global también son una amenaza a la sostenibilidad de los ecosistemas. El uso intensivo de combustibles fósiles es reconocido como la mayor fuente de gases invernadero. Algunos cambios en el clima como resultado del efecto invernadero, incluyendo temperatura y humedad pueden tener efectos devastadores sobre los ecosistemas y sobre los seres vivos y en las vidas de las personas, particularmente aquellas dependientes de los sistemas naturales. Similarmente, el deterioro del ozono estratosférico, el cual absorbe mucho de los rayos ultravioleta del sol puede ser particularmente dañino para el fitoplancton y puede también afectar las cosechas (WRI, 1994).

Cuadro 7.9

Presiones ambientales que conducen a la degradación de la tierra

Deforestación. Los bosques son de particular importancia para la agricultura por su función protectora, especialmente en los trópicos. Como resultado del incremento en la demanda para tierras agrícolas y la extracción acelerada de árboles, se ha estimado que aproximadamente 100 millones de hectáreas de bosques se han perdido en el mundo desde 1950. La deforestación es de gran escala, industrial, e inmediatamente devastadora, o a pequeña escala e insidiosa, conduciendo a la lenta pero estable degradación y al empobrecimiento. El mayor efecto de la deforestación sobre la agricultura es que la liberación del agua de lluvia llega a ser más errática y, por consiguiente, amenaza el suministro de agua para la irrigación. La deforestación masiva es ampliamente reconocida como responsable de la inundación excesiva en las planicies costeras fértiles.

Desertificación. Cerca de un tercio de la superficie de la tierra de nuestro planeta es o árida o semi-árida. Debido a la presión de la sequía, estas áreas tienen muy baja productividad. Con una prudente irrigación, la productividad en estas áreas puede incrementarse, sin embargo, estas tierras tienden a ser muy vulnerables a continuar degradándose. La pérdida de la vegetación puede ocurrir debido a cambios climáticos naturales. Puede también ser inducida por las actividades humanas, tales como la tala de árboles, por prácticas agrícolas inapropiadas, o por sobrepastoreo de cabras o ganado.

Erosión. La erosión por el viento y el agua elimina la superficie del suelo rica en nutrientes y deja la tierra menos productiva. La erosión siempre es causada por una disminución en la cubierta vegetal del suelo por deforestación, sobrepastoreo o prácticas agrícolas. La pérdida de la superficie del suelo a través de la erosión del agua es la forma más común de degradación del suelo, sin embargo, la erosión del viento es de amplia difusión en climas semiáridos.

7.5.4 TENDENCIAS GLOBALES

Los factores más importantes que influyen en el consumo y demanda de alimentos y productos agrícolas son el crecimiento poblacional, la distribución de los ingresos y el incremento en la urbanización. La mayoría de los cambios en el consumo de alimentos y en los productos agrícolas son debidos al crecimiento en la población y los ingresos. A ingresos *per capita* constantes, se espera que la demanda de alimentos y productos agrícolas se incremente en cerca de 1.7% anualmente durante los años 90. La mayor parte de este incremento ocurrirá en países en desarrollo, con el África sub-sahariana mostrando los mayores porcentajes de incremento (WHO, 1992b).

Es sólo en décadas recientes que los descubrimientos de las investigaciones

han confirmado la sospecha de que las preferencias dietarias pueden influir en la irrupción de muchas enfermedades, como es el caso de la llamada *dieta de la opulencia*, que consiste en grandes cantidades de alimentos ricos en grasas y azúcares. Como ejemplo de estas enfermedades están la obesidad, las enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer. Con cerca de dos tercios de toda la energía proveniente de fuentes vegetales y un tercio de los alimentos de origen animal, las economías de mercado desarrolladas parecen haber alcanzado un nivel donde no se desea ninguna sustitución entre los dos grupos.

Mientras que los países de ingresos bajos, que tradicionalmente han confiado en los alimentos de origen vegetal, ahora han incrementado considerablemente la cantidad de productos de origen animal que está siendo consumida. Por consiguiente, las tasas de incidencia de enfermedades cardiovasculares, la presión sanguínea elevada y los cánceres se están incrementando rápidamente en algunas comunidades urbanas en países en desarrollo. La relación entre el ingreso y el consumo de carne se reflejada en las diferencias en el consumo de carne no sólo entre países desarrollados y en desarrollo, sino entre países en desarrollo con diferentes niveles de ingreso.

La rápida urbanización de los países en desarrollo también resultará en cambios en los patrones de consumo. Un movimiento de las cosechas tradicionales tales como tubérculos, maíz y mijo a alimentos que requieren menos tiempo de preparación tales como el trigo, el arroz y los productos de origen animal está ya tomando lugar en varios de estos países. Debido al incremento en la demanda por la ganadería, la presión sobre la tierra agrícola llegará a ser más intensa. En adición y con efectos ambientales negativos directos, la intensificación de la producción estará basada en el aumento del cultivo de cereales para productos de origen animal, que competirán por los recursos agrícolas. La conversión de cereales a productos de origen animal resultará en grandes pérdidas de energía comestible y en correspondencia en incrementos en los requerimientos de recursos (WHO, 1992b).

7.6 Peligros a la salud ocupacional y ambiental en la agricultura

7.6.1 DAÑOS FÍSICOS E INFECCIONES

Las lesiones son el grupo más significativo de peligros para los productores primarios de alimentos. Para los granjeros, las lesiones mayores son causadas por las maquinarias o vehículos de la granja. Los equipos sin protección pueden dañar miembros del cuerpo y los ojos y con frecuencia quitar vidas. Los animales domésticos, los insectos venenosos y las serpientes también pueden ser una fuente de daño.

El nivel de ruido producido por la maquinaria agrícola —generadores, tractores, sierras, etc., es otra consecuencia. Pueden ser lo suficientemente ruidosos para causar daños a la audición en aquellos trabajadores que están expuestos por un período considerable de tiempo. Las herramientas y maquinarias vibradoras pueden causar fatiga, desequilibrios y dolor en el tórax, así como efectos crónicos como dolor en la espalda y cambios degenerativos en la columna vertebral y las articulaciones. Estos daños pueden ser exacerbados por el levantamiento de objetos pesados. Los niños que viven en un ambiente con maquinaria pesada y muchas sustancias químicas, dentro o fuera de la granja, también tienen un mayor riesgo de lesiones.

Además de los riesgos por lesiones, la manipulación de gran cantidad de animales se asocia con un incremento en el riesgo de infección con zoonosis. Cientos de organismos patógenos se han identificado y ha sido establecida una relación entre la ocurrencia de un número de enfermedades y la intensidad del contacto con los animales. La agricultura, tanto en áreas húmedas naturales como irrigadas, también se asocia con un incrementado en el riesgo por infecciones transmitidas por vectores (ver Capítulo 6).

Otras ocupaciones en el sector agrícola tales como la caza, la pesca y la forestación tienen sus propios perfiles de riesgo. Los cazadores pueden ser atacados por animales salvajes o ser dañados por sus propios cuchillos o armas de fuego. Para los trabajadores forestales los principales riesgos involucran la tala de los árboles, las sierras y las cuerdas. Los hombres de mar están mayormente expuestos a peligros físicos relacionados a las maquinarias y a los objetos en movimiento.

7.6.2 PRODUCCIÓN Y USO DE PLAGUICIDAS

Las plagas y enfermedades han sido siempre un problema para ciertos cultivos en ciertas estaciones. Los factores que han incrementado la producción total por unidad de tierra —uso incrementado de fertilizantes, poblaciones de plantas superiores, incremento en la intensidad y nuevas variedades— también han incrementado las enfermedades y los problemas de las plagas. El método más común utilizado para el control de plagas es el uso de plaguicidas. La mayoría de los plaguicidas son sustancias químicas utilizadas en la agricultura para el control de plagas, malas hierbas o enfermedades de las plantas (Tabla 7.4). La Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) define a un plaguicida como:

qualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo vectores de enfermedades en humanos o animales, especies indeseadas de plantas o animales que causan daño durante, o

Tabla 7.4 Categorías generales de plaguicidas

Plaguicida	Usado contra	Categoría	Ejemplos
Insecticidas	Insectos y especies relacionadas	Organofosforados Carbamatos Organoclorados Piretroides	Malatión, paratión, diclorvos, aldicarb, carbaril, metomil, aldrín, dieldrin, endrin, DDT, bioaletrin, cialotrin.
Rodenticidas	Ratas, ratones, topos y otros roedores	Anticoagulantes Otros	Warfarina y derivados, fosfuro de zinc, talio
Herbicidas	Malas hierbas	Derivados del dipiridil y del fenol	Paraquat, diquat, pentaclorofenol
Fungicidas	Hongos y mohos	Ditiocarbamatos, talamidas	Arasán, tiramid, captán
Molusquicidas	Babosas	Metaldehído	
Fumigantes	Gases usados para esterilizar productos	Dibromuro de etileno, metilbromuro	

interfieren con, la producción, procesamiento, almacenaje, transporte o comercio de alimentos, utensilios agrícolas, madera y productos maderables, o productos para alimentar animales, o que puede ser administrados a animales para el control de insectos, arácnidos u otras plagas en sus cuerpos (WHO/1990a).

El uso de sustancias químicas inorgánicas para controlar insectos tiene una larga historia, que posiblemente data de la Grecia clásica y Roma. En la mitad del siglo XIX los plaguicidas modernos comenzaron a ser introducidos. Reemplazaron a los plaguicidas más antiguos derivados de plantas, como la nicotina y otros plaguicidas químicos, incluyendo las sales de arsénico. Muchos de los compuestos más antiguos eran altamente tóxicos y su uso público fue restringido en muchos países. La introducción del DDT (ver Cuadro 7.10), que fue sintetizado en Suiza durante la Segunda Guerra Mundial, pareció estar llena de promesas debido a su amplio espectro de actividad y toxicidad humana relativamente baja. Los *plaguicidas organoclorados* (Cuadro 7.10) fueron seguidos por los *organofosforados* (ver Cuadro 7.11) y por los *carbamatos*. Los beneficios de su uso llegaron a ser aparentes, al elevarse tanto la cantidad como la calidad de las cosechas. Un amplio rango de insecticidas, fungicidas, molusquicidas, bactericidas y herbicidas (incluyendo fumigantes) han llegado a ser importantes en la agricultura. No se puede discutir que sin el uso de plaguicidas sintéticos la situación mundial de los alimentos pudiera haber sido más problemática que la de nuestros días. Además, el uso de plaguicidas ha contribuido enormemente a

Cuadro 7.10

DDT (dicloro-difenil-tricloroetano)

El DDT, un plaguicida organoclorado fue usado ampliamente desde 1940 hasta los años 60. El DDT persiste en plantas y suelos, pasa a lo largo de la cadena alimenticia y puede de esta forma estar presente en los alimentos para el consumo humano. En los años 70, estos daños fueron reconocidos y el uso del DDT fue restringido en muchos países. Es aún, sin embargo, uno de los mayores plaguicidas en la India y es ampliamente utilizado en países en desarrollo para matar mosquitos y de esta forma combatir la malaria. Como otros plaguicidas organoclorados el DDT se acumula en el tejido graso y por lo tanto se encuentra en alimentos con un alto contenido en grasas, particularmente leche y productos lácteos.

La exposición aguda al DDT (y otros plaguicidas organoclorados) causa excitación en el sistema nervioso central (irritabilidad, excitabilidad, dolor de cabeza, desorientación, contracción, etc.). Altas dosis pueden dañar al hígado. También se ha pensado que sea carcinógeno.

Fuente: UNEP/GEMS, 1992

Cuadro 7.11

Insecticidas organofosforados y carbamatos inhibidores de la colinesterasa

Estas sustancias son la causa más común de intoxicación aguda por plaguicidas. Los organofosforados (p. ej. el paratión, diclorvos, malatión, etc.) y los carbamatos (p. ej. aldicarb, carbofuron, carbaril, etc.) comparten como mecanismo de toxicidad la inhibición de la colinesterasa. El transmisor nervioso, la acetilcolina, es normalmente inactivado por la enzima llamada acetilcolinesterasa. La acción de esta enzima es bloqueada por la formación de un complejo enzima-plaguicida. La presentación clínica que sigue al envenenamiento agudo es fácilmente reconocible: parálisis neuromuscular, disfunción del sistema nervioso central, y depresión de la actividad de la colinesterasa en los eritrocitos y el plasma. El carácter, grado y duración de la enfermedad depende del grado y tasa de acumulación de la acetilcolina. (Los síntomas característicos incluyen visión borrosa, lagrimeo, salivación, náuseas, diarrea, dolor de cabeza, etc). Los efectos crónicos pueden incluir dermatitis, así como labilidad emocional, fatiga y concentración deteriorada. Una neuropatía tardía, sensoriomotora distal simétrica, de rápida irrupción, también puede ocurrir.

mejorar la salud humana por la reducción de las enfermedades transmitidas por vectores. Sin embargo, después de algunos años de uso, las especies de plagas blanco comenzaron a desarrollar resistencia a los plaguicidas más ampliamente utilizados. Por lo tanto, nuevos componentes con mayor toxicidad aguda para los

humanos se introdujeron, pero surgieron efectos inesperados sobre el ambiente. Ya que el uso de plaguicidas está tan difundido y como el público en general tiene ahora acceso a un rango poderoso y peligroso de sustancias químicas, se necesita de un control apropiado. Aunque en muchos países se han introducido regulaciones estrictas y entrenamiento en el uso efectivo y seguro de plaguicidas, tales precauciones no son ciertamente universales (IPCS, 1994).

7.6.3 POBLACIONES EN RIESGO POR EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS

El uso de plaguicidas y la incidencia de efectos colaterales varían considerablemente entre regiones y sistemas agrícolas. El uso de plaguicidas en la agricultura en países en desarrollo está muy conectado al tipo de mercado para el cual la granja produce. Las grandes granjas de plantaciones de monocultivo son las que probablemente utilizan más los plaguicidas. La exposición de los empleados a los plaguicidas variará de acuerdo al manejo de la plantación. Las granjas con cultivos familiares generalmente usan mucho menos cantidades de plaguicidas que otras plantaciones a causa o bien del costo o bien de la inaccesibilidad. Los agricultores de subsistencia no usan plaguicidas porque no pueden comprarlos y de esta forma sufren las consecuencias de las pérdidas de las cosechas.

En los países en desarrollo, aproximadamente 63% de la fuerza laboral es empleada en el sector agrícola. En los países desarrollados el número correspondiente es 11%. De esta forma, aun si el uso de plaguicidas en áreas en desarrollo es bajo, relativamente más personas están involucradas en la manipulación de estas sustancias.

Es probable que sólo una pequeña proporción de la población reciba una dosis de plaguicida lo suficientemente alta para causar efectos agudos severos. Muchos más, sin embargo, pueden estar en riesgo de desarrollar efectos crónicos dependiendo del tipo de plaguicida al cual hayan estado expuestos. Los estudios epidemiológicos de personas que han estado expuestas a dosis bajas de plaguicidas son muy limitados. Los efectos crónicos sufridos por estas personas no están con frecuencia asociados específicamente con la exposición a plaguicidas y los niveles de exposición son con frecuencia inmedibles. Los individuos quienes reciben altos niveles de exposición usualmente pertenecen a grupos bien definidos, tales como personas usando plaguicidas con equipos de protección inadecuados, personas que intentan cometer suicidio o personas expuestas a través del consumo de alimentos o bebidas altamente contaminados (Figura 7.8).

La población en general puede estar expuesta a plaguicidas de varias formas, siendo las principales rutas: ingestión por alimentos y agua potable, inhalación de aire y polvo y absorción por contacto directo o por la ropa. Los casos más comunes de envenenamiento accidental agudo por plaguicidas son aquellos en los

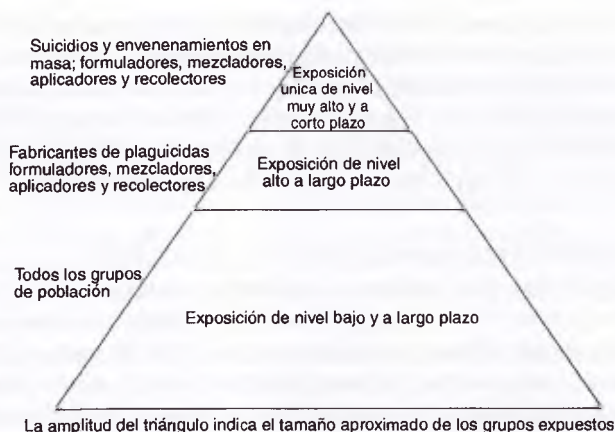


Figura 7.8 Grupos de población en riesgo por exposición a plaguicidas

cuales se comen granos regados con plaguicidas. Otros accidentes han ocurrido cuando los insecticidas que son efectivos contra un tipo de plaga fueron utilizados incorrectamente contra otros, tales como chinches y piojos. El uso de contenedores viejos de plaguicidas para el almacenamiento de alimentos y aguas en las casas es otra fuente de envenenamiento. Los plaguicidas que son almacenados inadecuadamente han sido consumidos por niños por ignorancia. Los estudios para relacionar plaguicidas y cáncer en la población general son difíciles de realizar debido a que generalmente los niveles de exposición son bajos.

7.6.4 EFECTOS TÓXICOS DE LOS PLAGUICIDAS

Los efectos tóxicos agudos son fáciles de reconocer mientras que los efectos que resultan por exposición a largo plazo a dosis bajas son con frecuencia más difíciles de identificar. La mayoría de las preparaciones de los plaguicidas incluyen sustancias transportadoras, ingredientes activos y solventes o compuestos que mejoran la absorción. Muchos de estos *ingredientes inertes* tienen efectos colaterales severos, con frecuencia peores que aquellos de los ingredientes activos. Por ejemplo el tetracloruro de carbono y el cloroformo, que son agentes muy tóxicos para el hígado y el sistema nervioso central, pueden ser utilizados como ingrediente inerte sin siquiera ser mencionados en las etiquetas del producto.

Para la mayoría de los plaguicidas, se ha determinado una relación dosis-efecto a la que los efectos menores pueden ser detectados por medición de cambios bioquímicos antes que ocurran los efectos adversos a la salud (Tabla 7.5).

Tabla 7.5 Tipos de efectos tóxicos de los plaguicidas.

Cambios bioquímicos	Efectos en la piel	Efectos neurológicos
Inducción de enzima	Irritante, dermatitis por contacto Alergia, dermatitis por contacto Reacciones fotoalérgicas	Neurotoxicidad retardada Cambios en la conducta Lesiones del Sistema Nervioso Central
	Cloroacné Pérdida permanente del pelo Cicatriz profunda, atrofia de la piel	Neuritis periférica

La severidad de algunos efectos de exposición a plaguicidas depende de la dosis, la ruta de exposición, el tipo de plaguicida, la absorción del plaguicida, así como la salud del individuo afectado. La excreción del plaguicida ocurre principalmente a través de la piel y los ojos. La absorción por la piel es de particular importancia cuando los plaguicidas son utilizados en países en desarrollo ya que con frecuencia no se usan las ropas protectoras. Los vapores de los plaguicidas pueden ser inhalados y la ingestión también puede ocurrir a través del consumo de alimentos contaminados. Dentro del cuerpo, el plaguicida puede ser metabolizado, almacenado en la grasa o excretado de forma inalterada. El DDT y el hexaclorociclohexano (HCH) son ejemplos de compuestos organoclorados que no se metabolizan fácilmente y terminan almacenados en el tejido graso.

En adición a los efectos tóxicos citados en la Tabla 7.5, los efectos sobre la reproducción humana han sido demostrados para varios plaguicidas, incluyendo esterilidad, muerte fetal, toxicidad fetal y teratogenicidad (malformaciones fetales). Otros efectos reconocidos de los plaguicidas incluyen la formación de cataratas, proliferación celular en los pulmones y efectos en el sistema inmune.

7.6.5 EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A PLAGUICIDAS

Cerca de 60% a 70% de todos los casos de envenenamiento agudo no intencional por plaguicidas son el resultado de la exposición ocupacional. El uso de plaguicidas en la agricultura pone en riesgo a los agricultores y sus familias. Otras ocupaciones donde los trabajadores pueden estar en riesgo incluyen los fabricantes de plaguicidas, los vendedores, los transportadores, los mezcladores, los cargadores, los operadores de equipos de aplicación, los agricultores y seleccionadores y los trabajadores de rescate y limpieza. Las sustancias químicas queman los ojos, dañan la piel, tienen efectos neurológicos y afectan el hígado, estos son algunos de los efectos agudos de la exposición ocupacional. Los efectos crónicos son más difíciles de identificar, y hay diferentes grados de

evidencia sobre la carcinogenicidad de diversos tipos de plaguicidas. Por ejemplo, hay evidencia fuerte de que los plaguicidas arsenicales están asociados con cáncer respiratorio en humanos, mientras que la evidencia para la carcinogenicidad de plaguicidas organoclorados no es fuerte.

7.6.6 MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

El manejo de las plagas puede consistir de muchos métodos diferentes, desde aplicaciones de rutina de plaguicidas hasta medidas para el manejo ecológico. Sin embargo, el concepto de control de plagas basado solamente en la aplicación de plaguicidas es cada vez más rechazado en la mayoría de los países. En su lugar, se reconoce que hay muchos enfoques que puedan controlar plagas reduciendo el uso de plaguicidas. Un sistema de manejo de plagas utiliza todas las técnicas y métodos adecuados de forma tan compatible como sea posible y mantiene la población de las plagas por debajo del límite en que causan daño económico (WHO, 1990a). Los enfoques que minimizan el uso de plaguicidas incluyen lo siguiente:

- métodos de pronóstico de enfermedades para minimizar su uso,
- mejor formulación y colocación de sustancias químicas de tal forma que sean utilizadas cantidades menores,
- sistemas agrícolas alternativos para minimizar el ataque de plagas y
- visitas repetidas a los campos para determinar si los niveles de plaga necesitan ser rociados.

En adición, otras estrategias de control de las plagas se usan cada vez más: el uso de insecticidas biológicos con base en patógenos de insectos; liberación o estimulación de los depredadores de plagas; liberación de insectos macho estériles para limitar la reproducción de las plagas; sembrado de variedades de cultivos resistentes a las plagas y sembrado de *cultivos trampa* para llevar a las plagas lejos de los cultivos principales (WRI, 1992-93).

Además, las técnicas biotecnológicas modernas ofrecen la posibilidad de transferir genes de una especie a otra. En esta forma los cultivos pueden hacerse más resistentes a las plagas. Por ejemplo, es bien conocido que la bacteria *Bacillus thuringiensis* produce una toxina que mata larvas e insectos. Usando técnicas de recombinación del ADN, la codificación de los genes para la toxina bacteriana ha sido aislada y transferida a plantas de tabaco donde es expresada. Cuando los insectos comen de esa planta transgénica mueren rápidamente. Sin embargo, estas técnicas no son aún ampliamente aplicadas ni aceptadas por la sociedad. Hay una renuencia considerable a aceptar la ingeniería genética debido al miedo de efectos no esperados y por aspectos éticos relacionados con la manipulación de la vida.

7.6.7 FERTILIZANTES

Mientras que el uso de fertilizantes por hectárea es mucho más alto en países desarrollados que en desarrollo, la tasa de uso en países en desarrollo se ha elevado rápidamente. La mayoría de los fertilizantes usados son nitrogenados, seguidos por fosfatos y potasa. Cerca de 50% de los fertilizantes usados benefician a las plantas, el resto se pierde en el sistema del suelo por lixiviación y escurrimiento y con frecuencia causa contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Como un resultado, el ecosistema local o regional será afectado y pueden desaparecer formas específicas de vida. Este tipo de contaminación es también común en áreas donde los desechos de los animales se aplican a la tierra destinada a la agricultura. El problema ha sido particularmente agudo en operaciones de cultivos y ganadería donde los agricultores aplican grandes cantidades de abono animal rico en nitrógeno pero continúan la aplicación de fertilizantes sintéticos como si no hubieran aplicado el abono animal (WRI, 1992-93). Los subsidios a los fertilizantes en muchos países en desarrollo han conducido a la aplicación ineficiente con las consecuentes pérdidas económicas y daño ambiental dentro y fuera de la zona agrícola (UNEP, 1992a).

El uso extensivo de fertilizantes también puede ocasionar aumento en los niveles de nitratos en la tierra y en el agua potable. Una de las consecuencias a la salud de la ingesta excesiva de nitratos es la formación de metahemoglobina, que disminuye la capacidad de transporte del oxígeno en la sangre. Los niños tienen un mayor riesgo con este efecto adverso, conocido como el *síndrome del niño azul*. Además, la ingesta excesiva de nitratos puede incrementar la formación de nitrosaminas en el estómago y éstas tienen efectos genotóxicos.

Algunos métodos agrícolas alternativos minimizan la necesidad de los fertilizantes químicos. Las leguminosas en una rotación de cultivos –la plantación sucesiva de diferentes cosechas en la misma área– pueden ayudar a fijar el nitrógeno al suelo y de esta forma reducir la necesidad de fertilizantes nitrogenados adicionales. La alfalfa, los garbanzos y varios tréboles están entre las plantas fijadoras de nitrógeno; bajo un manejo adecuado, los frijoles de soya pueden también adicionar nitrógeno al suelo (WRI, 1992-1993).

7.6.8 NUEVOS MÉTODOS AGRÍCOLAS

El albergue masivo de animales en la agricultura moderna puede incrementar la exposición a polvos, gases tóxicos y zoonosis. Por ejemplo, la crianza intensiva de aves de corral pone en contacto a gran número de animales unos con otros, lo que aumenta las probabilidades de infección con, por ejemplo, salmonela, gorgojos y otras plagas. En adición, la crianza de cerdos en lugares confinados conduce a reforzar altas concentraciones de monóxido de carbono, amonio y polvo.

Tales métodos agrícolas por tanto necesitan de adecuados sistemas de disposición. Además, la crianza intensiva de cerdos resulta en niveles de ruido de hasta 102 dB (A). Un ambiente laboral con esta intensidad de ruido requiere del uso de medios de protección auditivos.

Varias infecciones, incluyendo la brucelosis, la leptospirosis y la clamidiasis también están relacionadas al cultivo intensivo. La *brucelosis*, es una infección bacteriana crónica, caracterizada por dolores articulares, depresión y cambios anímicos. En algunos países esta enfermedad está ahora virtualmente eliminada por pruebas y programas de matanzas. Sin embargo, las zoonosis, *leptospirosis* y *clamidiasis* aún son una amenaza por lo que se requieren estudios adicionales y medidas preventivas. La espiroqueta asociada con la leptospirosis es transmitida por el orin de los animales, particularmente de ratas. Hay varios tipos de leptospirosis, que ocurren en granjas y trabajadores agrícolas, y difieren en la severidad y tipos de síntomas. El cultivo de la caña de azúcar es un ambiente particularmente riesgoso para la leptospirosis. Algunos tipos de leptospirosis pueden ser difundidos a los humanos en las granjas lecheras a través del contacto con el orin de las vacas. Los brotes de clamidiasis se han relacionado con las aves de corral y con la crianza de ovejas. Las mujeres tienen mayor riesgo de esta infección ya que con frecuencia ellas ayudan en estas labores porque poseen manos más pequeñas. La placenta de las ovejas puede estar muy infectada y llega a ser una fuente importante de infección para los humanos.

Aparte de estas enfermedades relacionadas con el ganado o la ganadería, los agricultores tienen mayor riesgo para ciertas enfermedades respiratorias. Las sustancias inhalables a los cuales los agricultores están expuestos incluyen antígenos orgánicos tales como el polen, las esporas de hongos, alérgenos animales, granos de polvos y gorgojos así como sustancias químicas tales como óxido nitroso, sulfuro de hidrógeno, metano, monóxido de carbono y amonio. Algunas enfermedades respiratorias están relacionadas con los silos. Se conocen tres tipos principales:

- La *enfermedad de los que laboran en el llenado de los silos* es debida a un efecto tóxico del dióxido de nitrógeno y resulta en irritación aguda y puede causar edema pulmonar, disnea (respiración dificultosa), tos y fatiga.
- La *enfermedad de los limpiadores de silos* (micotoxicosis pulmonar), es causada por una abrumadora concentración de esporas de hongos y se piensa que sea una reacción a las esporas de hongos. Los síntomas incluyen irritación del tracto respiratorio superior, disnea, malestar y fiebre.
- La *enfermedad pulmonar de los agricultores* y la *alveolitis alérgica*, pueden ocurrir después de la exposición a silos de granos mohosos, graneles y acopios.

7.6.9 PREVENCIÓN Y CONTROL

En adición al *control integrado de plagas*, hay varias técnicas, que si se aplican, pueden reducir los accidentes y la exposición a sustancias químicas. El apego a lo que comúnmente se conoce como *buenas prácticas agrícolas* está entre estas técnicas. Esto se refiere a métodos tales como la rotación de cultivos, el evitar el uso excesivo de fertilizantes, el uso de dosificaciones apropiadas para el control de las plagas y el uso correcto de herramientas y maquinaria agrícolas.

Los dispositivos de protección personal son otra área prioritaria e incluyen el uso de ropas y anteojos protectores, el uso de respiradores en atmósferas contaminadas, el uso de guantes para proteger las manos, el uso de botas con puntas de acero para proteger los pies y el uso de tapones de oídos para proteger la audición. Las precauciones médicas incluyen las vacunas, tanto para humanos como para animales, contra enfermedades como el tétano, la fiebre amarilla y la rabia. El tratamiento de otras enfermedades antes que se establezcan en los individuos o sean transmitidas de unos a otros es otra área importante. Finalmente, la educación de los trabajadores y de quienes sean particularmente vulnerables a los peligros agrícolas (por ejemplo, los familiares de los trabajadores) es también necesario (WHO, 1992).

Capítulo 8

ASENTAMIENTOS HUMANOS Y URBANIZACIÓN

Objetivos de estudio:

Después del estudio de este capítulo usted será capaz de:

- Describir los requerimientos básicos de los asentamientos humanos.
- Discutir los principios de dirección para la declaración de una vivienda saludable (p. ej. relación hacinamiento-enfermedad).
- Discutir los problemas de salud relacionados con la urbanización.
- Comprender los principios de planificación de una “ciudad saludable” y ser capaz de desarrollar estrategias para llevar a cabo este enfoque en un asentamiento determinado.

8.1 Naturaleza y requerimientos de los asentamientos humanos

8.1.1 LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS COMO ECOSISTEMAS

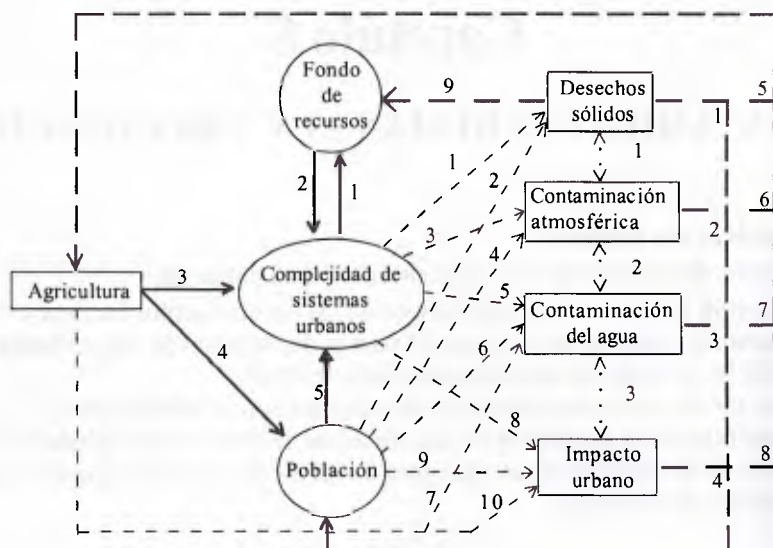
El Capítulo 1 introduce el concepto de ecosistemas. Antes de debatir los requerimientos de salud de los asentamientos, es conveniente abordar el tema de los asentamientos como ecosistemas. Un ecosistema urbano es un nexo de condiciones dinámicas entre los habitantes y sus actividades dentro de regiones o áreas urbanas. En un ecosistema urbano estable y sostenible, un grupo de personas o actividades no deben destruir ni dañar el ambiente natural o creado por el hombre que sostiene y mejora las condiciones de vida de otros grupos o sistemas de plantas, animales u otros humanos dentro de la localidad. En el Cuadro 8.1 se describe la complejidad de los ecosistemas urbanos.

Principios universales para un ecosistema urbano sustentable:

1. *Asegurar un adecuado abastecimiento de agua:* para ser sostenible cada ecosistema urbano debe utilizar solamente sus propias fuentes de agua fresca, ya sean subterráneas, o superficiales, a fin de evitar impactos negativos sobre otros sistemas urbanos.

2. *Mantener la vegetación protegida:* es importante mantener y mejorar el

Cuadro 8.1
Representación diagramática de las complejidades de ecosistemas urbanos



Explicación del diagrama

Los círculos representan los componentes estructurales. Los rectángulos son los problemas ambientales cuando las actividades de la región urbana intervienen.

En el centro está la *Complejidad de sistemas urbanos* que representa los procesos económicos de producción, conversión, distribución, transportación y las funciones del control de procesos políticos. El *fondo (pool) de recursos* es la fuente de los recursos no renovables. La agricultura es la fuente de alimentación, fibra y otros recursos renovables.

Las líneas continuas son las operaciones económicas. Las líneas discontinuas más oscuras son procesos que causan o contribuyen a problemas en el ecosistema. Las líneas discontinuas más claras son las influencias inhibitorias sobre la estructura social. Las líneas punteadas son las interacciones entre los efectos del ecosistema.

Operaciones económicas

- Extracción de recursos no renovables
- Extracción de recursos renovables
- Fuerza laboral
- Reciclaje de recursos previamente convertidos
- Distribución de alimentos

continúa

Procesos que contribuyen a efectos en los ecosistemas

- Derroche en operaciones económicas
- Manufactura, conversión y servicios municipales
- Crecimiento natural interno de la población, inmigración
- Desechos de la agricultura y efluentes
- Atracción económica y cultural, desarrollo
- Escape de emisiones y emanaciones de la manufactura y la conversión
- Desechos domésticos y de consumo
- Emisiones domésticas y de vehículos
- Residuales líquidos y desechos municipales

Influencias inhibitorias sobre la estructura social

- Daño, distribución del costo, peligro de urbanización masiva
- Costo de limpieza, curación, descontaminación, pérdida de utilidad
- Hacinamiento, ruido, fragmentación social.
- Contaminación del suelo, desechos peligrosos y no peligrosos
- Riesgos para la salud, materiales, especies y valores estéticos
- Usurpación de las tierras cultivables para urbanizaciones, pobreza de la tierra, uso planificado
- Daño de la cosecha y provisiones
- Salinización, contaminación de los suelos

Efectos de las interacciones del ecosistema

1,2 Métodos alternativos de disposición, 3 Concentración, densidad y urbanización
interconversiones

Fuente: Guidotti, 1994

ambiente natural, incluyendo áreas de árboles y fuentes de agua. Esto implica la provisión de sombra y fresco para las personas, plantas y animales; la protección de riberas y laderas de la erosión, así como la protección del subsuelo de las fuerzas naturales como el viento, la lluvia, nevadas y otras tormentas. Por ejemplo, los tornados nunca tocan las áreas de árboles tupidos ni áreas urbanizadas y las presas pueden reducir dramáticamente los efectos de las inundaciones producidas por las tormentas y su rápido desagüe.

3. *Preservar la calidad de los suelos:* los mejores suelos deben ser preservados para usos de la agricultura y los de mala calidad emplearlos en la construcción de edificaciones y otras infraestructuras. Los mejores suelos deben ser preservados para el suministro de alimentos tanto del presente como del futuro.

4. *Asegurar condiciones sostenibles para la fauna silvestre:* proteger sistemas naturales de espacio abierto alrededor de áreas urbanas, incluyendo áreas de árboles y fuentes de agua para el mantenimiento del hábitat de la fauna silves-

tre y en general del entorno natural para todas las especies. Ellos son centinelas importantes para el bienestar ambiental futuro de los humanos y otras especies.

5. *Mantener potenciales de producción regional de alimentos:* con el propósito de asegurar que los ecosistemas urbanos puedan ser capaces de autoabastecer ciertas cantidades de alimentos frescos necesarios, es esencial mantener y mejorar el potencial de producción local de alimentos dentro de la región de cada ecosistema urbano.

6. *Crear un medio ambiente urbano a escala humana:* adaptar el sistema de transportación, patrones de uso de la tierra, arquitectura y gobierno de ciudades a fin de que sea conveniente y eficiente en energía en respuesta a las necesidades de los residentes, atractivo para vivir y con una diversidad de niveles culturales y socioeconómicos.

8.1.2 REQUERIMIENTOS BÁSICOS DE SALUD DE LOS ASENTAMIENTOS

Tanto los asentamientos rurales como urbanos deben satisfacer muchos requerimientos con el propósito de proveer adecuadamente las necesidades de salud económicas, físicas y psicológicas, en el orden económico, físico y social respecto a la salud. El domicilio familiar no sólo sirve como albergue, sino también es usualmente el centro de la vida emocional de las personas. Los asentamientos proveen una mayor dimensión de bienes, que incluyen los servicios de saneamiento básico, tales como: suministro de agua, recogida de desechos, comunicaciones, carreteras y transporte público, además centros de producción y distribución de artículos para el consumo, ropa y alimentos. También proporcionan otros servicios tales como la educación, la salud, el mantenimiento y aplicación de las leyes e infraestructuras y soportes culturales, religiosos y recreativos, y atención a las necesidades de los grupos más vulnerables como los ancianos.

En efecto, existe una relación simbiótica entre las viviendas familiares y los asentamientos, en la cual los valores de ambos se complementan uno al otro. La vivienda no es solamente el lugar para comer y dormir, sino es también un lugar donde uno tiene sus derechos y pertenencias, donde descansa, estudia, crea, alimenta y educa a sus hijos, y es frecuentemente el lugar donde muere. Usualmente, es el lugar más importante en la vida de una persona. Por tanto, los asentamientos proveen el cordón umbilical de soporte para el desarrollo de familias e individuos.

Los requisitos del hogar están supeditados al clima. Por ejemplo en las latitudes extremas norte y sur la protección contra el frío es un problema primordial, mientras que en las regiones calurosas la protección contra el calor es esencial. En las regiones costeras o tropicales, los huracanes, monzones y las marejadas

representan un serio problema, mientras en algunas regiones interiores, las tormentas de arena, tornados y ventiscas constituyen diversos problemas. En regiones sísmicas, los volcanes y terremotos representan una potencial amenaza. Cada una de estas condiciones da origen a diferentes diseños, tanto de viviendas como de asentamientos, sobre infraestructuras ideales y necesidades de vivienda.

Aunque existe alguna variación de infraestructura entre los asentamientos, hay diversos requerimientos universales. Todas las personas necesitan de un suministro seguro y permanente de agua y alimentos. Todos los humanos producen desechos fecales, generan residuos de alimentos y otros desechos adicionales que requieren un manejo adecuado. Adicionalmente, muchas comunidades en la actualidad necesitan otros requerimientos como la protección del medio ambiente de la contaminación industrial, además del tráfico vehicular, el cual crea contaminación y riesgos para la salud. Cuando las comunidades no son capaces de cumplir estos requerimientos, aparecen entonces problemas de salud para sus residentes.

Para que un asentamiento sea efectivo, el diseño de las viviendas y el desarrollo deben estar basados en diseños estándar apropiados para la comunidad y contar con los medios para llevarlos a cabo. Hacer cumplir estos estándares es particularmente difícil por las comunidades más pobres y en los países en vías de desarrollo. Las comunidades o urbanizaciones informales, algunas veces conocidas como “villas miseria”, sufren particularmente estas carencias. Estas comunidades crecen en las zonas marginales de las grandes ciudades, particularmente en zonas no designadas para la creación de barrios residenciales y sufren además la construcción de viviendas por debajo de los estándares y de su mantenimiento. Además, se hallan expuestas a la contaminación industrial y a la carencia de servicios básicos como el suministro de agua, hasta los más complejos, como los culturales. Frecuentemente, carecen del apoyo gubernamental para la intervención y asistencia, ya que técnicamente son ilegales, por lo que sus residentes carecen de apoyo político. Por eso, ellos deben confiar en la iniciativa de la comunidad para emprender la solución de sus problemas.

8.2 Vivienda y salud

8.2.1 PRINCIPIOS BÁSICOS

La OMS, en su libro *Principios de salud en la vivienda* (OMS, 1989), subraya un grupo de seis principios relacionados con las condiciones de la vivienda y la salud humana (Tabla 8.1).

Tabla 8.1 Principios relacionados con las necesidades de salud y vivienda.

-
- Protección contra enfermedades transmisibles
 - Protección contra lesiones, intoxicaciones y enfermedades crónicas.
 - Reducción del estrés psicológico y social al mínimo.
 - Mejoramiento del ambiente físico de viviendas y su entorno circundante.
 - Estructura adecuada al uso de la vivienda.
 - Protección de la población de riesgos especiales.
-

Fuente: OMS, 1989.

8.2.2 VIVIENDA Y ENFERMEDAD

Las condiciones en la vivienda juegan un papel crucial en el control de muchas enfermedades, especialmente las transmisibles. En la Tabla 8.2 se muestran los factores de la vivienda necesarios para el control de la transmisión de enfermedades transmisibles y de otros factores que han sido descritos en detalle en capítulos anteriores. El hogar puede proteger o facilitar las enfermedades.

Los pobres son especialmente vulnerables a las condiciones inadecuadas de la vivienda. Por la misma razón, no pueden procurarse una vivienda adecuada, ni una apropiada nutrición, educación ni servicios de salud. Ellos también serán los más expuestos a la contaminación del polvo, ruido y otros peligros causados por las condiciones climáticas extremas, debido a la naturaleza de sus economías y con frecuencia a sus viviendas de mala calidad.

Tabla 8.2 Factores que influyen en el control y transmisión de enfermedades.

-
- Un abastecimiento de agua seguro y adecuado.
 - Disposición sanitaria de excretas humanas y animales.
 - Eficiente drenaje del agua superficial.
 - Apropiada disposición y almacenamiento de desechos sólidos.
 - Higiene personal y doméstica.
 - Preparación segura de alimentos.
 - Estructuración y mantenimiento de viviendas.
-

De todos los factores referidos en la Tabla 8.2, el abastecimiento de agua y las facilidades de saneamiento son las más importantes, como se muestra en el Capítulo 6. El drenaje eficiente de aguas superficiales ayuda al control de las enfermedades transmisibles y reduce los riesgos y daños de sus propiedades. La carencia o desperfectos de los sistemas de drenaje pueden crear focos de proliferación de vectores.

La correcta disposición de residuos sólidos y su almacenamiento reduce la transmisión de enfermedades por vectores y reduce la población expuesta a estas condiciones. El manejo de desechos sólidos es más importante cuando en estos se incluyen las excretas. El problema de la disposición de los residuales existe predominantemente en zonas urbanas debido a los espacios reducidos, el hacinamiento y el gran consumo. Los pobres en área urbana están especialmente en riesgo, debido a su particular dependencia de los basureros para su subsistencia, manteniéndose en contacto directo con todo tipo de desechos en los mismos.

La higiene personal y doméstica son cruciales para la reducción de numerosas infecciones, incluyendo enfermedades de la piel como sepsis, dermatitis y eczema, enfermedades de los ojos tales como tracoma y conjuntivitis, o enfermedades contagiosas como la tuberculosis y la meningitis. La higiene es imposible de mantener en lugares donde no hay suministro adecuado de agua. Algunos aspectos relacionados con el diseño de la vivienda y la prevención de enfermedades se muestran en la Tabla 8.3.

8.2.3 ENFERMEDADES TRANSMISIBLES

Si no hay suficientes habitaciones o dormitorios en una vivienda para separar las personas enfermas del resto de la familia, entonces las enfermedades contagiosas serán transmitidas con mayor facilidad a otros miembros. Además, la vivienda que no posea una adecuada ventilación y que no permita la penetración de los rayos del sol, facilita la transmisión de enfermedades, debido a que los microorganismos permanecen retenidos en su interior por mayor tiempo y cantidad. Esto es aplicable en enfermedades como la tuberculosis (TB), una de las enfermedades más letales a nivel mundial. La tuberculosis es una enfermedad contagiosa que prolifera en lugares hacinados y ambientes no higiénicos. Es causada por una bacteria (bacilo de Koch) que produce lesiones pulmonares y eventualmente daños en el pulmón capaces de ocasionar la muerte. Una vez en el cuerpo humano la bacteria puede hacerse muy resistente al tratamiento con antibióticos, principalmente cuando el tratamiento inicial es incompleto y en sujetos inmunodeprimidos, por lo que la curación de los pacientes con TB es difícil y cara. Para eliminar la propagación de la enfermedad se debe situar a la persona enferma en un lugar separado con adecuada ventilación y donde la luz ultravioleta llegue con facilidad. Es frecuente encontrar a la TB en urbanizaciones pobres donde se propaga fácilmente por el hacinamiento de las personas, tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo.

Tabla 8.3 Características distintivas del diseño de una vivienda y enfermedades que pueden prevenirse.

Características	Enfermedades prevenibles
	<i>Asociación fuerte</i>
• Adecuado abastecimiento de agua • Deposición sanitaria de excretas • Suministro seguro de agua • Facilidades de baño y lavado • Medios de producción de alimentos • Control de la contaminación del aire interior • Ventilación en las casas (especialmente en caso de incendios en el interior) • Control del polvo en la vivienda • Viviendas situadas fuera del radio de acción de vectores • Control de incendios, protección del kerosene • Pisos terminados • Residuos • Control del uso de los materiales de paja • Rehabilitación de viviendas • Control del calor dentro de la vivienda • Almacenamiento adecuado de los alimentos • Acumulación de basura	• Tracoma, infecciones de la piel, enfermedades gastrointestinales • Gastroenteritis y parasitismo intestinal • Fiebre tifoidea, cólera. • Esquistosomiasis, tracoma, gastroenteritis y enfermedades de la piel • Malnutrición • Enfermedades respiratorias crónicas o agudas
	<i>Asociación menos fuerte</i>
	• Enfermedades respiratorias agudas y crónicas • Asma • Malaria, esquistosomiasis, filariasis, tripanosomiasis. • Quemaduras • Anquilostomiasis • Malaria
	<i>Alguna asociación</i>
	• Enfermedad de Chagas • Desórdenes psicológicos • Estrés por calor • Malnutrición • Enfermedad de Chagas, leishmaniasis.

La meningitis es otra enfermedad transmisible que mata a millones de personas en el mundo. Se trasmite por vía aérea y se controla de la misma forma que la TB. La meningitis puede ser causada por diferentes virus y bacterias capaces de penetrar la barrera hematoencefálica. En el caso de las meningitis virales las probabilidades de sobrevivir de un paciente están en dependencia del estado de su sistema inmune. Las meningitis bacterianas pueden tratarse con antibióticos, pero pueden desarrollarse rápidamente y ser fatales; requiriendo por ello un tratamiento rápido e intensivo que no siempre es exitoso. Otras enfermedades como la influenza, pueden también transmitirse más rápido en viviendas inadecuadas.

Estas no son las únicas enfermedades transmisibles que son influenciadas por características desfavorables de la vivienda. El mantenimiento deficiente y las malas condiciones higiénicas constituyen excelentes medios para el desarrollo de muchos vectores, particularmente en las regiones tropicales. Por ejemplo, la enfermedad de Chagas (tripanosomiasis americana) es causada por la vinchuca, un insecto hematófago que vive en las hendiduras u orificios oscuros de las paredes y techos de las casas pobremente construidas o mantenidas. Su picadura permite la inoculación del agente causal de esta enfermedad (presente en sus heces), caracterizada por un prolongado período de incubación cuyas lesiones en el corazón resultan frecuentemente fatales en los 10 años siguientes para los adultos, y a un plazo mucho menor en los niños.

3.2.4 ACCIDENTES EN EL HOGAR Y EXPOSICIONES A TÓXICOS

Las viviendas deben estar protegidas contra riesgos físicos y exposiciones tóxicas. Esto depende tanto de las facilidades estructurales, como del comportamiento de las personas que las habitan. En la planificación de la vivienda se deben tomar en consideración algunos factores a fin de proteger a sus residentes contra los peligros estructurales y del mobiliario. El diseño deficiente o construcción inadecuada de las viviendas incrementa el riesgo de accidentes, particularmente en niños.

Riesgos químicos

La contaminación del aire dentro de las viviendas es un problema para muchas personas y actualmente representa un mayor riesgo para la salud que la contaminación del aire exterior en muchas comunidades. Las que dependen de la combustión de los derivados del petróleo en sus hogares son más vulnerables, dando como resultado que las enfermedades respiratorias en los niños produzcan tanta mortalidad como las diarreas. El empleo de biomasa como combustible doméstico está ampliamente difundido en algunas regiones y está asociado a riesgos severos para la salud (ver Capítulos 5 y 9). Los combustibles fósiles se emplean comúnmente en el hogar, y debido a su pobre combustión exponen a las personas a nocivas emisiones de CO, NO₂, polvo, partículas en suspensión y compuestos orgánicos volátiles. La ventilación insuficiente, el uso de cocinas sin chimeneas o dispositivos para la extracción de contaminantes constituyen peligros asociados a ambos tipos de combustibles. Adicionalmente, los materiales de construcción y el mobiliario son fuentes frecuentes de contaminación dentro de las viviendas (formaldehído, asbestos, compuestos orgánicos volátiles.) Los fumadores de cigarrillos contribuyen también notoriamente, o pueden constituir, la fuente principal de contaminación del aire en el interior de la vivienda debido a los efectos severos del humo del tabaco sobre la salud.

La contaminación del ambiente circundante a la vivienda puede también ocasionar problemas. En un número de países, el escape de radón y gases radioactivos derivados de éste ocasionan una alta exposición en los residentes, asociada al incremento del riesgo de cáncer pulmonar. La contaminación del aire en el exterior de la vivienda en áreas urbanas se debe a la concentración de la población, la industria y el transporte automotor. La calefacción de la vivienda con leña o carbón es la principal causa de contaminación del aire urbano en muchas ciudades, principalmente de países en desarrollo.

Además, en los países en desarrollo no existe el registro y control obligatorio de vehículos contaminadores, la exposición a plomo, debido al empleo de plomo en la gasolina constituye aún un severo peligro para la salud en numerosos países desarrollados y no desarrollados. En muchos lugares donde los controles de la contaminación han sido establecidos, los vehículos automotores han dejado de contribuir a la absorción de plomo. Las zonas de más riesgos son las áreas de viviendas y escolares cercanas a rutas de tráfico intenso.

Las casas en las que se han utilizado pinturas con base de plomo, constituyen otra fuente de intoxicación y efectos crónicos, especialmente en los niños. Otro problema potencial está presente en los sistemas de abasto de agua cuando es desinfectada, ya que el cloro, el bromo, los organoclorados, furanos y otros compuestos pueden contaminar el agua que las abastece. Las tuberías viejas utilizadas en los acueductos, fabricadas o soldadas con plomo, constituyen otro problema común.

Las industrias caseras (viviendas usadas como lugar de trabajo) acarrear un riesgo asociado a la exposición a contaminantes. Además, el empleo de materiales peligrosos produce ruido y desechos contaminantes. Este riesgo se intensifica en un sitio urbano con alta densidad poblacional donde accidentes tales como los incendios pueden afectar a toda la comunidad.

Síndrome del edificio enfermo

En algunos países industrializados, el problema del síndrome del edificio enfermo (SEE) o de enfermedades relacionadas con la construcción, como algunas veces es llamado, es común. El hecho de que la mayoría de las personas están entre 80 % ó 90 % del tiempo bajo techo, subraya la importancia de tratar este problema. Cuando se presentó la crisis del petróleo a principios de la década de los años 70 se elevaron los precios de la energía vertiginosamente, los países industrializados dieron prioridad a la construcción de nuevas edificaciones lo más herméticas posible. Pronto se observó que los gases desprendidos por los materiales de construcción y otros contaminantes quedaban atrapados dentro de esos ambientes tan cerrados. Esto trajo como consecuencia un incremento de los

problemas de salud. En las dos décadas siguientes, la incidencia de enfermedades relacionadas con la calidad del aire en las viviendas, escuelas, oficinas y otros lugares de trabajo se incrementó dramáticamente. El término “síndrome del edificio hermético” se utilizó al principio para describir este fenómeno, el que actualmente se reconoce obedece a factores causales mucho más complejos.

Los síntomas típicos del SEE son a menudo generales y no específicos, y se muestran en la Tabla 8.4. Las causas del SEE incluyen: ventilación inadecuada (estimada en los Estados Unidos en los años 80 como la responsable del 50 % de los casos), algunas fuentes de contaminación ambiental dentro y fuera de las viviendas (estimadas en el 30 %) y otras desconocidas (10 %). El resto lo constituyen los materiales de construcción, la humedad, suelos, humo del cigarro, el ruido e iluminación. Además, la humidificación inadecuada produce aire seco (causante de irritación en los ojos, piel y garganta), electricidad estática y fluctuación de la temperatura.

Las fuentes de contaminación incluyen el mobiliario o carpintería nuevos, materiales de limpieza, sustancias químicas de oficinas contiguas, polvo, fibras de cristal y el humo del tabaco, entre otros. Virtualmente todo el polvo, vapores y aerosoles mezclados pueden reaccionar con proteínas y causar reacciones alérgicas. Esto generalmente requiere de una exposición mantenida para hacerse sensible, sin embargo, las reacciones alérgicas pueden ser producidas también después de una corta exposición a baja concentración, una vez que el individuo ha sido sensibilizado.

Tabla 8.4. Síntomas típicos asociados con el síndrome del edificio enfermo.

-
- Congestión nasal y problemas de los senos nasales.
 - Dolores de cabeza.
 - Fatiga, adormecimiento.
 - Irritación en los ojos.
 - Dificultades respiratorias. (p. ej. sensación de compresión del tórax, exacerbaciones de las crisis de asma, incremento del número de infecciones del tracto respiratorio superior)
 - Problemas en la piel (eczema y otras erupciones)
-

8.2.5 PROBLEMAS PSICOSOCIALES

La reducción de los problemas psicosociales es una función vital de una vivienda apropiada, ya que el vínculo entre la salud física y psicológica es fuerte. Una pobre salud psicológica no sólo hace a las personas más susceptibles a enfer-

medades transmisibles y crónicas, sino que también otros problemas de salud se asocian a ella (p. ej.: enfermedades psicosomáticas, enfermedades mentales, uso de drogas y conductas violentas). La vivienda en sitios urbanos deja de cumplir su papel de refugio psicológico, el hacinamiento y el estrés de la vida urbana producen un efecto opuesto. En realidad la vivienda urbana con su modelo de hogares de familias individuales (llevados del mundo desarrollado a las comunidades de todo el mundo) con frecuencia tiende a romper con las estructuras tradicionales de la comunidad que existían en los ambientes rurales, incrementando la alienación de las personas. El pobre tiene el peso adicional de vivir en situaciones inseguras y de estar sujeto a la explotación en sus ambientes hogareños. Todos estos problemas son experimentados más agudamente por quienes hacen la transición de la vida rural a la urbana. La tendencia creciente a la urbanización hace este problema urgente. Muchos factores relacionados con la vivienda pueden reducir estos problemas al mínimo, algunos de ellos se muestran en la Tabla 8.5.

Tabla 8.5 Factores que afectan el control de los problemas psicosociales.

- El espacio para vivir debe ser lo suficientemente grande, razonablemente privado y confortable
- El ambiente en la vivienda debe ser seguro y propiciar la interacción con la comunidad
- El espacio recreacional debe estar disponible para todos los residentes del vecindario.
- Las viviendas deben estar protegidas contra ruidos, industrias y tener acceso a parques y otros sitios agradables.
- La vivienda debe ser fácil de mantener y limpiar.

Como se expresó en la sección 4.6, un *indicador de salud ambiental* es aquel que refleja las relaciones entre el ambiente y la salud, ubicado a lo largo de una cadena causal, ya explicada en la propia sección (Figura 4.6). El Cuadro 8.2 expone una serie de posibles *indicadores de salud ambiental* vinculados a la vivienda.

Pregunta de estudio

Teniendo en cuenta los principios señalados en la Tabla 8.1 ¿Cómo evaluaría usted la vivienda en su vecindario?

Cuadro 8.2
Ejemplos de indicadores de salud ambiental para viviendas

Fuerzas Conductoras

• Migración	• Crecimiento de la población
• Urbanización	• Pobreza
• Uso de la tierra	• Asentamientos planificados

Presiones

• Carencia de viviendas	• Carencia de abastecimiento de agua con adecuadas condiciones sanitarias
• Carencia de drenaje del agua superficial.	• Carencia de adecuada disposición de desechos sólidos y excretas.
• Superpoblación, carencia de espacios habitables.	• Carencia de higiene personal, doméstica y ambiental
• Uso de la vivienda como lugar de trabajo.	• Uso de biomasa, carbón o kerosene como combustible para cocinar, calefacción e iluminación.
• Uso de medios que no aseguran una preparación adecuada de alimentos.	• Carencia de iluminación, ventilación, aislamiento y/o privacidad
• Carencia de estructuras de protección.	• Carencia de espacios abiertos y áreas verdes
• Perjuicios de seguridad, químicos y de incendio.	• Ubicación y protección inadecuada contra inundaciones, derrumbes, industrias y el tráfico

Estado

• Contaminación química y microbiológica del suministro de agua (de consumo y recreacional).	• Contaminación del aire interior
• Contaminación del suministro alimentos	• Agua estancada (criadero de vectores).
• Residuos y desperdicios.	• Insectos nocivos, roedores, vermes y otros organismos patógenos
• Humedad y olores	• Incendio y explosiones

Exposición

- Proporción de viviendas/habitantes con inadecuado suministro de agua, recogida de residuales y facilidades sanitarias.
- Proporción de viviendas/habitantes que usan kerosene, carbón, biomasa como combustible para calefacción, cocción e iluminación.

continúa...

- Proporción de viviendas/habitantes expuestas a niveles variables de contaminación del aire intradomiciliario producto de incendios y humo de tabaco.
- Proporción de viviendas con altos niveles de radón y asbesto.
- Proporción de viviendas/habitantes expuestas a la humedad, malos olores o altos niveles de ruido.
- Proporción de viviendas/habitantes expuestas a insectos nocivos, roedores y vermes.
- Proporción de viviendas/habitantes expuestas a viviendas estructuralmente inseguras, o ubicadas en tierras inseguras o próximas a industrias.
- Proporción de viviendas/habitantes en condiciones de hacinamiento con malas condiciones higiénicas domésticas y ambientales.
- Proporción de viviendas/habitantes expuestas a ventilación, iluminación y aislamiento inadecuado.

Efectos

- Enfermedades de la piel (eczema, dermatitis, piojos).
- Violencia, crimen, abuso, drogas y alcoholismo.
- Prevalencia/incidencia de accidentes, heridas, o quemaduras en la casa o accidentes del tránsito.
- Enfermedades gastrointestinales, enfermedades parasitarias, TB, sarampión y otras enfermedades transmisibles.
- Envenenamiento, trastornos de conducta y otras enfermedades crónicas relacionadas.
- Enfermedades psicológicas/mentales (relacionadas con el estrés, ansiedad, depresión).
- Síntomas respiratorios relacionados con el ambiente.

Acciones

• Uso planificado de la tierra y medidas de zonificación.	• Medidas de conservación.
• Programas de mejoramiento de viviendas en mal estado.	• Medidas para posesión de tierras y viviendas.
• Medidas estándar de legislación de la vivienda.	• Programas educativos y legislativos en relación a la salud y la vivienda.
• Medidas de provisión de servicios de (agua y saneamiento, electricidad, servicios comunitarios de salud preventivos y curativos y servicios de emergencias.)	• Educación de adultos y programas para el desarrollo de la mujer.
• Programas de vigilancia y monitoreo de los riesgos a la salud.	• Provisión de alojamiento a bajo costo
	• Programas intersectoriales en relación a la vivienda.
	• Programas de desarrollo social y económico.

8.3 Factores que causan incremento en la urbanización

8.3.1 TENDENCIAS EN LA URBANIZACIÓN

Una población dada puede crecer por varias causas: un aumento en los nacimientos o un decrecimiento en las muertes (incremento natural), aumento de la inmigración o decrecimiento de la emigración. Las áreas urbanas del mundo están experimentando hoy día, tanto un incremento natural como un incremento neto en la migración hacia ellas. La urbanización, proceso mediante el cual un incremento proporcional de la población va a vivir a áreas urbanas, se ha convertido en un problema mundial.

La población mundial en 1990 era de 5300 millones de personas, más de tres veces mayor que la población de hace 100 años. Se predice un incremento de un 36 % para el año 2010, del cual el 90 % ocurrirá en los países en vías de desarrollo. La población urbana de estos países se duplicará en 20 años a partir de 1990, lo que significa que para el año 2010 más de la mitad de la población del mundo residirá en centros urbanos (alrededor de 400 millones) (OPS/PNUMA, 1992). Para el año 2025 se espera que más de 5000 millones vivirán en áreas urbanas, como se muestra en la Figura 8.1 (WRI/PNUMA/PNUD/Banco Mundial, 1996). La urbanización en los países en vías de desarrollo ha crecido más rápido que en los países desarrollados, se estima para el año 2010 que 60 % de la población urbana de esos países en vías de desarrollo corresponderá a las villas miseria o asentamientos informales.

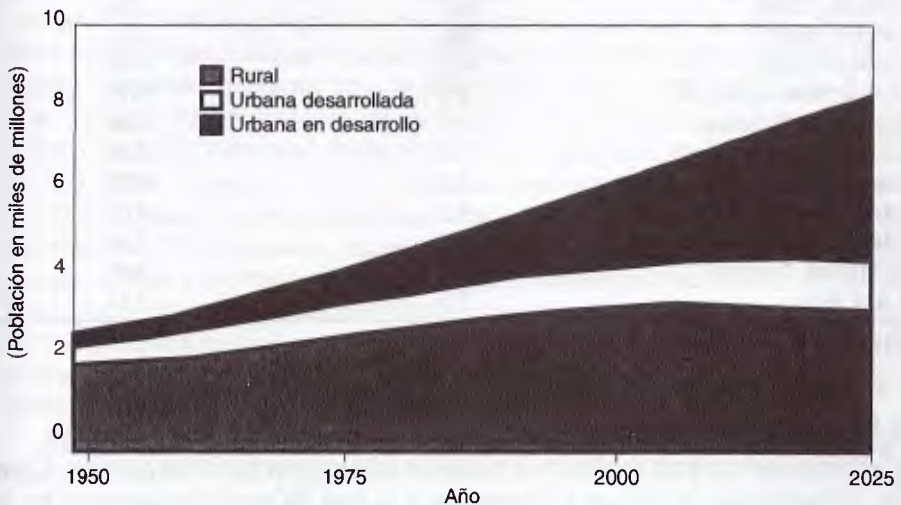


Figura 8.1 Crecimiento de la población urbana, 1920-2025.

Un aspecto especial en esta urbanización global es la tendencia al crecimiento de megaciudades, con una población de 8 millones de habitantes o más, y se prevé para el año 2015 la existencia de 33 megaciudades. En la Tabla 8.6 se muestran las 25 ciudades más grandes del mundo. Aunque la mayoría de los residentes urbanos no viven en megaciudades, éstas representaban en el año 2000 unos 330 millones de habitantes.

Tabla 8.6 Las veinticinco ciudades más grandes del mundo, 1995.

	Población (millones)	Promedio anual. Tasa de crecimiento (%) 1990-95
Tokio, Japón	26.8	1.41
San Pablo, Brasil	16.4	2.01
Nueva York, Estados Unidos	16.3	0.34
Ciudad de México, México	15.6	0.73
Bombay, India	15.1	4.22
Shangai, China	15.1	2.29
Los Angeles, Estados Unidos	12.4	1.60
Beijing, China	12.4	2.57
Calcuta, India	11.7	1.67
Seúl, República de Corea	11.6	1.95
Jakarta, Indonesia	11.5	4.35
Buenos Aires, Argentina	11.0	0.68
Tianjin, China	10.7	2.88
Osaka, Japón	10.6	0.23
Lagos, Nigeria	10.3	5.68
Río de Janeiro, Brasil	9.9	0.77
Nueva Delhi, India	9.9	3.80
El Cairo, Egipto	9.7	2.24
París, Francia	9.5	0.29
Metro Manila, Filipinas	9.3	3.05
Moscú, Federación Rusa	9.2	5.74
Estambul, Turquía	7.8	3.67
Lima, Perú	7.5	2.81

Fuente: UNDP, 1995.

8.3.2 MIGRACIÓN A CENTROS URBANOS

Las personas emigran desde áreas rurales o urbanas por variadas razones. Como las expectativas de vida se incrementan y la tasa de nacimientos crece en las áreas rurales, los campesinos no pueden dar el soporte necesario a las exigen-

cias de las necesidades de la familia, a lo cual se suman las costumbres rurales y las leyes discriminatorias heredadas que pueden incitar o forzar la migración. Los factores económicos, y políticos, influyen grandemente en los patrones de migración. (Tabla 8.7).

Tabla 8.7 Factores que afectan la urbanización regional.

-
- Cambios en una región económica o base empleada, con frecuencia llevan al incremento de oportunidades de empleo en centros urbanos.
 - Áreas con desigual distribución económica, donde solamente unos pocos individuos son beneficiados por el crecimiento económico, experimentan diferencias significativas en los patrones de urbanización con áreas donde la mayoría de las personas tiene acceso a los beneficios económicos.
 - La estructura política puede afectar la distribución de la pobreza y por tanto las áreas de desarrollo urbano.
 - Las políticas macroeconómicas de gobierno pueden favorecer a los centros urbanos y por tanto incrementar la urbanización.
 - El mercado mundial, el cual influye en las economías nacionales, necesariamente influye en los sistemas urbanos.
-

Muchos países en desarrollo expanden sus economías rápidamente. Las más altas tasas de urbanización se observan en estos países. Algunos ejemplos de ellos son: Costa de Marfil, Indonesia, India, México, Brasil y Tailandia. Un incremento de la economía significa más industrias y aumento de empleos, lo que atrae mayor población. Las personas emigran del campo a las ciudades buscando trabajo, mejores estándares de vida, mejor educación y otras facilidades y servicios. También se emigra hacia las ciudades como producto del hambre, la sequía y otros desastres naturales de las áreas rurales (Somalia en los 70 y Etiopía en los 80). Otros factores como las guerras, desastres naturales y crisis ecológicas, son fuertes motivos para producir una tendencia de urbanización en determinadas regiones. Por otra parte, países con economías estancadas, caídas del presupuesto público y enormes débitos han experimentado un crecimiento urbano más lento que el esperado. Áreas con desigual distribución, donde pocos individuos fueron beneficiados por el crecimiento económico, experimentan diferencias significativas en los patrones de urbanización en relación con áreas donde gran parte de la población tiene acceso a los beneficios económicos.

En los países desarrollados existe un cambio de la urbanización a la suburbanización, pues personas e industrias se localizan fuera de las grandes ciudades. Estas ciudades pueden resultar muy caras para la población y la industria. Los avances en las vías de transporte y comunicaciones, y cambios en las

estructuras económicas hacen posible que áreas rurales y pequeños pueblos atraigan empresas y habitantes que se localizaban anteriormente en las ciudades. Muchas de estas poblaciones suburbanizadas viajan a la ciudad para trabajar y existe una tendencia de la población rural en países desarrollados a tener cada vez menos una base agrícola. Debe enfatizarse que el cambio en la población de los países desarrollados es hacia la urbanización (WHO, 1992c).

Pregunta de estudio

¿Hay una urbanización en su área? Si es así ¿por qué? Si no es así ¿por qué no? y ¿usted piensa que podría ocurrir en un futuro próximo?

8.4 Desarrollo rural, económico y social

8.4.1 DIFERENCIAS DE TIEMPO Y ESPACIO

Las comunidades rurales de poco desarrollo deben adaptarse a realidades de tiempo y espacio que son diferentes a las de las comunidades urbanas. En áreas rurales las distancias entre los abastecedores y consumidores son más grandes. la transportación demora más tiempo y la densidad de población es mucho menor que en la ciudad, por ello hay menos eficiencia en la conducción de los negocios. Debido a que la densidad de población es menor, y habitualmente más uniformemente distribuida que en la zona urbana, es más práctico hacer negocios con las personas en un tiempo determinado en vez de en un lugar determinado. Esta es la base del tradicional mercado, al que las personas vienen un día determinado a comprar o vender sus mercancías y a gestionar sus propios negocios. De igual forma ferias, festivales y exposiciones logran este propósito. Muchas ciudades que empezaron como asentamientos permanentes crecieron en los lugares de feria o mercado. Los precios para los artículos de primera necesidad y la tierra (excepto la agricultura en las áreas ricas) tienden a ser menores en áreas rurales que en las ciudades, pero el costo de construcción y transportación puede ser mucho mayor.

8.4.2 DEPENDENCIA DE INDUSTRIAS PRIMARIAS

La economía de la mayoría de las áreas rurales está basada en la agricultura y en recursos para la industria, tales como la minería, la forestal y la pesca. Los artículos agrícolas y la pesca pueden ayudar a sostener la comunidad, pero la mayoría de las áreas rurales sobrevive económicamente por la venta de sus productos o el comercio de las mercancías que ellos necesitan.

Los productos de las áreas rurales tienden a ser susceptibles a cambios en los precios, ya que los artículos que se producen deben ser vendidos o negociados. Si la demanda es baja, los precios pueden decaer abruptamente como ha sido frecuentemente el caso de las cosechas de azúcar, café y cacao. Estas áreas dependen gradualmente de las fluctuaciones de los precios que tienen sus productos y de la inestabilidad económica. La diversificación de la economía rural ha sido, por tanto, un propósito en muchos países. Donde la densidad lo permite alguna limitada producción puede ser mantenida, como es el caso de industrias municipales en China, en que los distritos rurales son mucho más densamente poblados que en muchos otros países. En economías desarrolladas, la industria basada en servicios de información está actualmente en incremento en distritos rurales, ya que mejora las comunicaciones y facilita vivir a mayor distancia de los clientes.

La economía en áreas rurales tiende a ser estacional. Los productos son plantados, cultivados y recolectados en una época del año, y la pesca se puede realizar sólo durante cierto periodo de tiempo del año. Muchos residentes en estas áreas, por consiguiente, ganan su dinero en oficios, o en industrias como la minería, durante el comienzo de la estación y los campesinos o pescadores cuando pueden. Como resultado, un campesino en un área rural puede ser correctamente descrito como alguien que tiene muchos trabajos, entre ellos los agrícolas.

8.4.3 PROPIEDAD SOBRE LA TIERRA Y DESARROLLO

En los países en desarrollo las áreas rurales están frecuentemente menos desarrolladas que las ciudades locales. La infraestructura es muchas veces pobre, ya que la inversión es menos productiva en asentamientos rurales menos densos, y el área a ser abastecida es mucho mayor. La pobreza rural es un problema común, agravado si el área rural está lejana de la industria que puede proveer empleos, o si la agricultura es débil y no estable en su producción.

La propiedad sobre la tierra es un importante beneficio en las comunidades agrícolas, y muchas veces se comporta entre uno o dos extremos: a) propietarios de tierra, diseminados en pequeñas parcelas económicamente poco productivas, o b) grandes extensiones de tierra concentradas en manos de unas pocas familias o personas. La concentración de la propiedad de la tierra en pocas personas está frecuentemente asociada con la inquietud social, prácticas explotadoras de la labor y poca seguridad de pagar las cosechas en efectivo, las cuales dependen de los precios de los productos en el mercado. En tal sociedad, la tensión entre los campesinos que trabajan la tierra y tienen que pagar la renta y los propietarios de la tierra, son muchas veces las bases del desasosiego social.

8.4.4 CONSERVACIÓN DE LOS VALORES TRADICIONALES

Socialmente, la población rural tiende a ser tradicional y conservadora. Las familias y vecinos son muy importantes donde hay pocas instituciones sociales que puedan garantizar la seguridad, cuando las comunidades son pequeñas. Esta tendencia no es absoluta, y la influencia de los modernos medios de comunicación y transportación ha reducido el aislamiento de muchas áreas rurales. Además, la necesidad de conocer los precios de sus mercancías ha hecho a muchos residentes rurales expertos en la operación de compra-venta en el mercado internacional. Sin embargo, las áreas rurales tienden a ser lugares donde los valores tradicionales son mantenidos por largo tiempo y donde existe resistencia a los cambios. En cierto modo, como una consecuencia de esto, los jóvenes a menudo con espíritu aventurero abandonan estas áreas y prueban su suerte en la ciudad.

Implicaciones mixtas de la protección ambiental

La protección ambiental tiene implicaciones significativas en diversas áreas rurales. Conserva las facilidades de la vida rural y permite vivir en comunidades aisladas seguras, si son realmente agradables. Sin embargo, la protección ambiental puede ser percibida como una amenaza a la comunidad si se introducen cambios en las prácticas campesinas que renueven los recursos de uso en la economía o interfieran con la construcción o desarrollo de la infraestructura. Los pobladores que ganan su dinero durante una cierta estación del año (por ejemplo, los cortadores de leña o pescadores), pueden no aceptar que esto sea necesario para conservar el bosque o el suelo.

8.5 Urbanización y salud

8.5.1 LA POBREZA URBANA

Globalmente, los residentes urbanos disfrutan de mejor salud que las poblaciones rurales. No obstante, este hecho no toma en cuenta las diferencias dentro de las ciudades entre población rica y pobre, que pueden ser asombrosas. En muchas ciudades la pobreza entre los residentes urbanos es altamente prevalente. En los países en vías de desarrollo ésta puede afectar a la mayoría de los residentes y en países desarrollados ha tenido en la actualidad un incremento. Cuando la situación de salud de las personas pobres que viven en áreas urbanas es considerada, se aprecia que con frecuencia viven en una situación peor que los que residen en áreas rurales, ya que deben soportar las dificultades de la vida rural (falta de servicios básicos, poco acceso a los servicios de salud), junto con otros peligros urbanos (hacinamiento, estrés, exposición a la industria, etc.). La Figura 8.2 ilustra que una gran proporción de los residentes en las ciudades más grandes de países en desarrollo viven en la pobreza. Estos datos son del año 1998, la

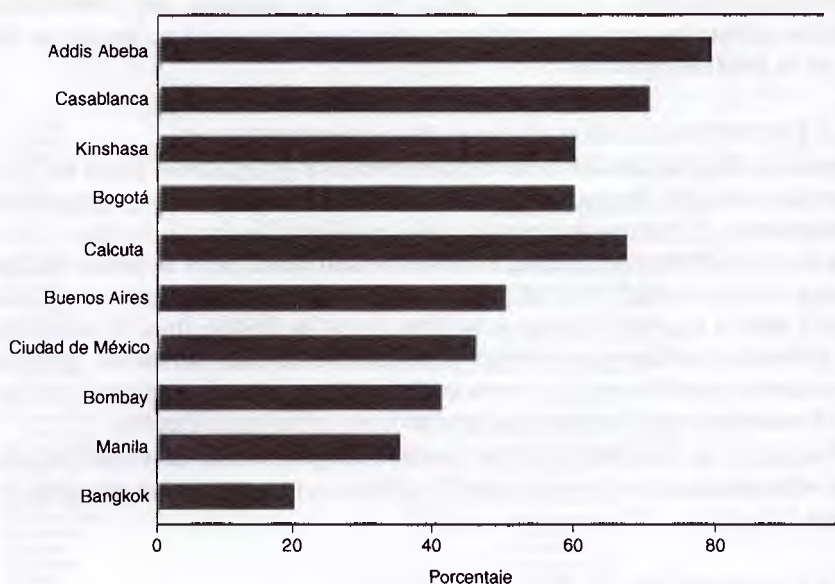


Figura 8.2 Porcentaje de residentes en barrios bajos y asentamientos ilegales en algunos centros urbanos (1988). (Fuente: PNUMA, 1992a.)

situación hoy es peor.

El proceso de urbanización ha sido con frecuencia casual y caótico. La mayoría de las personas que viven en este medio, lo hacen en condiciones de mala calidad, con hacinamiento, en viviendas construidas por ellos mismos y no tienen acceso a las ventajas de los servicios públicos. En muchas ciudades, la mayoría de las personas viven en suburbios o asentamientos informales, como ya es conocido, los que en muchos casos sobrepasan 90 % de la población, como ocurre en Addis Abeba.

Hay dos puntos importantes a tener en cuenta en los asentamientos. El primero es que ellos no son un fenómeno temporal creado por una disfunción en el proceso de desarrollo, sino que son el producto de los bajos salarios y de la incapacidad de los gobiernos y agencias de proporcionar asentamientos adecuados. El segundo es que estos asentamientos difieren ampliamente en todo el mundo con respecto a cultura de sus habitantes, estatus legal, niveles de mejoramiento de las viviendas, edad, estructura física, estatus de inmigrantes, y deben enfrentar mayores problemas de salud. Ellos no deberían ser tratados como una

población homogénea (PNUMA/OMS, 1987). Sin embargo, hay ciertos requerimientos infraestructurales y problemas que se aplican a todos, los que se discuten en la próxima sección.

8.5.2 REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES DE LA URBANIZACIÓN

El proceso de urbanización tiene requerimientos significativos. Estos incluyen la provisión de agua segura para el consumo de las familias y para propósitos de saneamiento, el manejo de desechos sólidos y líquidos, las viviendas y los sistemas de redes de transportación. Todos estos son caros, pero se deben realizar, al menos en cierto grado, con el propósito de garantizar un mínimo de salud. El rápido paso a la urbanización en muchas áreas ha dejado atrás la capacidad de los gobiernos locales para proveer adecuadamente estos servicios. Además, el crecimiento proporcional de la economía ha conducido a la expansión industrial que frecuentemente congestiona los servicios urbanos existentes.

Varias de las características de diseño en la promoción de viviendas saludables relacionadas directamente con la infraestructura urbana se muestran en las tablas 8.1 a 8.5.

8.5.3 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Como fue discutido en el Capítulo 5, la contaminación del aire es uno de los muchos problemas que experimentan las ciudades modernas, no importa que nivel de desarrollo tengan. En el pasado la contaminación del aire fue considerada una materia de falta de estética, o de calidad de vida, pero no de supervivencia o de salud. La evidencia científica creciente ha mostrado que los efectos de la contaminación del aire en la salud son considerables, incluso en países desarrollados donde los niveles de contaminación han sido grandemente controlados. Esto ha llevado a una revisión de la necesidad del manejo de la calidad del aire. Los efectos negativos de la contaminación del aire son ahora tomados con gran seriedad. Los niveles anuales de dióxido de azufre (SO_2) y partículas en suspensión (PST) en ciudades implicadas en el Sistema Global de Monitoreo Ambiental (GEMS), se muestran en las Figuras 8.3 y 8.4

Las principales fuentes de emisiones en el aire en las ciudades son los productos directos de la actividad económica: el transporte, la producción de energía, la calefacción y cocinas del hogar, y la producción industrial. Los costos impuestos por la contaminación del aire son más evidentes en las ciudades, a saber: problemas de salud humana, destrucción de materiales, daños a animales y plantas, pobre visibilidad, pérdida de atracción para los turistas y reducción de la calidad de vida para los residentes.

La planificación regional y urbana puede tener una gran diferencia al deter-

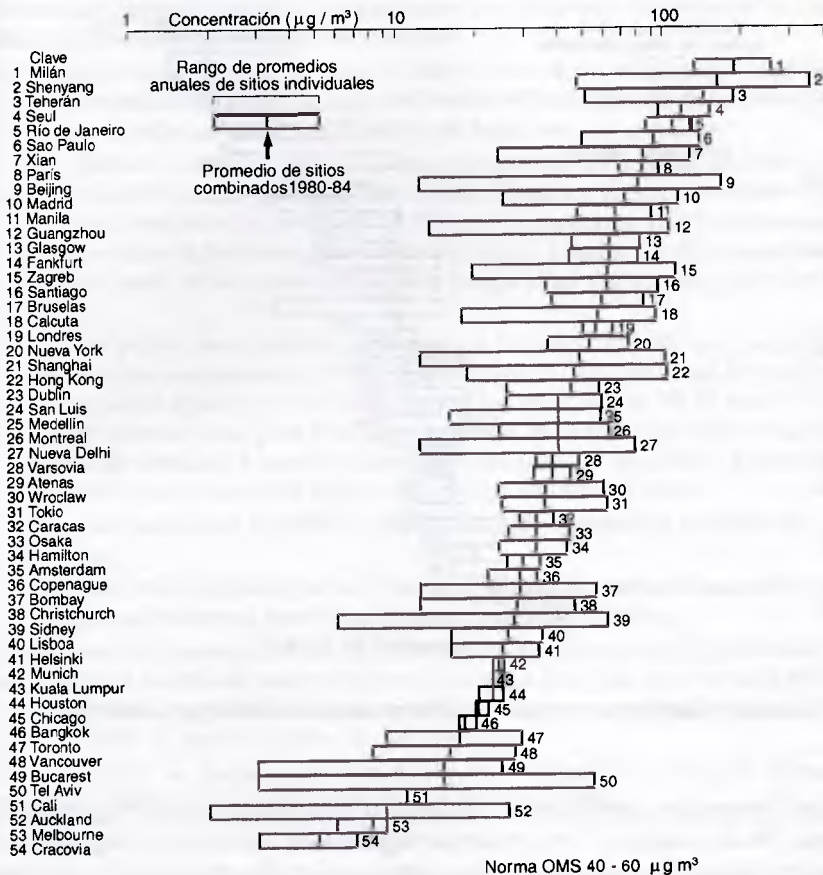


Figura 8.3. Resumen del promedio anual de SO_2 en ciudades GEMS/Aire, 1980-84.

minar la calidad del aire. La provisión de un sistema de transportación masiva, energéticamente eficiente, por ejemplo, puede reducir grandemente la contaminación del aire por vehículos de motor. No obstante, si la ciudad es grande y extensa, el tránsito masivo puede no ser práctico, y si es muy caro no debe ser usado. La ubicación de la industria en o cerca de áreas residenciales o en valles,

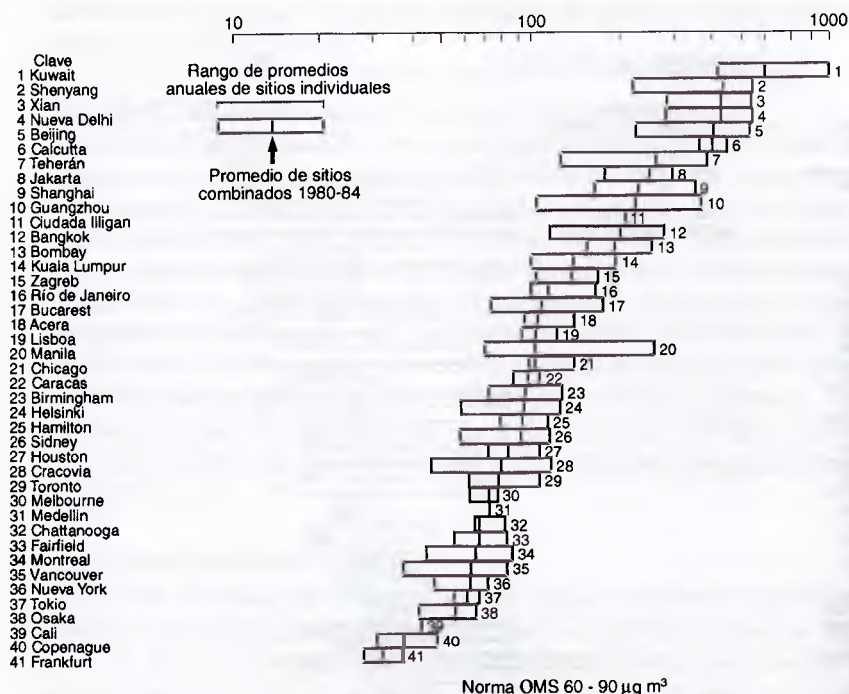


Figura 8.4. Mediciones anuales de SPM en ciudades GEM/Aire, 1980-84.

o en otras formas que pueden concentrar la contaminación, pueden agravar este problema. En el Cuadro 8.3 se presentan algunos de los mayores logros en la promoción del uso de vehículos no motorizados ocurridos en el mundo. Además, la vivienda eficiente en energía y suministros energéticos, puede reducir la cantidad de contaminantes del aire, pero esto requiere una inversión en infraestructura.

En años recientes, se ha hecho evidente que las comunidades pobres tienden a estar más afectadas por la contaminación del aire que aquellas con ingresos más altos. Esta observación ha sido seguida por un número de estudios que han mostrado que la exposición a la contaminación tiende a ir junto con la pobreza, la marginalización de la sociedad y la falta de acceso a los servicios sociales y de salud. La explicación probable es que las personas con acceso a mayores recursos

Cuadro 8.3

Ejemplos de éxitos en el uso de vehículos no motorizados

En muchos países del mundo, los gobiernos han promovido activamente el rescate de la bicicleta en la comunidad. Por ejemplo:

- En China donde del 50 al 80 % de los viajes urbanos son en bicicleta, el gobierno ofrece subsidios a aquellos que van al trabajo en bicicleta. También ha asignado espacio en calles urbanas para el tráfico de bicicletas.
- En la Habana, Cuba ha impulsado, con activa motivación el uso de la bicicleta, debido al déficit de petróleo que tiene el país. El tráfico de vehículos individuales se redujo a mediados de los años 90 al 35 % y el de ómnibus al 50 %. Ahora uno de cada tres viajes en la Habana, se realiza en bicicleta. El gobierno de la ciudad redujo las velocidades de los autos para mejorar la seguridad y se construyeron vías para ciclistas.
- Entre los países desarrollados, Dinamarca y Holanda también han realizado un gran acuerdo para promover el uso de la bicicleta. El plan nacional de transportación holandés ayuda a incrementar la cantidad de ciclos en 30 % para el 2010, creando nuevas rutas para bicicletas, parqueo en estaciones ferroviarias y en paradas de ómnibus y tranvías, además de medidas de seguridad, a pesar de la realidad de que el uso de la bicicleta es ya muy alto en este país.
- En varias ciudades de Canadá y Australia han sido construidas extensas vías para bicicletas.
- En Seattle, todos los ómnibus en el sistema de tránsito metropolitano están equipados con aditamentos para llevar las bicicletas en el ómnibus.

Estos ejemplos ilustran como las bicicletas, si son apropiadamente promovidas pueden constituir fuentes de transporte para el acceso a la tienda, la escuela, el trabajo; esto puede ayudar a reducir la contaminación del aire y otros problemas asociados con vehículos de motor descritos en este capítulo.

Estos ejemplos se discuten con más detalle en "El Ambiente Urbano". *Recursos mundiales 1996-97* (WRI/PNUMA/ Banco Mundial, 1996.)

Los asentamientos humanos son más propensos a vivir juntos, evadiendo barrios no placenteros o no saludables. No obstante, hay evidencia de que las fábricas, las plantas generadoras de energía u otras instalaciones que pueden ser fuentes de contaminación, generalmente son construidas en o cerca de comunidades pobres. El problema de equidad en el riesgo ambiental ha sido llamado "justicia ambiental" y es un punto de seria preocupación por la contaminación del aire, el suministro de aguas contaminadas y la disposición de desechos peligrosos.

8.5.4 RUIDO

Las mayores fuentes de ruido son el tráfico aéreo y por carretera, la construcción, la industria y las personas. Estos tipos de ruidos están generalmente en ascenso a medida que los centros urbanos se convierten en más densamente poblados, se expande la industria y la necesidad de transportación se incrementa. El ruido es lo que más directamente afecta a los lugares de trabajo, donde la pérdida de la audición es la afección que más comúnmente ocurre. El ruido industrial y su control son discutidos en los Capítulos 2, 4 y 10. Sin embargo, las tasas de urbanización en todo el mundo exceden la habilidad de los planificadores de las ciudades para proteger a los residentes contra el ruido, que se convierte cada vez más en un problema urbano globalizado.

Como fue discutido en el Capítulo 2, el ruido puede causar en los humanos efectos físicos, psicológicos y fisiológicos. El efecto físico de las ondas del sonido de muy alta intensidad puede ocasionar desde dolor agudo y ruptura del tímpano hasta la paulatina pérdida de la audición por lesiones permanentes sobre el oído interno. Algunas veces se refiere como un efecto directo. Los cambios fisiológicos que pueden registrarse cognositivamente incluyen los disturbios del sueño y daños psicológicos, y son considerados efectos indirectos. La relación dosis-respuesta entre el ruido y la pérdida de audición fue discutida en el Capítulo 2.

El ruido ambiental es también complejo (Rylander, 1992). La norma acústica está tradicionalmente expresada como la suma de energía sonora sobre determinado período de tiempo. Varios métodos de calcular un promedio han sido desarrollados, tales como: niveles de contaminación del ruido, el promedio del nivel de día y de noche y el nivel del sonido equivalente (Leq) para diferentes períodos del día. El concepto del nivel promedio tiene dos rasgos críticos. Algunos eventos con un alto nivel de ruido pueden tener el mismo Leq que un gran número de eventos a un menor nivel de ruido. Sin embargo, es poco probable que estos dos escenarios de ruido puedan causar un efecto igual en las poblaciones expuestas. Un segundo rasgo relaciona el nivel promedio de ruido a un número de eventos. Si por ejemplo, el ruido se incrementa por un aumento en el número de vehículos, el Leq puede ascender gradualmente aunque el nivel de ruido de cada carro sea sólo hasta 65dB (A).

No hay una fuerte y documentada evidencia de que generalmente el ruido ambiental, o en particular el ruido del tráfico por carretera, pueda causar daños auditivos a largo plazo; los niveles en el ambiente generalmente no alcanzan aquellos que puedan inducir daños auditivos, incluso en áreas de mucho tráfico a lo largo de calles sumamente congestionadas. Esto es importante para poder conocer cuando determinar la exposición y estimar el riesgo. La interacción del ruido del tránsito por carretera y otros sonidos en el ambiente es también impor-

tante. Los niveles causados por la interferencia de la conversación están presentes muchas veces en el interior o exterior de áreas en vías sumamente congestionadas. Grupos vulnerables en la población son los niños en escuelas con aulas ruidosas, se ha mostrado que confrontan más problemas de audición y en la lectura que los niños en aulas con poco ruido.

Se ha notado con frecuencia que la respuesta inmediata a un estímulo de ruido es la alarma y una reacción de defensa. El reflejo del susto puede estar acompañado por un aumento de la presión arterial y la frecuencia del pulso, de corta duración (hasta 30 segundos), y en situaciones extremas un aumento de las secreciones de hormonas por el estrés. Una revisión de los efectos cardiovasculares del ruido en 55 estudios reportados ha señalado la relación entre el ruido y la presión arterial, alrededor 80% señalaron alguna forma de asociación positiva (Dejoy, 1984). Los autores observaron, además, que existe una carencia de datos cuantitativos y esto dificulta el poder establecer una fuerte asociación para deducir una relación dosis-respuesta. En cualquier caso, sería difícil distinguir la influencia del ruido de otros factores ambientales estresantes, los cuales pueden también producir un ligero incremento de la presión sanguínea.

La exposición al ruido puede inducir disturbios del sueño en términos de dificultades para quedarse dormido, alteraciones del ritmo normal del sueño o su profundidad. Existen evidencias que sugieren que el trastorno del sueño es uno de los principales efectos del ruido ambiental y esto puede ocasionar severos efectos adversos en el funcionamiento normal y salud de la población expuesta. Es también conocido que el ruido puede producir dolor de cabeza, fatiga e irritabilidad. Las condiciones exactas bajo las cuales la sensibilidad individual se hace vulnerable son desconocidas, pero es posible que otras fuerzas ambientales puedan actuar en forma sinérgica con el ruido.

La discusión sobre la relación dosis-respuesta entre la intensidad del ruido y la medida de la molestia no específica, los disturbios para el descanso nocturno, la interferencia de la comunicación oral y el estrés o reacciones de alarma o alerta, se presentan en el Cuadro 8.4 y la Tabla 8.8.

El efecto adverso más severo es el disturbio del sueño, el cual tiene a largo plazo consecuencias para la salud. La molestia es más evidente en centros urbanos y alrededor de los aeropuertos. De acuerdo con la definición de salud citada en el Capítulo 1, la molestia subjetiva debe ser considerada como una causa importante de efecto en la salud, y razón suficiente para tomar medidas contra el ruido. Las normas de ruido deben relacionarse con la extensión de los efectos sobre la población; por ejemplo: la proporción de la población que sufre severos disturbios del sueño. De acuerdo a los principios de la evaluación de riesgo, la información sobre efectos en la salud constituye un conocimiento ne-

Cuadro 8.4 Ruido y molestia

El ruido induce molestia, y este es un concepto difícil de determinar objetivamente puesto que la misma posee muchas de las características de los riesgos psicosociales discutidos en el Capítulo 2, además de que la persona afectada no es el único indicador de la intensidad del ruido puesto que también depende de las características personales o las circunstancias. La molestia puede ser una tasa específica cuando por ejemplo, una conversación es interrumpida por el paso de un tren, pero también puede ser una tasa no específica y dar un sentimiento general de molestia, descontento y aprensión. Además de la intensidad del ruido, otras características físicas como la frecuencia y el ritmo (impulso contra no impulso) son factores de relevancia.

Se ha establecido una relación dosis-respuesta entre intensidad del ruido (en dB (A)) y molestia no específica, disturbio del descanso, interrupción de la conversación y alarma o reacciones nerviosas. Sobre la base de la relación para cada fuente por separado, un juicio subjetivo de la calidad de vida ambiental se ha añadido. Los resultados de un experimento están resumidos en la Tabla 8.8.

Tabla 8.8. Calidad ambiental percibida en relación con los distintos niveles de ruido (dB (A)) y las fuentes.

Género subjetivo de la calidad ambiental	Tráfico de carretera	Tráfico aéreo	Ferrocarril	Resto del tráfico	Ruido industrial de impulso no impulso	
Buena	<40	<40	<40	<40	<20	<40
Razonablemente buena	40-44	40-44	40-46	40-45	20-26	40-44
Razonable	44-48	44-48	46-52	45-50	26-32	44-48
Moderada	48-52	48-51	52-58	50-55	32-38	48-52
Relativamente mala	52-57	51-55	58-64	55-60	38-44	52-57
Mala	57-61	55-59	64-70	60-65	44-50	57-61
Muy mala	61-65	59-63	70-77	65-70	50-56	61-65
Extremadamente mala	>65	>63	>77	>70	>56	>65

Fuente: TNO-NIPC, Holanda

cesario para la formulación de las normas. La responsabilidad para el establecimiento de normas está en las manos de políticos y administradores. La Organización Mundial de la Salud sugiere que desde el punto de vista sanitario la proporción de población afectada en los centros urbanos no debe exceder de 5% (Rylander, 1992).

Muchas cosas pueden realizarse para aliviar los problemas relacionados con el ruido. Los residentes pueden ser protegidos del ruido industrial mediante el establecimiento de zonas de protección que prohíban la ubicación de industrias en áreas residenciales. Este es el gran problema de los asentamientos informales de los suburbios (villas miseria), las cuales están frecuentemente forzadas a desarrollarse en áreas industriales como única opción. Las zonas de protección también delimitan las áreas residenciales de las zonas de intenso tráfico aéreo y terrestre. Existen lugares municipales que se protegen del ruido excesivo o innecesario que puede producir la población. Las regulaciones también dan lugar a restricciones en el número de vehículos automotores que para circular deben tener buenas condiciones, así como el uso de silenciadores adecuados. La dificultad estriba en la necesaria y activa participación del gobierno, ya que los cambios a gran escala en las leyes son notoriamente difíciles y lentos en su implementación.

Pregunta de estudio

¿Qué conclusiones puede deducir de la Tabla 8.8? Trate de identificar las características de las fuentes que podrían explicar los diferentes juicios de la calidad ambiental.

Un pequeño grupo de residentes puede, independientemente, reducir la cantidad de ruido a que está expuesto. Pueden usarse protectores de ruido para reducir la probabilidad directa de pérdida de audición y reducir el insomnio causado por el ruido circundante. Esta solución, sin embargo, no se dirige a la causa real del problema, y ocasiona nuevos problemas (disconfort, incapacidad para oír ruidos importantes de baja intensidad).

Pregunta de estudio

¿Es el ruido un problema en su área? Si lo es ¿Cuáles son las principales fuentes?

8.5.5 ACCIDENTES EN VEHÍCULOS DE MOTOR

El uso del vehículo de motor se ha incrementado enormemente en todo el planeta. En 1950 había aproximadamente 53 millones de carros rodando en el mundo, esto se ha incrementado más de ocho veces en las últimas cuatro décadas, siendo su número ahora de unos 430 millones de vehículos en uso. Esto representa un promedio de crecimiento aproximadamente de 9.5 millones de automóviles

por año (OMS, 1992). Mientras que la tasa de crecimiento ha disminuido en los países altamente desarrollados, el crecimiento de la población y el incremento de la urbanización e industrialización, han acelerado el uso de los vehículos de motor. Entre 1960 y 1989 el crecimiento de la motorización (5.2%) por año excedió al crecimiento de la población (2.1% anual). Para inicios del siglo XXI, las áreas de rápido desarrollo en el mundo (especialmente Asia, el Este Europeo y América Latina) y los países de la región del Pacífico, tendrán tantos vehículos como Norteamérica y Europea Occidental, a pesar de que las tasas *per capita* continúan siendo sustancialmente bajas. Las figuras 8.5 y 8.6 muestran, respectivamente, el número *per capita* de transportes de pasajeros en determinadas regiones en 1993, y la tendencia mundial esperada de vehículos de motor.

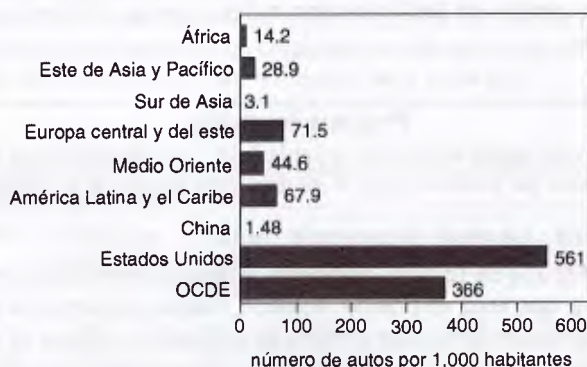


Figura 8.5. Autos de pasajeros por cada 1000 habitantes por región y países seleccionados, 1993. (Reproducido de WRI/PNUMA/PNUD/Banco Mundial. Fuente: AAMA, 1996.)

En 1993 un estimado de 885 000 personas fallecieron en accidentes de tráfico (OMS, 1995a). Globalmente, son la segunda causa de muerte para personas entre 5 a 44 años. La mayoría (70%) de estas muertes ocurrieron en países en vías de desarrollo, en algunos lugares es la principal causa de muerte para este grupo de edad. Por ejemplo, en Nigeria, los accidentes por vehículos de motor representan la mitad del total de muertes en este grupo de edad.

En los países desarrollados, la tasa de mortalidad por accidentes causados por vehículos automotores ha ido decreciendo desde los años 70, a pesar de que la tasa de vehículos propios se ha incrementando dramáticamente. Esto ha sido atribuido a un gradual mejoramiento de las condiciones en las carreteras, el esta-

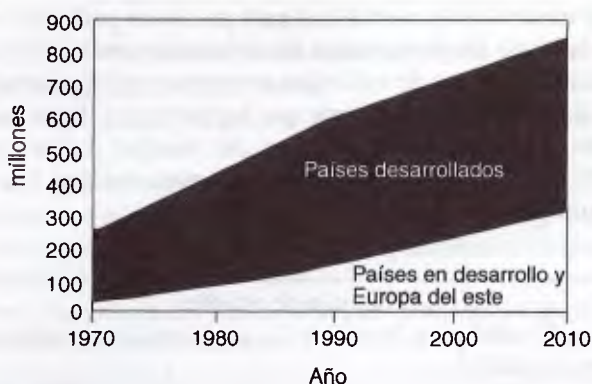


Figura 8.6. Vehículos de motor propios en el mundo. (Fuente: WRI/PNUMA/PNUD/Banco Mundial. 1996.)

blecimiento de rigurosas normas de seguridad para los vehículos y el incremento de escuelas para choferes. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo ha ocurrido lo contrario. La tasa de daños fatales por vehículos registrados aumentó en 300% desde 1968 en África. Una razón de esto es que cada accidente afecta frecuentemente a muchas personas; por ejemplo, cuando sucede en ómnibus abarrotado de personas. Además, estos vehículos motorizados se han introducido en relativamente poco tiempo y los gobernantes no han sido capaces de implementar suficientemente rápido las medidas de seguridad necesarias, trayendo como resultado un incremento en las tasas de mortalidad.

Las dos terceras partes de los accidentes fatales conciernen a los peatones, principalmente niños y ancianos. Algunos factores contribuyen a este fenómeno; en primer lugar, los peatones tienen mayor probabilidad de ser dañados o morir en un accidente que los pasajeros de los vehículos circundantes, aun si el accidente no es severo. Segundo, en las áreas urbanas pobremente planificadas (especialmente en los países en desarrollo), las carreteras son usadas para todo tipo de tráfico con poca o ninguna separación de vehículos y peatones. Esto naturalmente incrementa el riesgo para estos últimos. Además, los peatones que son niños y ancianos son más vulnerables debido a su percepción sensorial. Los niños aún son incapaces de identificar la fuente de sonido y tienen dificultad para distinguir de que dirección proviene, además de que carecen del conocimiento del tráfico. Los ancianos frecuentemente sufren decrementos o deterioros en las habilidades de la visión y la audición y se reduce su velocidad en el andar. Además, pueden presentar confusión mental y no adaptarse rápidamente a los cambios del ambiente.

Las tasas de mortalidad y morbilidad para países en particular están también asociadas con las tasas de propietarios de bicicletas y motocicletas. Los choferes y pasajeros de estos tipos de vehículos experimentan el mismo tipo de vulnerabilidad para daños severos y muerte que los peatones. Para las bicicletas, el mayor riesgo es para los niños y ancianos, por muchas de las mismas razones que están implicadas en los peatones. Para las motocicletas, los accidentes de mayor riesgo son para las edades de 15 a 25 años.

Pregunta de estudio

Subraye que haría usted para disminuir la incidencia de accidentes en las vías urbanas en su comunidad.

8.6 Programa ciudades saludables

8.6.1 PROMOCIÓN DE LA SALUD URBANA

La rápida urbanización ha producido un importante incremento de los problemas que afectan la salud de las poblaciones urbanas. Está estimado que para el final de esta década, aproximadamente la mitad de la población del mundo vivirá en centros urbanos. La idea básica del Programa de Ciudades Saludables es mejorar la salud urbana, poniendo en marcha acciones intersectoriales de salud a nivel local. Por tanto, el principal objetivo de este programa es hacer que la promoción de salud ocupe un alto lugar en la agenda política de los gobiernos municipales. Además, es esencial el compromiso de los políticos de la localidad de cooperación con los grupos comunitarios, asociaciones de vecinos y promotores del cuidado de la salud.

El concepto de ciudad saludable se refiere más bien a un proceso, justo y exitoso que a un sólo logro. Una ciudad saludable no es necesariamente una que ha sido llevada a un particular estado de salud. Es conciente de la salud como un beneficio urbano y trata de mejorar el ambiente y expandir sus recursos de manera que las personas puedan sustentarse y alcanzar sus más altas potencialidades. Este principio general está expresado más específicamente en una descripción de 11 cualidades que una ciudad saludable debe esforzarse por alcanzar como se indica en el Cuadro 8.5. Por tanto, muchas ciudades pueden ser ciudades saludables, si trabajan en el proceso de mejoramiento de la salud y de su estructura.

Cuadro 8.5

Cualidades de una ciudad saludable

Una ciudad debe esforzarse en proporcionar:

- Un ambiente físico limpio y seguro, de alta calidad (incluyendo la calidad de la vivienda).
- Un ecosistema estable en principio y sostenible a largo plazo.
- Una comunidad fuerte, de ayuda mutua y no explotada.
- Un alto grado de participación y control público para tomar decisiones que afecten su salud y realización.
- La confluencia de necesidades básicas de todos los residentes (para comida, agua, refugio, ingreso, protección y trabajo).
- Acceso a toda una variedad de experiencias y recursos, con oportunidad para una amplia interacción.
- Una economía citadina diversa, vital e innovadora.
- El fomento de la conexión con el pasado, con la herencia cultural y biológica de las ciudades o grupos más pequeños, inclusive con relaciones individuales.
- Mejoramiento y compatibilidad con las características precedentes.
- Un óptimo nivel de salud pública apropiada y accesibilidad a todos los servicios de salud.
- Altos estatus de salud (niveles altos de salud positiva y niveles bajos de enfermedad).

Fuente: OMS, 1995

8.6.2 CARACTERÍSTICAS DE UN PROYECTO DE CIUDADES SALUDABLES

El compromiso político es el primer paso en el trabajo hacia una ciudad saludable. Las ciudades incorporadas a la red de la OMS están siendo requeridas para hacer estos compromisos. Éstas han sido invitadas a formular planes promocionales de salud intersectorial con un fuerte componente ambiental y asegurar los recursos para implementarlos. Esto debe incluir un comité político intersectorial, mecanismos para la participación comunitaria y un programa oficial con personal dedicado de tiempo completo a este trabajo. El centro de este compromiso inicial con la OMS, ha sido estar de acuerdo en reportar a ésta regularmente los progresos y compartir información y experiencias. Puesto que cada centro urbano presenta sus propios problemas de salud específicos y enfatizará, por tanto, sus acciones más relevantes para mejorar la salud, todos los programas de ciudad saludable pueden ser diferentes en relación a su contenido. Sin embargo, el esquema de cada programa es idéntico y todas las ciudades saludables comparten un número importante de características.

- Todos los programas están basados en un comité para la salud. La naturaleza holística de la salud está confirmada y la interacción entre sus dimensiones físicas, mentales, sociales y espirituales es reconocida. La salud puede ser mejorada a través de esfuerzos de cooperación de individuos y grupos en la ciudad, dando por hecho que la promoción de la salud y la prevención de enfermedades han sido reconocidos como prioridades.
- Cada ciudad saludable requiere decisión y acción para la salud pública. Los programas de los gobiernos de las ciudades (tales como viviendas, medio ambiente, educación y servicios sociales) tienen un efecto importante en el estado de salud en los centros urbanos. Los programas de ciudades saludables tienden a fortalecer la contribución de cada programa de salud por la influencia de las decisiones políticas del consejo de la ciudad.
- Los programas siempre estimulan la acción intersectorial. La intención es mediar entre todas las partes que influyen en las determinantes de la salud, incluyendo la industria, varios departamentos y otras instituciones de las ciudades para negociar todos juntos cómo deben ejecutarse las acciones para mejorar el ambiente urbano. En este sentido, las organizaciones e individuos que trabajan fuera del sector de la salud modifican sus actividades con el fin de contribuir aún más a la salud ambiental. Un ejemplo de una acción multisectorial es la planificación urbana a los fines de proveer los elementos físicos para crear amplias áreas verdes para la recreación dentro de la ciudad.
- Los programas promueven un papel más activo de todo el pueblo. El programa da un sentido que tiene una influencia directa sobre las actividades de los departamentos de la ciudad y otras organizaciones. Adicionalmente, la salud también se promueve a nivel individual mediante cambios en los puntos de vista de las personas sobre los problemas de salud, cambios de estilos de vida y uso de los servicios de salud.
- Todos los programas intentan promover la salud estimulando la búsqueda constante de nuevas e innovadoras ideas y métodos. El éxito de los programas de ciudades saludables depende en gran medida de la capacidad de crear oportunidades para la innovación. Esto puede llevarse a cabo mediante la diseminación del conocimiento de métodos de innovación, creando incentivos y reconociendo los logros de aquellos que experimentan nuevas políticas y programas.

Todas las acciones indicadas arriba (decisiones políticas, acciones multisectoriales, participación de la comunidad e innovación) contribuyen al desarrollo de un programa: una saludable política pública. El éxito del programa de ciudades saludables se refleja en el grado en que sus políticas estén en efecto involucradas en los problemas de salud de la ciudad. Los programas llevarán a cabo

objetivos cuando los hogares, las escuelas, los centros de trabajo y otros integrantes del ambiente urbano los transformen en asentamientos más saludables en los cuales vivir.

8.6.3 DEL PROGRAMA A LA ACCIÓN

La diseminación de las estrategias de ciudades saludables ha sido rápidamente acelerada por el crecimiento de redes nacionales y subnacionales. Aunque estos programas fueron introducidos en Europa, su influencia se ha extendido más allá de las fronteras de la región. Redes nacionales se han desarrollado en Australia, Canadá, la región del Magreb (al norte de África), Irán, Malasia, Estados Unidos, América Central y América del Sur. La participación de ciudades saludables en países en vías de desarrollo es también muy alentadora (OMS, 1995b). A raíz del éxito de las redes desarrolladas, el número de comunidades que cooperan con los programas oficiales se ha convertido en una especie de movimiento que crece más rápido de lo esperado.

En 1996, el Día Mundial de la Salud fue dedicado al programa de ciudades saludables y alrededor de cien comités de ciudades desarrollaron por sí mismos la promoción de la salud urbana. Además, una red de comunidades seguras ha crecido también y el PNUMA está monitoreando una red de ciudades sostenibles basada en principios similares.

8.6.4 ACCIONES DE UNA CIUDAD SALUDABLE

No existe un modelo ideal para una política pública de salud y los tipos de acciones que se ejecutan o enfatizan difieren entre los diferentes proyectos. Un número de acciones se ilustran brevemente a continuación.

1. Acciones para la equidad. Las inequidades son causadas por factores económicos, así como por las habilidades de la población para tomar ventajas de las oportunidades de la vida. Las inequidades con relación al acceso al ambiente físico saludable son tan importantes como las inequidades socioeconómicas. Ellas son reforzadas por las regulaciones del planeamiento de las ciudades o la ausencia de enfoques políticos para un adecuado acceso a las amenidades de la ciudad. Un número de ciudades han tomado acciones para mejorar la equidad, incluyendo Liverpool y Milán. Liverpool es una de las ciudades europeas más fuertemente golpeadas por la recesión económica, con el resultado de inequidades económicas como el desempleo y la tensión racial. En esta ciudad un amplio rango de actividades integradas han sido acometidas que afectan el ambiente social y los componentes de los servicios de salud de la población del territorio. En Milán fue encontrado que la mujer y los extranjeros tienen menos accesos a un amplio rango de servicios sociales y de salud. Milán trató de atacar el proble-

ma mediante campañas de información dirigida a personas registradas en grupos específicos y la mejoría de la accesibilidad a estos servicios.

2. Acciones para un ambiente soportable y sostenible. Los ambientes en los cuales las personas viven determinan su calidad de vida, salud y bienestar. Algunos proyectos de ciudades saludables tratan de informar a la población sobre sus ambientes y algunas especificaciones para transformarlos y mejorarlos. En Dinamarca, un buen ejemplo de ambiente sostenible es la iniciativa de Horsens de construir un nuevo bloque de viviendas para promover una vida integrada. La nueva área de viviendas para personas con discapacidad está cerca del área de los que no tienen discapacidad, y las que las personas viejas vivirán junto a las jóvenes generaciones. Las casas se construyeron con el fin de conservar la energía y con suficientes áreas verdes. En Sofía, el transporte público viejo movido con energía diesel fue reemplazado por trolebuses y trenes eléctricos, a fin de disminuir la contaminación del aire.

3. Acciones para una comunidad comprometida. Si las personas participan activamente en determinadas acciones para la salud, ellas pueden asegurar que los servicios y actividades acometidas sean apropiadas y podrían estar más satisfechas con el resultado. El proyecto de ciudades saludables en Liege ha incitado a grupos comunitarios y organizado numerosas actividades en centros vecinos. A medida que comenzaron las campañas, la población fue abastecida con escobas, envases para desperdicios y otros materiales de limpieza, que ayudaron a los servicios municipales de limpieza de la ciudad. Sólo más recientemente los niños han sido involucrados en un número de programas. En Seattle se desarrolló un programa en el que se pidió a los niños que dibujaran, pintaran o escribieran cómo les gustaría que fuera su vecindario. Esto mismo se ha llevado a cabo en Pécs, Eindhoven, Munich, Copenhagen, Barcelona y Horsens.

4. Acciones para la reorientación de los servicios de salud. Los servicios de salud son también importantes en las ciudades. Muchas ciudades son estructuradas, por consiguiente, con un mayor esfuerzo a reorientar los servicios de salud a fin de satisfacer las necesidades de la población. Sin embargo, en algunos países la responsabilidad de los servicios de salud es regional o nacional y la administración de esos sitios no puede interferir con la calidad o cantidad de servicios de salud. No obstante, en algunos lugares se han iniciado programas innovadores para mejorar los servicios de salud en áreas urbanas. Por ejemplo, en Sofía, se han acometido acciones para renovar las facilidades de la atención primaria de salud en niños con enfermedades crónicas. Bremen ha desarrollado un plan de acción para la población de edad avanzada con una política intersectorial e integrada a fin de mejorar la accesibilidad de los servicios, brindando sistemas de apoyo y facilidades para la formación de grupos de autoayuda.

Capítulo 9

SALUD Y USO DE LA ENERGÍA

Objetivos de estudio:

Después de estudiar este capítulo usted será capaz de:

- Apreciar la importancia de la energía para la salud.
- Comprender los efectos a la salud (directos e indirectos) asociados con las distintas fuentes de energía.
- Dirigir los intereses públicos con respecto a las distintas fuentes de energía.

9.1 Necesidades humanas de energía

9.1.1 NECESIDADES ENERGÉTICAS PARA LA SALUD Y LA SOSTENIBILIDAD

La energía tiene efectos tanto directos como indirectos sobre la salud, de la misma manera que estos pueden ser beneficiosos o dañinos. La energía es esencial para el desarrollo socioeconómico, sin ella, las comunidades no podrían cocinar sus alimentos y serían más susceptibles a las intoxicaciones e infecciones alimentarias, además es necesaria para obtener calor, para la transportación, la comunicación y para la producción de materiales para el consumo. Estos aspectos se resumen en la Tabla 9.1.

Los patrones de uso y producción de la energía son características claves de todas las sociedades. El reto es producir la mayor cantidad de energía con el menor riesgo para la salud. La disponibilidad de energía frecuentemente deter-

Tabla 9.1 Resumen de las necesidades de energía.

-
- Necesidades humanas básicas (calor, luz, alimentación).
 - Agricultura (irrigación, mecanización).
 - Urbanización (servicios básicos).
 - Transportación.
 - Producción industrial.
-

mina la naturaleza del desarrollo socioeconómico de una región. Para un desarrollo sostenible, las fuentes de energía deben ser seguras, confiables y que no afecten al medio ambiente.

Es ampliamente aceptado que una evaluación del riesgo total de una fuente de energía debe incluir una evaluación de todos los riesgos que pueden existir durante un ciclo energético:

- a) Adquisición de material y construcción.
- b) Emisiones debido a la adquisición del material y su producción de energía.
- c) Operación y mantenimiento.
- d) Sistemas de energía de reserva.
- e) Sistemas de almacenamiento de energía.
- f) Transportación y manejo de desechos.

9.1.2 CONSUMO DE ENERGÍA Y TENDENCIAS EN LOS REQUERIMIENTOS

Existen muchos requerimientos energéticos de las diferentes formas de desarrollo y muchas tendencias en el consumo de energía mundial. El consumo de energía se incrementó cerca de 2.2 % por año antes de 1950; entre 1950 y 1970, el consumo energético aumentó en 5.2 % por año; pero desde la crisis energética de 1970, el incremento de la demanda de energía ha disminuido 2.3 % anual. El consumo de energía total durante los 20 años de 1973 a 1993 resultó ser 49 % mayor que el consumo que los 20 años anteriores (WRI /UNEP/UNAP/World Bank, 1996) (ver Fig. 9.1).

Además, a pesar de que la población mundial en los países en desarrollo es mucho mayor que en los países industrializados, estos últimos consumen más

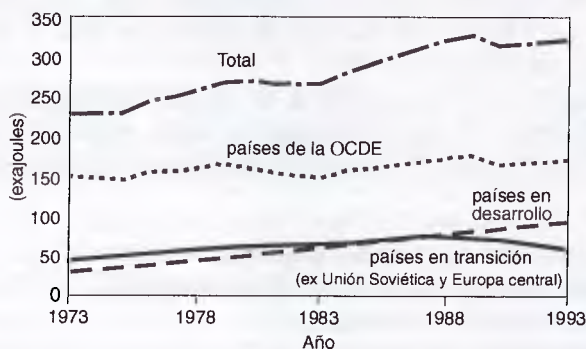


Figura 9.1 Tendencias en el consumo de energía 1973-1993. (Reimpresión de WRI /UNEP/UNDP/Banco Mundial, 1996).

cha más energía. En 1991, los países industrializados de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) contaban con 52.4% del consumo total de energía en el mundo, mientras sólo eran responsables de 37.4% de la producción global (WRI, 1991), y tenían 22 % de la población mundial. Estas tasas han permanecido relativamente constantes desde al menos 1965, aunque algunas proyecciones actuales prevén que, en los próximos años, aumenten las tasas del crecimiento del consumo de energía en los países en desarrollo (4.5% por año contra 1.5% por año en los países desarrollados) (UNEPA, 1992). De hecho, de acuerdo con la Oficina de Evaluación de Tecnología, la energía comercial empleada en los países en desarrollo podría triplicarse en los próximos 30 años. En algunos países la demanda está creciendo en más de un 10% anual (OTA,1992).

Con la industrialización, hay una tendencia al rechazo de la biomasa y otras fuentes de energía renovables y hacia una total dependencia de los combustibles fósiles, los cuales no son renovables. Hace 100 años, las fuentes no comerciales de combustible (madera, estiércol) eran el 50% de la energía total utilizada. Hoy, este tipo de combustible sólo representa 12% de la energía total usada en el mundo, a pesar de que 2000 millones de personas dependen de estas fuentes de energía no comerciales. Este porcentaje ha permanecido constante desde 1970 (UNEP, 1992).

En las figuras 9.2 y 9.3 se muestra cómo el uso de algunas fuentes de energía ha cambiado entre 1971 y 1991 en los países industrializados y en desarrollo

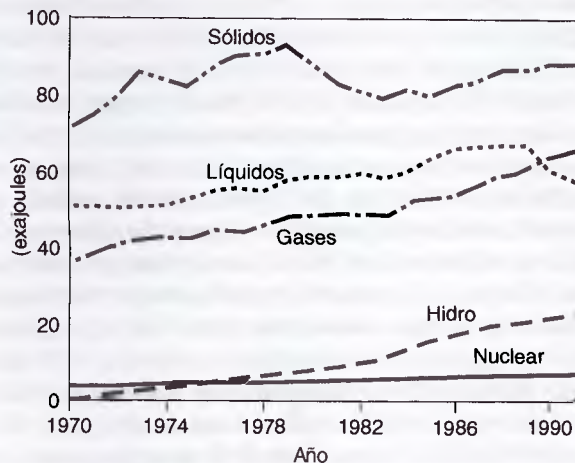


Figura 9.2 Consumo de energía comercial por fuente, países industrializados, 1971-1991. (Reimpresión de WRI, 1994.)

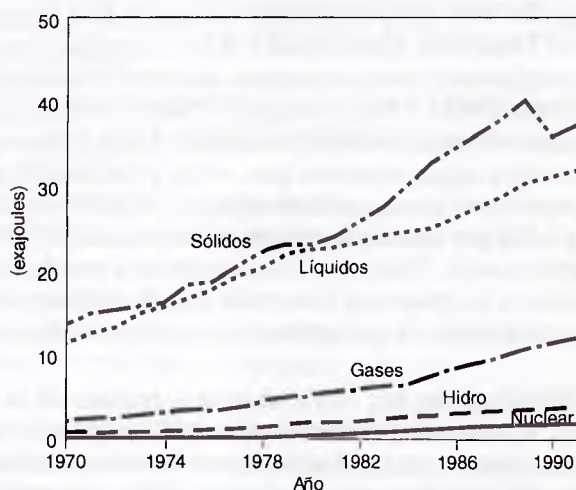


Figura 9.3 Consumo de energía potencial por fuente, países en desarrollo, 1971-1991. (Reimpresión de WRI, 1994.)

respectivamente. Nótese además, que hay grandes variaciones dentro de cada uno de los grupos de países. Las fuentes de energía sólida incluyen la madera, otras biomásas y el carbón.

Los diferentes usos de la energía y sus fuentes típicas se resumen a continuación:

- Necesidades humanas básicas (calefacción, iluminación, cocción de alimentos): aproximadamente 50% de la población mundial, principalmente de los países en desarrollo, depende de la biomasa (madera, estiércol de animales, residuos de las cosechas) para las tareas domésticas. Otras fuentes de energía doméstica incluyen los combustibles fósiles. Algunos de estos son quemados en crudo, como el carbón o el lignito (carbón pardo) y otros son procesados como el kerosene o el petróleo. Algunas familias emplean electricidad producida a partir de combustibles fósiles, principalmente en los países desarrollados. Una pequeña proporción de los hogares utilizan energía eléctrica proveniente de fuentes renovables, como las hidroeléctricas.
- Agricultura (irrigación, mecanización): solamente 4.5% del consumo de la energía total global pertenece a la agricultura. Como promedio por persona, el consumo en los países en desarrollo es una décima parte del consumo en el mundo desarrollado. La mayor parte de la energía consumida en la agricultura en los países pobres es gastada en fertilizantes, y en los países ricos es consumida por las maquinarias agrícolas.

- **Urbanización (servicios básicos):** la urbanización está frecuentemente acompañada de la industrialización, debido a que se requiere de la conciliación de recursos y empleo. La necesidad de energía en las áreas urbanas es, por supuesto, mayor que en las zonas rurales, debido a los requerimientos industriales y a la mayor provisión de servicios básicos que también requieren de energía (agua, disposición del agua). Las cifras estadísticas precisas sobre el costo energético de la urbanización son difíciles de establecer, pero está claro que en los países en desarrollo, donde no se poseen muchos de los servicios básicos urbanos y la industria no es prevalectante, el consumo de energía es mucho más bajo que en los centros urbanos equivalentes de los países desarrollados. Por otra parte, la eficiencia energética resulta ser mucho más baja en las áreas rurales y en las sociedades en desarrollo.
- **Transporte:** el consumo de energía por transporte está estrechamente vinculado a la urbanización y la industrialización, ya que la necesidad de movimiento de mercancías y servicios es mayor en las zonas urbano/industriales que en las áreas rurales, las cuales son, tradicionalmente, autosostenibles. El mayor consumidor de energía es el transporte automotriz.
- **Producción industrial:** el desarrollo socioeconómico está vinculado con la industrialización, la cual es enteramente dependiente de la energía. En los países desarrollados, donde la industria es primordial, la producción industrial consume 40-60% de la energía total consumida. En el mundo en vías de desarrollo, solamente 10 a 40% de la energía total consumida corresponde a la industria, aunque este porcentaje está en aumento. La tasa de crecimiento, es todavía incapaz de equipararse con el crecimiento poblacional en estas regiones. Esto resulta en un incremento del consumo energético sin un correspondiente incremento del desarrollo socioeconómico.

La energía hidroeléctrica es una forma de energía renovable que está siendo utilizada en un mayor grado en el mundo, pero que puede acarrear un alto costo en daños al ecosistema. La energía nuclear, en su forma tradicional de fusión, es una fuente no renovable pero requiere de una pequeña cantidad de combustible. Muchos países han comenzado a confiar en la energía nuclear, por ejemplo Francia y Ucrania. Otros como Suiza y Estados Unidos no han expandido el uso de la energía nuclear en años recientes debido a preocupaciones por su seguridad y costo. Desde la crisis del petróleo de 1970, el uso del carbón ha crecido en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), debido a que sus economías hambrientas de petróleo dependen de las importaciones, principalmente de los estados del Golfo Pérsico.

Debido al proceso de urbanización e industrialización, la energía se usa cada vez más para funciones que no existían o eran relativamente menores en las

culturas tradicionales, tales como alumbrado, señales lumínicas, aires acondicionados, calefacción de edificios de oficinas, grandes tiendas, equipos electrodomésticos tales como: radio y televisión, computadoras, etc. Estos cambios culturales en el consumo de energía pueden tener un gran impacto sobre la demanda global de energía. La tecnología informática puede incrementar, en buena medida, la eficiencia en el uso de la energía, mientras que otros usos pueden consumir más energía.

Ejercicios para estudio

1. ¿Cuáles son las fuentes de energía más usadas en su jurisdicción?
2. ¿Qué conoce usted acerca de los riesgos asociados con esas fuentes?
3. ¿Deben promoverse otras alternativas?

9.2 Combustibles de biomasa

9.2.1 USO DE LA BIOMASA

La mitad de la población mundial depende de la biomasa como fuente de energía doméstica. Los riesgos asociados a la misma tienen repercusión global. La biomasa incluye la madera, diferentes tipos de desechos, aserrín, estiércol de animales y materia vegetal. Éstas son a menudo las únicas fuentes de combustible de que se dispone en áreas rurales o en zonas urbanas muy pobres. Debido a la combustión incompleta, el humo de la biomasa contiene partículas respirables y gases tales como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, formaldehído, y cientos de otros compuestos orgánicos simples y complejos, incluyendo los hidrocarburos aromáticos policíclicos. Ha sido demostrado en numerosos estudios realizados que la concentración de estos contaminantes frecuentemente excede en 20 o más veces los valores guía de la OMS (ver estudios citados en Smith, 1991). La carga contaminante para cada comida cocinada es mucho mayor con el uso de biomasa que para otra fuente de energía (ver Figura 9.4). Debido a estas grandes concentraciones y a la gran cantidad de personas que se ven expuestas a estos tipos de contaminantes, la exposición humana a los contaminantes de la biomasa es alta. Sin embargo, la mayoría de estos estudios han sido realizados para la contaminación del ambiente comunal (fuera de la vivienda), de manera que se impone su extrapolación al interior de la vivienda. Debido al alcance de este problema en los países en vías de desarrollo se deben realizar posteriores estudios acerca de este tema (Smith, 1991).

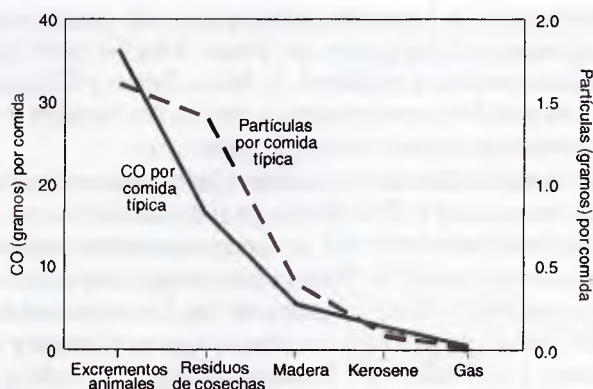


Figura 9.4 Cantidad de aire contaminado en el hogar por cada comida cocinada.
(Fuente: Smith, 1991.)

9.2.2 EFECTOS DIRECTOS DE LA BIOMASA

El problema de los efectos de la combustión de la biomasa es peor en las áreas urbanas, debido a que el uso del combustible es casi exclusivamente en el interior a la vivienda y es inevitablemente acompañado por una pobre ventilación. En las regiones frías, las viviendas que utilizan este tipo de combustible para la calefacción son especialmente y adversamente afectadas. En el Capítulo 5 se discuten algunos de los riesgos a la salud asociados con la exposición a contaminantes del aire. Los peores efectos son causados por la inhalación del humo. El humo puede provenir del carbón, cocina de petróleo o de la madera usados tanto para obtener calor como para procesar los alimentos. La calidad del aire en el interior de la vivienda es un serio riesgo para la salud en países en desarrollo como Nepal, China y la India. En pruebas realizadas a mujeres nepalesas se detectó un decremento de la función pulmonar en aquellas que reportaban más tiempo empleado cerca de las cocinas o estufas. Esto también fue encontrado en las mujeres chinas que emplean cocinas de carbón, comparadas con las que utilizan cocina de gas. En países como India, Malasia y China se han detectado síntomas respiratorios asociados al uso de biocombustibles en diferentes grupos de edades. En estudios nepaleses se ha demostrado la asociación entre la exposición al humo en los hogares y el incremento de infecciones respiratorias agudas en niños, una de las mayores causas de muerte en Nepal. Un estudio recientemente reportado de mujeres embarazadas en la India indicó como factor significativo de riesgo para la tasa de nacidos vivos la exposición al humo de biocombustibles (Smith, 1991).

El cáncer pulmonar y la bronquitis crónica son más comunes en las mujeres en algunas de estas sociedades puesto que pasan la mayor parte del tiempo en el hogar. Esto ha sido estudiado en Nepal, la India, Japón y China (WHO, 1991; Smith, 1991). Los problemas respiratorios resultantes tienden a complejizarse uno con otro, creando un círculo vicioso de patologías.

La quema de combustibles domésticos también está acompañada de riesgos de accidentes de incendios y a ello contribuye el diseño deficiente de las cocinas. Otros efectos directos provienen del almacenamiento de estos combustibles volátiles y altamente inflamables. Todos estos riesgos son experimentados mayormente por las mujeres, quienes usualmente son las responsables de las tareas domésticas, y los niños, quienes están mucho tiempo en el hogar y son físicamente más vulnerables. Las Tablas 9.2 y 9.3, tomadas del boletín de la OMS sobre la biomasa, describen los más importantes riesgos para la salud asociados con la dependencia a este combustible, enfocando los efectos adversos del procesamiento y quemado respectivamente.

Tabla 9.2 Efectos adversos de la producción y almacenamiento del combustible de biomasa sobre la salud humana.

Función	Posibles efectos adversos
Procesamiento/preparación de tortas de estiércol	Infección oral, fecal o entérica Infección en la piel
Producción de carbón	Envenamamiento por CO y por el humo Quemaduras/traumas Cataratas Traumas Reducción de la atención a la salud infantil
Almacenamiento de combustible	Mordeduras de serpientes venenosas, arañas, sanguijuelas e insectos Reacciones alérgicas Infecciones por hongos Fatiga severa

Fuente: WHO, 1991

9.2.3 EFECTOS INDIRECTOS DE LA BIOMASA

El efecto indirecto más significativo sobre la salud del consumo de combustible de biomasa proviene de la deforestación y del efecto invernadero causado por este tipo de consumo, a menos que el material vegetal utilizado sea replantado a la misma razón que se consume. Estos efectos serán discutidos en el Capítulo 11.

Tabla 9.3 Efectos adversos de la combustión de biomasa sobre la salud humana.

Efectos del humo (agudo y subagudo)	Conjuntivis, blefarconjuntivitis. Irritación de las vías respiratorias superiores, inflamación. Infecciones respiratorias agudas (IRA).
Efectos de los gases tóxicos (ejemplo: CO)	Envenenamiento agudo (por monóxido de carbono).
Efectos del humo (crónicos)	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Bronquitis crónica. Efectos adversos sobre la reproducción. Cáncer pulmonar.
Efectos del calor:	
Agudos	Quemaduras
Crónicos	Cataratas
Efectos ergonómicos de doblarse sobre los fogones abiertos /estufas	Artritis

Fuente: WHO, 1991

9.2.4 FUENTES DE ENERGÍA DOMÉSTICA MENOS CONTAMINANTES

Es posible minimizar los problemas asociados con la combustión de biomasa. Casi toda la combustión de biomasa es para uso doméstico. Frecuentemente, los incendios son producto de métodos ineficientes de combustión, pero desafortunadamente son generalmente la única opción disponible. La tecnología de las cocinas o estufas que emplean biomasa está bastante desarrollada (Smith, 1991), por lo tanto puede reducirse la cantidad de combustible necesaria en los hogares utilizando cocinas más eficientes. Al disminuir la cantidad de combustible necesario para las tareas domésticas es menor el trabajo para las familias y menor la tasa de desforestación. Aún más importante para los residentes de la vivienda es que las cocinas más eficientes también reducen la emisión de humo y partículas, anulando la más grande amenaza para la salud. También las emisiones en el interior de las casas pueden ser reducidas con la instalación de chimeneas o campanas sobre las cocinas o estufas. No hay estudios, sin embargo, que prueben que se reduzcan eficientemente las emisiones con la colocación de una chimenea y a veces el costo adicional pudiera hacerlo aún más difícil (Smith, 1991). El método más efectivo para la reducción de emisiones es, a menudo, reubicar las cocinas o estufas donde sus emisiones fluyan afuera con facilidad. Este acceso a la circulación de aire exterior resulta en un menor daño inmediato a la salud humana.

Existe una cantidad considerable de investigaciones que buscan alternativas para las fuentes de energía a partir de la biomasa de las cuales el kerosene, el gas líquido de petróleo (GLP) y la electricidad son consideradas las mejores alternativas. Cada una de estas alternativas tiene su desventaja. La contaminación del aire por las cocinas de kerosene puede resultar un gran problema y se requieren más investigaciones antes que los programas de sustitución puedan ser razonablemente sugeridos. El GLP y la electricidad son muy caros siendo su difusión algo casi imposible. Es probable que estos hogares que ahora dependen de la biomasa la continúen usando en un futuro próximo. El mejoramiento de los combustibles con base en la biomasa, mediante la producción de briquetas (compresión del carbón) o de biogás (fermentación de varias fuentes de biomasa), pudiera ser una solución intermedia debido a que queman más eficientemente. De ellos dos, el biogás es la mejor alternativa puesto que la combustión del carbón de leña produce muchas emisiones dañinas.

9.3 Combustibles fósiles

9.3.1 USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

Los combustibles fósiles incluyen el petróleo, el carbón de piedra y el gas natural. Todas estas fuentes de energía no son renovables. Éstas se derivan de la energía solar atrapada, a causa de la fotosíntesis, en forma de plantas fosilizadas, durante el transcurso de millones de años. En doce meses el mundo consume una cantidad de combustible fósil que tomó un millón de años crearse. A pesar de la preocupación y de los recientes esfuerzos, este tipo de combustible aún provee 90% de la energía comercial en el mundo. La mayor parte de estos combustibles es convertida en electricidad antes de su consumo, pero otra se quema cruda. Aunque hay esfuerzos recientes para utilizar combustibles alternativos el petróleo aún suple 38% de las necesidades mundiales de energía. Por lo tanto es la fuente predominante. El carbón, que ha sido empleado extensivamente desde la revolución industrial, suma 30%, mientras que el gas natural 20% (WHO, 1992). Esto indica que las fuentes no renovables de energía suplen la mayor parte de las necesidades mundiales de energía.

El transporte, cuyo soporte primario son los combustibles fósiles, se ha expandido rápidamente durante las pasadas tres décadas, como se discutió en el Capítulo 8. Las reservas conocidas de petróleo y gas natural pueden ser consumidas en los próximos 30 ó 40 años. Las reservas de carbón pudieran durar otros 200 años, pero las que aún quedan son de muy baja calidad, y su combustión producirá menos energía que las actualmente utilizadas. Conjuntamente con los problemas de renovabilidad están los múltiples efectos dañinos a la salud. Estos

daños ocurren en cada paso del proceso de consumo de combustibles fósiles, desde la extracción y procesamiento (Tabla 9.4) hasta la combustión (Tabla 9.5), y tienen tanto efectos inmediatos como a largo plazo.

Tabla 9.4 Riesgos asociados con la extracción y procesamiento de combustibles fósiles.

	Localización	Riesgo
Carbón	Minas bajo tierra	Neumoconiosis de los trabajadores del carbón o pulmón negro, silicosis, incendios, explosiones, heridas.
	Minas a cielo abierto	Bronquitis industrial, tos crónica, accidentes (minería, transportación).
Petróleo	Minas en mar abierto	Accidentes causados por el estado meteorológico, explosiones.
	Minas en tierra	Dermatitis (producto a la exposición por largo tiempo al petróleo crudo o derivados), accidentes, explosiones.
Gas natural	Refinerías	Exposición a los hidrocarburos (carcinógenos conocidos).
	Depósitos	Exposición al sulfuro de hidrógeno, accidentes, explosiones.
	Refinerías	Exposición a los hidrocarburos (carcinógenos conocidos). Accidentes y explosiones.

Tabla 9.5 Daños asociados con la quema de combustibles fósiles.

	Método de combustión	Riesgos asociados
Carbón	Combustión doméstica (usando carbón crudo)	Cáncer pulmonar, infecciones respiratorias agudas, enfermedades pulmonares crónicas.
	Consumo industrial	Contaminantes atmosféricos, accidentes, incendios.
Petróleo	Consumo industrial	Accidentes, incendios, contaminantes atmosféricos.
	Vehículos	Accidentes de vehículos motores, accidentes, incendios, contaminantes atmosféricos.
	Consumo doméstico (cocinas de kerosene)	Contaminación del aire interior.
Gas natural	Consumo industrial	Contaminantes atmosféricos.

9.3.2 EFECTOS DIRECTOS EN LA SALUD

La quema de los combustibles fósiles es la única gran causa de la contaminación atmosférica. Al igual que con la combustión de biomasa, las emisiones producto de la quema incompleta de combustibles fósiles son de gran preocupación tanto para la salud humana como para el ambiente. Los principales contaminantes son los óxidos de azufre, las partículas en suspensión, los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono, los hidrocarburos aromáticos policíclicos y el bióxido de carbono. Estos y sus efectos directos en la salud se discutieron en el Capítulo 5. Las emisiones de partículas de óxido de azufre, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono en el interior de las viviendas son de gran preocupación. Esto se aplica al carbón especialmente, pero también al gas natural y al petróleo. Las circunstancias más importantes, aunque menos comunes, que afectan la exposición humana son aquellas en las que los productos contaminan el ambiente interior directamente a partir de fuentes fijas, a través de conductos defectuosos, etcétera.

La quema de combustibles sólidos también expone al usuario al riesgo de incendios accidentales y explosiones. Donde la quema es inadecuada, el riesgo de incendios es mucho mayor.

Otros efectos directos de los combustibles sólidos sobre la salud incluyen los riesgos de la minería del carbón. Estos van desde derrumbes y explosiones de gas hasta neumoconiosis producto de la inhalación del polvo del carbón, como se describe en el Capítulo 10. Sin embargo, como se observa en el Cuadro 9.1, se han hecho investigaciones que han traído importantes avances en lo que a la tecnología del carbón respecta. Mientras los riesgos para adquirir estas serias enfermedades han estado decreciendo debido a nuevas tecnologías que protegen a los mineros, los riesgos de heridas por la extracción o transporte del carbón han tendido a cambiar poco. El proceso de conversión del carbón en combustibles líquidos ha estado ligado también al cáncer pulmonar y a tumores de la piel.

Los riesgos asociados con la industria del petróleo y el gas natural no son tantos como los de la producción de carbón. En general, es la exploración en busca de nuevas fuentes de combustible, la perforación y explotación de pozos lo que ha producido más accidentes.

Las grandes plantas pueden convertir el carbón, el petróleo y en menor grado el gas natural en electricidad con menos productos de la combustión incompleta que los sistemas individuales. La producción de desechos de estas plantas puede ser regulada. En ellas se tiende a concentrar estos desechos minimizando el impacto de los mismos en el medio.

Cuadro 9.1

El proyecto sueco carbón-salud-ambiente

En noviembre de 1979, el gobierno de Suecia comisionó al Swedish Power Board (Buró Sueco de Energía) para investigar y reportar cómo podían resolverse los problemas de salud y ambientales producto del incremento del uso del carbón en Suecia. El proyecto analizó las diferentes etapas del uso del carbón y las anomalías que podía ocasionar. Las emisiones de óxidos de azufre y de nitrógeno, metales tóxicos y polvo no son, por supuesto, propias solamente del carbón, sino que ocurren también en diferentes grados en la quema de otros combustibles.

Grandes reservas de carbón, incluyendo el valioso carbón bajo en azufre, están disponibles en varias partes del mundo, incluyendo los Estados Unidos, Polonia, la antigua Unión Soviética, oeste de Canadá, Australia y Colombia. El carbón, al igual que la turba y la madera, no es homogéneo sino que más bien tiene un contenido variado de elementos traza. El mercurio es uno de los más importantes toxicológicamente hablando.

Los riesgos ocupacionales asociados con el carbón son bien conocidos. La polvareda usual durante el transporte y la manipulación ocurre particularmente en condiciones cálidas y con vientos. Los riesgos por el dañino polvo pueden ser eliminados o reducidos en buena medida mediante métodos racionales de trabajo y soluciones técnicas. Esto se aplica también al transporte y manipulación de los productos de desecho. Se debe tener especial cuidado en los puntos en los que se realiza la carga o cuando se arrojan al basurero (Figura 9.5). La ceniza seca debe ser manipulada en sistemas totalmente cerrados.

El proyecto sueco concluyó que no se esperaban efectos en el sistema respiratorio debido al uso del carbón en Suecia, gracias a la utilización de técnicas modernas y efectivas. Las investigaciones del contenido de sustancias mutagénicas y carcinogénicas en las emisiones mostraron que las grandes, modernas y eficientemente utilizadas instalaciones emitían sólo una pequeña cantidad de materiales mutagénicos. Sin embargo, se observó que las emisiones por unidad energética de sustancias mutagénicas pueden ser considerablemente mayores en instalaciones pequeñas.

El Buró consideró que el uso del carbón, el cual reemplazaría al petróleo, afectará el nivel de metilmercurio en los peces en un menor grado. Sin embargo, si no se toman medidas prudentes, hay un riesgo de incremento de los niveles de este compuesto en los peces de lagos sensibles a la acidez cercanos a grandes fuentes puntuales, tales como las plantas que utilizan carbón. Las condiciones locales y las medidas tomadas en tales casos determinan el alcance que el incremento del riesgo puede tener. Se hizo notar que las regulaciones fuertes en estas áreas pueden muy bien reducir los riesgos por mercurio a niveles aceptables.

Asumiendo que las cenizas flotantes con radioactividad demasiado elevada no sean

continúa...

usadas como material de construcción en residencias, y que los pozos de agua potable no estén situados en las cercanías de las descargas de residuales, las técnicas disponibles para el transporte y disposición de los productos de desecho de la combustión del carbón fueron consideradas suficientes para evitar el riesgo de efectos negativos. El proyecto concluyó que el carbón puede ser utilizado como una alternativa para el petróleo en la calefacción, en las plantas comunales de generación de energía y dentro de la industria de forma aceptable para la salud, si se usa en instalaciones bien mantenidas y que sean lo suficientemente grandes como para hacer factible el uso de tecnología segura para el medio ambiente. El uso de carbón en plantas de electricidad también fue juzgado como aceptable. Se hizo notar que se deben investigar las condiciones locales y regionales antes de decidir la extensión de la producción de electricidad.

El carbón, al igual que otros combustibles fósiles, contiene componentes de naturaleza indeseable que son liberados durante la combustión. Muchos de ellos pueden afectar la salud. Aparte de reacciones molestas, pueden ocurrir efectos locales en el sistema respiratorio, efectos en otros sistemas orgánicos o efectos genotóxicos (p. ej. cáncer). Las impurezas presentes en las descargas de los efluentes, particularmente las metálicas, pueden ocasionar efectos sistémicos adversos.

9.3.3 EFECTOS INDIRECTOS

Cuando la contaminación atraviesa las fronteras surgen problemas adicionales. Los grandes centros urbanos situados junto a las fronteras son un problema no sólo para el país en el cual la ciudad está situada, sino también para sus vecinos. Los mayores efectos indirectos a la salud por la contaminación creada por fuentes de energía son la lluvia ácida y el calentamiento global. Estos son discutidos en el Capítulo 11.

9.3.4 ESTRATEGIAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN

Ya existen tecnologías para mitigar la contaminación, las cuales pueden reducir en buena medida la emisión de contaminantes del aire en la fuente. Colocando limpiadores en las plantas se pueden reducir las emisiones de dióxido de azufre hasta en un 95%. De igual forma, con precipitadores electrostáticos y filtros de bolsa se puede capturar una gran cantidad de partículas (polvo, ceniza, hollín e hidrocarburos) en las salidas para gases de las plantas de energía las fábricas. Lo más importante es que se han desarrollado nuevas tecnologías, como las camas de combustión fluida, que son capaces de quemar combustibles crudos o procesados de forma mucho más eficiente, reduciendo en gran medida las emisiones contaminantes. Además, muchos más países están desarrollando plantas de co-generación, las cuales producen calor y electricidad para ciudades ente-

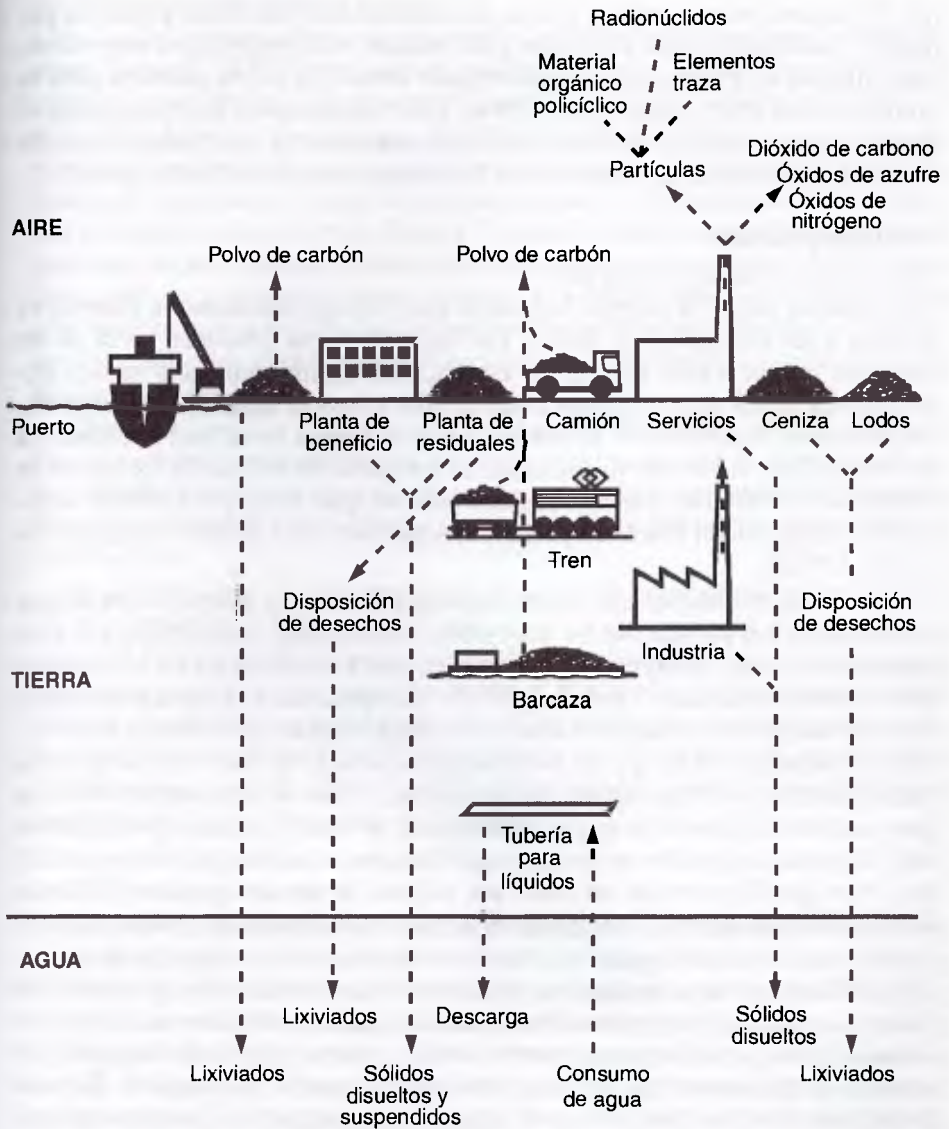


Figura 9.5. Las diferentes etapas de la manipulación del carbón en Suecia y las anomalías medioambientales que pudieran ocurrir. (Reproducida de SCHEP, 1993.)

ras. En países como la India y China, las turbinas que funcionan a base de gas natural, menos caras, más eficientes y con menos emisiones que las convencionales plantas de carbón, se están mostrando como una buena promesa para la producción de electricidad (WRI, 1994). Tales adelantos en la eficiencia en el uso de la energía no sólo disminuyen la contaminación del aire sino que también conservan las fuentes de combustibles fósiles no renovables (OMS, 1992d).

9.4 Hidropotencia

9.4.1 EL USO DE HIDROELECTRICIDAD

Para muchos países la energía hidráulica está emergiendo como la alternativa favorita a los combustibles fósiles. Las hidroeléctricas producen cerca de un cuarto de la producción mundial de electricidad. La hidropotencia ha sido extensamente usada tanto en países desarrollados como en desarrollo. Europa utiliza alrededor de un 36% de su potencial hidroeléctrico mientras Norteamérica ha desarrollado el 59% de su potencial. El potencial sin utilizar de los países en desarrollo es bastante grande. Algunos estiman que Asia, por ejemplo, solamente ha utilizado el 9% de su potencial, América Latina el 8% y África el 5% (OMS, 1992d).

La hidroelectricidad es una fuente renovable de energía relativamente limpia de acuerdo a sus partidarios. Se debe notar, sin embargo, que debido a la acumulación de cieno la expectativa de vida de una hidroeléctrica en un embalse debe medirse en décadas y no en siglos. La hidropotencia es generada mediante la construcción de grandes embalses en aguas de rápido movimiento, conectados a generadores. Para que un país pueda considerar la construcción de estos embalses debe tener fuentes de agua disponibles. Ellos deben tener también una gran cantidad de dinero ya que el costo inicial de estos sistemas es sumamente alto. Hay muchos problemas serios y significativos relacionados con los embalses. Para que la inversión en estos sea valiosa, deben ser grandes y abarcar amplias áreas de terreno. Esto puede acarrear un sinnúmero de problemas en el medio local. Se sospecha que los grandes embalses son los causantes de pequeños temblores en algunas regiones predispuestas a movimientos telúricos. Por ejemplo, un ambicioso proyecto para construir grandes embalses en el norte de Canadá fue suspendido recientemente cuando se supo que grandes bosques (tan grandes como algunos países europeos) podrían quedar sumergidos. De esta manera ecosistemas completos podrían quedar sumergidos y los residentes del área tendrían que ser desplazados a un alto costo. Cuando un embalse se destruye, cosa que rara vez ocurre, puede causar inundaciones catastróficas y pérdida de vidas.

9.4.2 EFECTOS DIRECTOS EN LA SALUD

Las actuales construcciones de embalses pueden ser riesgosas para los trabajadores. Más de 10 000 trabajadores, especializados o no, son necesarios para construir un embalse y los accidentes y muertes son un riesgo ocupacional significativo. Además, después que un embalse se ha terminado, el área ocupada por el agua embalsada es usualmente significativa y por lo tanto el desplazamiento de la población local en tales situaciones es un problema. Por ejemplo, dos recientes embalses en la India y Tailandia desplazaron 20 000 y 30 000 personas respectivamente. Estos desplazamientos pueden producir estrés psicológico debido a la pérdida de sus casas, de su modo de vida y problemas físicos relacionados con la ruptura de los suministros de alimentos usuales, etc. Finalmente, se sabe que los embalses colapsan provocando inundaciones en la tierras bajas (OMS, 1992b).

Otra preocupación adicional es un número de estudios que han relacionado los campos electromagnéticos de los cables que transportan la electricidad que es generada, con varios tipos de cáncer. Estos estudios han estado bajo revisión últimamente debido a que algunos investigadores cuestionan su metodología y conclusiones.

En el lado positivo, las hidroeléctricas producen grandes cantidades de energía eléctrica barata a bajo costo (después de la construcción del embalse). Como con otras fuentes de electricidad ésta puede ser utilizada para la refrigeración, la atención a la salud y otros usos que tienen efectos positivos directos en la salud humana. También el agua embalsada puede ser utilizada para la irrigación, como ha ocurrido en la India y en China, teniendo un efecto positivo directo en la producción agrícola de alimentos. Otro efecto positivo sería la cría de peces en los embalses lo cual mejoraría la dieta local.

9.4.3 EFECTOS INDIRECTOS

El proceso de generación de hidroelectricidad no crea desperdicios ni otros subproductos que afecten la salud humana. Sin embargo la acumulación de agua necesaria para producir esta electricidad puede cambiar el sistema biológico local por completo. Por ejemplo, el embalse de Asúan en Egipto contribuyó a la distribución de la esquistosomiasis en el río y los sistemas de irrigación en la cuenca del Nilo. Allí, las aguas bajas de las orillas del nuevo lago ayudaron al rápido crecimiento de caracoles de agua fresca los cuales son los hospederos intermediarios del parásito que produce esta enfermedad. Como se describió en el Capítulo 3, el proyecto de irrigación del bajo Seyhan en Turquía es un ejemplo de cómo la malaria se introdujo en un área donde no era endémica mediante la

construcción de un embalse para una hidroeléctrica. Una vez más el vector de la malaria, el mosquito, aumentó rápidamente su población a causa de la nueva y casi estancada fuente de agua. Otros organismos, por ejemplo algas y musgos también pueden florecer. Río abajo la tierra es privada de agua la cual, por supuesto, es esencial para los humanos y la agricultura. Los sistemas acuíferos río abajo también se ven afectados. De ahí que un embalse hidroeléctrico cambia esencialmente el medio físico antes y después de su estructura, provocando un cambio en el modo de vida de las personas en estos ambientes. Estos cambios pueden tener, y a menudo sucede, efectos negativos en los que viven cerca. Debido a que los grandes reservorios a menudo son construidos en áreas remotas, en muchos países se piensa que el impacto de los embalses hidroeléctricos en la salud tendrá sólo efectos menores (OMS, 1992d).

Otro efecto indirecto puede ser el incremento de la exposición a mercurio a través de peces, cuando el embalse crea las condiciones para que el mercurio en los suelos inundados y la vegetación se acumule en los peces consumidos por la población local. Este ha sido un problema en particular en Canadá (JBMC, 1995).

9.4.4 MITIGACIÓN POR EL MANEJO AMBIENTAL

Muchos de los efectos directos en la salud pueden ser evitados o reducidos por la adopción de prácticas de manejo ambiental en la construcción y etapas operacionales del embalse. Si los factores de seguridad no son considerados durante la construcción de grandes embalses, esto usualmente se debe a recortes financieros o una mala planificación (OMS, 1992d). Las medidas para reducir el riesgo por esquistosomiasis y enfermedades derivadas de los mosquitos incluyen: clarificación y nivelación, prácticas de manejo de tablas de agua en las orillas para evitar los criaderos de invertebrados, planificación de los asentamientos, provisión de suministros de agua potable para disminuir el contacto de las personas con el agua infestada con vectores, agentes químicos (por ejemplo, principalmente plaguicidas) o control integrado de plagas (dependiendo menos de los plaguicidas y más de la administración ambiental y el control biológico) y la vacunación y otras prácticas de salud cuando se requiera. La educación de salud y la promoción de la participación pública en la reducción de los riesgos es de suma importancia. Ninguna de estas medidas será efectiva a menos que el impacto haya sido definido en etapas tempranas y se establezca un monitoreo para guiar las actividades de mitigación. El panel de expertos para el manejo ambiental y control de vectores, realizado por WHO/FAO/UNEP/ UNCHS ha desarrollado un número de lineamientos y materiales de entrenamiento para asistir a los planificadores e ingenieros a llevar a cabo estas tareas conjuntamente con otros representantes del sector de la salud. El impacto negativo e indirecto en la salud

relacionados con la población desplazada es más difícil de mitigar y requiere una planificación imaginativa de los proyectos (OMS, 1992d).

Para cada nuevo proyecto se deberán ser realizar investigaciones ambientales (como se discutió en el Capítulo 3), consistentes en Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA). Se ha acumulado suficiente información de proyectos anteriores para poder predecir los cambios ambientales que ocurrirán debido a un embalse y su consecuente lago. Los proyectos pequeños tienen la ventaja de ofrecer menores costos de instalación y operación a la vez que tienen menos impactos en el medio local (OMS, 1992d).

9.5 Generación nuclear

9.5.1 EL USO DE LA ENERGÍA NUCLEAR

La generación de energía eléctrica por reactores nucleares estuvo creciendo durante las últimas décadas hasta la de los años 80. Para finales de 1989 existían 436 reactores generadores de energía en el mundo distribuidos en 26 países con una capacidad total de 320 gigawatts de electricidad (aproximadamente el 17% de la producción global de electricidad).

Los recursos para la producción de energía por fisión nuclear son el uranio y el thorio. La producción de uranio ha permanecido a un nivel constante de aproximadamente 37 000 toneladas por año. Existen yacimientos de uranio barato en Australia, Canadá, Sudáfrica, Nigeria, Estados Unidos y los países de la antigua Unión Soviética. La distribución geográfica de los reactores nucleares no es uniforme en todo el mundo. Cerca de 95% de la generación total de energía está concentrada en Norteamérica, Europa y Japón.

La producción de energía nuclear en el presente está basada en el proceso de *fisión*, la división de átomos de uranio. La energía nuclear consume pequeñas cantidades de combustible y es una fuente potencial de energía barata y flexible. Sin embargo, algunos incidentes ampliamente difundidos durante la década de los años 70 (como el de la isla Three Mile en los Estados Unidos) y 80 (como el de Chernobyl en la entonces Unión Soviética) han causado gran preocupación acerca de la seguridad de este tipo de energía. El accidente de la isla Three Mile (TMI) y el de Chernobyl son los únicos casos conocidos en los que las consecuencias se extendieron fuera de las instalaciones de las plantas nucleares. Mientras que los dos accidentes parecen haber sido resultado de la combinación de un mal diseño y errores de operación, el escape de radionúcleos al exterior fue varios órdenes de magnitud menor en TMI que en Chernobyl.

En TMI el núcleo se calentó y derritió, pero el vaso de presión y la estructura contenedora permanecieron intactas. En Chernobyl, la experimentación impropia y errores de operación provocaron el oleaje en el reactor de potencia que no

pudo ser controlado, conduciendo a un rápido incremento de la temperatura, la explosión del núcleo y un intenso incendio. Este accidente ocasionó la muerte de 31 trabajadores de emergencia, la contaminación de grandes áreas de la parte europea de lo que era la Unión Soviética y cerca 1000 casos de cáncer de tiroides en niños (OMS, 1995c). Además, varios millones de personas están viviendo en áreas contaminadas y 100 000 individuos han sido permanentemente evacuados de una zona de exclusión de 30 kilómetros creada alrededor del reactor.

En general se acepta que la operación normal de plantas nucleares es menos contaminante que el uso de otros combustibles. La generación de electricidad a partir de combustible nuclear no produce dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas en suspensión, ni dióxido de carbono u otros gases con efecto invernadero. Sin embargo, para tener una idea exacta de los riesgos que implica se debe tener en cuenta el ciclo de utilización completo del combustible nuclear. Este incluye la explotación de yacimientos y pulverización del uranio, el enriquecimiento y fabricación del combustible, operación del reactor, almacenamiento del combustible consumido y transporte, reprocesamiento del combustible, y finalmente la disposición de los desechos radioactivos y su descomposición. Los riesgos a la salud específicos al ciclo del combustible nuclear son aquellos que tienen que ver con la exposición a las radiaciones ionizantes (incluyendo el radón). Una explicación de la radiactividad y la radiación fue dada en el Capítulo 2. Otros riesgos, como la exposición a químicos tóxicos y polvo que pueden ocurrir en el proceso de utilización de otros combustibles están también presentes, aunque a menor escala. Estos se encuentran principalmente en el ciclo del combustible nuclear, en las etapas de fabricación y reprocesamiento.

9.5.2 EFECTOS ESTOCÁSTICOS O ALEATORIOS (SIN UMBRAL)

En general los efectos de la radiación pueden ser separados en dos secciones: efectos a la salud que no son umbrales, llamados por los especialistas *efectos estocásticos* (aleatorios, sin umbral), y efectos sobre la salud que tienen un umbral, conocidos por los especialistas como *efectos determinísticos* (mencionados en la Sección 2.4.3). El cáncer y los efectos hereditarios están clasificados como efectos estocásticos. La pregunta básica al evaluar los riesgos de la utilización de combustible nuclear para los trabajadores y el resto de las personas, en lo relativo a la operación rutinaria del ciclo de combustible nuclear, tiene que ver con la relación entre dosis y respuesta a bajas dosis y tasas de dosis (ver el Capítulo 3 como recordatorio de las curvas de dosis-respuesta).

La evidencia epidemiológica directa de riesgos ocupacionales a la salud por radiación procede de estudios de la minería del uranio y la explotación de instalaciones nucleares (OMS, 1992d). La minería del uranio ha mostrado inequívoco-

camente que produce un incremento de la mortalidad por cáncer respiratorio, a la vez que aumenta la prevalencia de silicosis entre los mineros.

Los estudios epidemiológicos proveen evidencia controversial acerca de los efectos de la radiación en las poblaciones que residen cerca de las plantas nucleares. Un incremento en la leucemia infantil se reportó en los alrededores de dos instalaciones nucleares inglesas que se dedicaban al reprocesamiento. Otro estudio, utilizando métodos similares, identificó un exceso igual (14-15%) de la leucemia infantil alrededor de instalaciones nucleares en Inglaterra y Gales. Sin embargo, otros estudios, como algunos llevados a cabo alrededor de seis instalaciones nucleares en Francia, no revelaron un incremento en la leucemia o el cáncer. Un cuidadoso estudio reciente realizado en los Estados Unidos examinó las tasas de mortalidad por cáncer alrededor de 62 instalaciones nucleares. No fue observado ningún incremento en la mortalidad por cáncer. Sin embargo, la OMS ha argumentado (WHO, 1992d) que los estudios norteamericanos incluían grandes áreas y poblaciones por lo que pequeños incrementos en cáncer pudieron haber quedado ocultos.

9.5.3 EFECTOS DETERMINÍSTICOS (CON UMBRAL)

Los efectos determinísticos son aquellos que aparecen sólo después de una exposición precisa a altas dosis de radiación que exceden umbrales bien definidos. Estos incluyen, entre otros, quemaduras de la piel, daños a la médula ósea y esterilidad. Tales exposiciones han ocurrido en los sobrevivientes de explosiones de bombas atómicas y en unos pocos trabajadores de Chernobyl (ver OMS, 1995c). Exposiciones de esta magnitud no son de interés cuando se investigan los riesgos públicos de la energía nuclear en condiciones normales de operación (OMS, 1994b).

Los efectos a largo plazo sobre la salud están siendo analizados en estudios epidemiológicos que están demostrando que son significativos. Se ha argumentado que el diseño del reactor de Chernobyl no cumplía las normas de seguridad internacionales establecidas y que las medidas de prevención y contención requeridas actualmente reducen el riesgo de posibles efectos adversos en el ambiente y la salud provenientes de la operación de combustibles nucleares.

9.5.4 MEDIDAS DE SEGURIDAD

En los Estados Unidos, uno de los primeros países en acometer un programa nuclear a gran escala, el costo de realizar una construcción segura y la dificultad para asegurar las instalaciones ha detenido la construcción de nuevos reactores. (Estas instalaciones trajeron una enérgica oposición pública). Los partidarios de la energía atómica apuntan que los problemas pasados tuvieron que ver con el

diseño de los reactores y que los nuevos modelos son mucho más seguros. Sin embargo, la gran preocupación pública en muchos países hace improbable que la energía nuclear se expanda tan ampliamente como sus partidarios originalmente esperaban. Una muy sofisticada forma de energía nuclear, pero técnicamente difícil de producir, conocida como fusión, consiste en la unión de átomos de hidrógeno para liberar energía. En los Estados Unidos está en desarrollo un gran programa de ingeniería, conjuntamente con otros pequeños proyectos en este mismo país y en Japón y Europa. Si tiene éxito la energía de fusión podría producir cantidades enormemente grandes de energía barata proveniente del agua de mar, pero los costos de desarrollo y los obstáculos ingenieriles hacen que sea una posibilidad distante que no es probable que tenga solución a corto plazo.

Como resultado del accidente de Chernobyl la atención se ha centrado en la seguridad de la operación de los viejos tipos de reactores. Esfuerzos considerables están siendo acometidos para actualizar los viejos reactores en operación, de forma tal que sean compatibles con los niveles de seguridad establecidos por las normas internacionales actuales. Las estrategias de reducción para las plantas nucleares se centran en la prevención, como por ejemplo, en la construcción de reactores más seguros. Estas estrategias de seguridad incluyen la construcción de barreras para evitar posibles fugas, sistemas de respaldo contra fallas en el sistema y aseguramiento de la calidad.

Quizás el debate más importante tenga que ver con los desechos radioactivos. Las diferentes etapas del ciclo del combustible nuclear producen desechos radioactivos. En el presente hay dos líneas en lo que al manejo de combustible irradiado por los reactores respecta. Éstas son almacenamiento temporal o permanente del combustible utilizado, y el reprocesamiento del combustible utilizado. Este último trae consigo el consecuente reciclaje del uranio en reactores térmicos. Se piensa que el reprocesamiento y el reciclaje se lleve a cabo en 15 de los países que tienen reactores nucleares. Pero desde un punto de vista puramente económico, teniendo en cuenta los precios actuales del uranio, el incentivo para la utilización del reprocesamiento y el reciclaje se está reduciendo (OMS, 1992d).

Las consideraciones a tener en cuenta para la disposición de desechos nucleares se pueden dividir como sigue:

Disposición de desechos de nivel bajo e intermedio: los métodos para el manejo y la disposición segura de desechos están bien establecidos y operacionalizados. Esencialmente la disposición segura está definida por el establecimiento de barreras efectivas que evitan la transferencia de radionúclidos al ambiente de forma tal que pueda conducir a una excesiva exposición humana. Las

estrategias típicas de disposición incluyen la utilización de depósitos no profundos bajo tierra con, o sin, una capa de concreto, estructuras cerca de la superficie, o una cavidad rocosa como depósito. Las dosis para el público en general de tales depósitos de desechos ha sido evaluadas por la UNSCEAR (1988) como extremadamente bajas.

Disposición de desechos de alto nivel: los desechos de alto nivel de radioactividad se caracterizan por la generación de calor y una larga vida media. Muchos de los desechos de alto nivel son producidos por el reprocesamiento del combustible nuclear y a menudo están en forma líquida. Debido al calor generado, estos desechos son a menudo almacenados por un año o más en tanques de agua para bajar su temperatura antes del proceso de disposición final. Una vez que la generación excesiva de calor ha sido eliminada, los desechos líquidos son solidificados antes de su disposición. Los elementos del combustible consumido que serán depositados sin procesamiento son también clasificados como desechos de alto nivel.

Estos desechos necesitan ser depositados a gran profundidad bajo formaciones rocosas y con múltiples barreras para impedir su filtración al ambiente. La integridad de estas estructuras debe ser tal que no sean predecibles ni aceptables futuros riesgos para la salud humana y el ambiente en un período de miles de años. Los depósitos de este tipo no están en operación en el presente. Las primeras instalaciones que cumplan con estos estrictos criterios de seguridad estarían en operación para el año 2000.

Preguntas de estudio

Usted es un oficial de salud ambiental en funciones y recibe una llamada en la que se le informa de que ha habido un pequeño derrame en una planta nuclear. Describa los pasos que usted tomaría para enfrentar esta situación. (Utilice la información que aparece en los Capítulos 3 y 4, conjuntamente con la que aparece en éste.)

9.6 Fuentes alternativas de energía

Se han analizado diferentes tipos de fuentes de energía como alternativa a las anteriormente mencionadas. Las más prometedoras incluyen al viento, la energía solar y la geotérmica. Estas alternativas particulares, conjuntamente con la hidroelectricidad, son prometedoras debido a que generalmente son renovables. Generalmente se piensa que éstas son prohibitivamente caras aunque, como se muestra en el Cuadro 9.2, este no es necesariamente el caso. Sin embargo estas fuentes de energía globales no serán viables en los próximos años y también

tienen relacionados riesgos para la salud (Tabla 9.6). Uno de los mayores problemas derivados de la energía solar está dado porque las instalaciones generadoras son individualmente pequeñas y demasiado descentralizadas para una red de suministro efectiva. Sin embargo, pueden ser una fuente local de energía muy útil, satisfaciendo las necesidades con una relación costo-efectividad aceptable, como se ve en el Cuadro 9.2.

Cuadro 9.2

Potencial de fuentes alternativas de energía para producir electricidad

A pesar de diferentes factores (la falta de compromiso por parte de los planificadores, fallas técnicas atribuibles a la poca capacidad de mantenimiento local y la preocupación por el costo asociado a estas nuevas tecnologías) se han hecho grandes avances en el uso de fuentes alternativas de energía. La experiencia de campo y el desarrollo técnico amplió la aplicación de las turbinas de viento y los paneles solares fotovoltaicos (PV) en los países desarrollados. Estos han demostrado ser efectivos en lugares remotos desde el punto de vista de los costos (Foley, 1992). Varios casos de estudio aparecen en *Recursos mundiales 1994-1995* (WRI 1994). Como se muestra en la Figura 9.6, el precio de la energía eólica bajó unos dos tercios durante la última década, y se han instalado unas 20 000 turbinas generadoras de electricidad y bombas de agua a partir del viento en todo el mundo (WRI, 1994).

La energía solar también se ha hecho más efectiva en relación a sus costos. La demanda de PV ha crecido consistentemente, y se espera que los precios caigan aún más. Las pequeñas aplicaciones solares tales como calentadores de agua, cocinas, hornos y secadores de semillas han sido todo un éxito en la India y China.

Estas fuentes de energía, sin embargo, tienen las mismas desventajas que la hidropotencia, por ejemplo, no todos los países tienen las condiciones naturales para su implementación. El viento y la energía solar son consideradas las más inocuas para el ambiente, pero para la energía geotérmica se necesita perforar la corteza terrestre y son necesarias medidas para evitar la contaminación y el impacto negativo de la liberación de agua caliente mineralizada.

La opción disponible más realista en muchos lugares es simplemente alentar el movimiento natural de desarrollo de los países en la así llamada *escala energética*. Este proceso escalonado ha llevado a muchos países de los combustibles sólidos relativamente sucios a combustibles de mayor calidad, como el kerosene y el gas. Generalmente las comunidades se moverán en subida en la escala si el combustible está disponible y es costeable. En algunas áreas del mundo, el costo de un combustible alternativo no es un problema. Más bien de lo que se trata es asegurar el suministro del combustible de forma regular.

Tabla 9.6 Resumen de los riesgos significativos a la salud de las tecnologías de generación de electricidad.

Tecnologías	Efectos para la salud ocupacional	Efectos para la salud pública
Geotermiales	Exposición a gases tóxicos (rutinaria y accidental) Estrés por el ruido. Traumatismos por accidentes en la perforación.	Enfermedades por la exposición a mezclas tóxicas y sulfuros de hidrógeno. Cáncer por la exposición al radón. Envenenamiento por arsénico con aguas contaminadas (también envenenamiento por mercurio a través de los peces que viven en estas aguas).
Hidropotencia	Traumatismos por fallas en los embalses. Traumas por accidentes durante la construcción. Enfermedades debido a la exposición a agentes biológicos patógenos. Efectos a la salud producto de la ruptura del modo de vida, provocada por la reubicación forzosa.	Envenenamiento por mercurio a través de la contaminación con mercurio de aguas y peces. Extensión de la malaria a nuevas áreas. Esquistosomiasis.
Fotovoltaica	Exposición a materiales tóxicos durante la fabricación (rutinarios y accidentales).	Exposición a materiales tóxicos durante la fabricación y deposición (rutinarios y accidentales).
Eólica	Traumas por accidentes durante la construcción y operación.	Molestias por el ruido.
Solar y térmica	Traumas por accidentes durante la fabricación. Exposición a tóxicos químicos durante su operación.	

9.7 Comparando los riesgos

Durante la década de los años 70 y 80 se hicieron comparaciones de los riesgos para las diferentes fuentes de energía. Un ejemplo comúnmente citado, preparado por Inhaber (1979) para el Comité de Control de Energía Atómica de Canadá propuso incluir los riesgos de muerte ocupacional y de salud pública debidos a las diferentes fuentes de energía desde su extracción hasta su uso final, o sea, du-

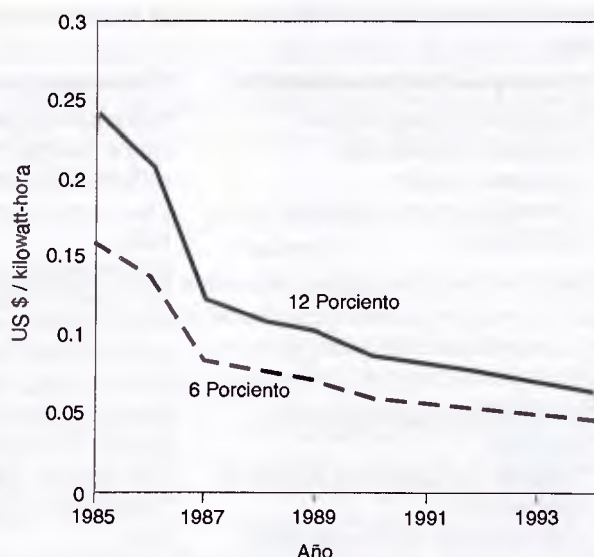


Figura 9.6 Costo de la electricidad a partir de energía eólica a diferentes tasas de interés, 1985-1994. (Reimpresión de WRI, 1994.)

rante todo el ciclo de uso de la energía. Sin embargo, esta comparación, como otras que han tratado de acercarse a este tema, han sido muy criticadas desde su publicación. Por ejemplo, estos estudios con independencia de sus reclamos, generalmente sólo tienen en cuenta los efectos locales en la salud y ambientales a corto plazo y tienden a olvidar los efectos más difíciles de medir como el incremento de las emisiones de CO₂, las cuales podrían tener implicaciones globales. Es también muy difícil tener en cuenta todos los riesgos a la salud que ocurren durante el ciclo de producción de energía y todos los factores involucrados.

La percepción del riesgo de una fuente de energía dada es a menudo (si es que no siempre) más importante en la mente del que toma las decisiones que el riesgo real. Es más probable que se perciba mayor riesgo de una instalación nuclear que de una fuente común de energía, como por ejemplo una de combustible de biomasa, incluso aunque las primeras han causado menos mortalidad que las últimas. Los factores que influyen en la percepción del riesgo fueron discutidos en el Capítulo 4. Las percepciones de riesgo subjetivas relacionadas con cualquier fuente de energía deben ser tomadas en cuenta por todos los involucrados.

9.8 Prioridades para la acción

En 1992, un panel de la Comisión de Salud y Ambiente de la OMS preparó un reporte en el cual fueron consideradas las preocupaciones prioritarias en lo que respecta a la energía. Los puntos relacionados con la energía “de más inmediata y/o futura preocupación para la salud ambiental” fueron:

- exposición a agentes nocivos durante la utilización doméstica de biomasa y carbón,
- la exposición resultante de la contaminación del aire urbano en numerosas grandes ciudades del mundo,
- cambios climáticos relacionados con la energía,
- accidentes severos relacionados con la energía con un impacto ambiental.

Los dos primeros problemas “involucran a grandes grupos de personas (cientos de millones) de todas las edades, principalmente, pero no exclusivamente, en los países en desarrollo, quienes han sido expuestos a riesgos significativos para la salud, requiriendo de una intensa acción de mitigación sin demora”. Los problemas causados a la salud por los combustibles de biomasa fueron discutidos anteriormente, la contaminación del aire urbano fue discutida en el Capítulo 5 mientras que los cambios climáticos (el efecto de invernadero) serán discutidos en el Capítulo 11. Los daños relacionados con accidentes son discutidos a todo lo largo de este libro.

El uso doméstico de combustible de biomasa, con su combustión incompleta, afecta a grandes cantidades de personas en los países en desarrollo (los números reales son difíciles de estimar). Existen muchos obstáculos para modificar estas importantes amenazas a la salud, como la necesidad de convencer a la población local de que son un peligro, la baja posición que tienen las mujeres en muchas sociedades (las mujeres y los niños son los más afectados por esta contaminación doméstica), consideraciones económicas, etc. El mejoramiento de las chimeneas para la evacuación del humo, el cambio de los combustibles y el incremento de la ventilación son todas medidas aparentemente simples, pero difíciles de aplicar en la práctica. La educación de los grupos de riesgo en un apropiado medio cultural es probablemente la más importante y factible estrategia para vencer este problema.

Las mayores causas de contaminación del aire urbano están abrumadoramente relacionadas al uso de energía: producción de energía eléctrica, transportación (autos y camiones), cocina y calefacción doméstica (particularmente si se usa carbón o biomasa) y la industria local. La evaluación de OMS/UNEP de la contaminación del aire encontró que más de la mitad de las 50 ciudades que fueron evaluadas tenían niveles superiores a los valores de referencia de la OMS. Se

estima que esto afecta a casi 1 000 millones de personas, aunque la susceptibilidad a los efectos de la contaminación del aire varía ampliamente entre las personas. Una de las mayores dificultades con el control de la contaminación del aire es la económica. El cambio de una fuente de combustible a una más limpia cuesta dinero y a veces los beneficios del cambio no se pueden ver inmediatamente por la industria y el gobierno. Los países en desarrollo a menudo no pueden pagar para importar materiales más limpios y por lo tanto deben recurrir al carbón o la biomasa para su uso doméstico.

El cambio climático es otro asunto urgente por una razón distinta (ver Capítulo 11). Es muy posible que cualquier cambio climático originado principalmente por el uso de energía a partir de combustibles fósiles pudiera ser irreversible, con efectos devastadores. Las estrategias para reducir las emisiones fueron expuestas de forma detallada en el *Reporte del Panel Intergubernamental para la Evaluación del Impacto del Cambio Climático*, en 1991.

Pudieran ocurrir accidentes con muchos tipos de tecnologías energéticas, con significativos efectos adversos para la salud. En 1990 fue publicado en el Reino Unido, por el *Comité Watt sobre Energía*, un registro detallado de los principales accidentes en este campo (WCE, 1990). Deben ser creadas estrategias nacionales para asegurar la planificación de medidas preventivas de desastres, así como la recolección de la información pertinente.

Capítulo 10

CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL Y SEGURIDAD QUÍMICA

Objetivos de estudio:

Después de estudiar este capítulo usted será capaz de:

- Describir el alcance, dimensiones y tendencias en la contaminación industrial, incluyendo el conocimiento de la naturaleza de los principales procesos industriales o eventos que han tenido consecuencias significativas en la salud ambiental.
- Indicar el alcance, dimensiones y tendencias de las enfermedades ocupacionales.
- Discutir las formas de manejar los problemas ocupacionales y de salud ambiental.
- Discutir los aspectos relacionados con el manejo de los desechos industriales.

10.1 Magnitud de la contaminación industrial

El desarrollo industrial es una parte esencial de los esfuerzos para combatir la pobreza y mejorar la calidad de vida. Tal desarrollo, sin embargo, puede conducir a una contaminación ambiental seria y a peligros de salud ocupacional, como se discutió en el Capítulo 1. Deben tomarse medidas para evitar los problemas de salud asociados con la industria que ocurrieron durante la Revolución Industrial en Europa a finales del siglo XVIII y principios del XIX (ver Capítulo 1). Algunos de estos aspectos se discuten con mayor amplitud en este capítulo, junto con algunos principios básicos para promover la salud y seguridad laboral.

La contaminación industrial se ha incrementado hasta convertirse en una cuestión de proporción global lo suficientemente serio para constituir un problema de salud inmediato en algunas áreas e imponer un límite al crecimiento económico futuro. Las emisiones de contaminantes y las necesidades de recursos en la industria son sustanciales, como se muestra en el Cuadro 10.1.

Sólo un pequeño número de sectores industriales es responsable de la mayoría de la materia prima consumida y de la contaminación. Entre estos está el procesamiento de alimentos y la agricultura, la extracción de metales, la fabricación de cemento, pulpa y papel, la refinación de petróleo y la industria química.

La sostenibilidad del desarrollo es altamente dependiente de lo siguiente: la tecnología que se adopte; la formulación de leyes, su cumplimiento y su correspondencia con regulaciones y tratados internacionales; y el volumen de producción que a su vez está relacionado con la población, la distribución de las ganancias y el nivel de vida. En pocas palabras, la contaminación industrial está indisolublemente ligada al desarrollo económico, pero en una forma en que resulta complicado y difícil de separar, como se discutió en el Capítulo 1.

Cuadro 10.1

Emisiones contaminantes y necesidades de recursos como proporción de las emisiones totales y las necesidades de recursos

En los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la producción industrial representa cerca de un tercio del Producto Interno Bruto (PIB) agregado. Las emisiones de contaminantes o las necesidades de recursos de la industria en 1978 fueron:

- 15 % del consumo de agua (excluyendo el agua empleada en enfriamiento)
- 25 % de emisiones de óxidos de nitrógeno
- 36 % de uso final de energía
- 40-50 % de emisiones de óxidos de azufre
- 50 % de contribuciones al efecto de invernadero
- 60 % de demanda bioquímica de oxígeno y de sustancias en suspensión
- 75 % de desechos no inertes (desechos infecciosos, tóxicos o radiactivos)
- 90 % de sustancias tóxicas descargadas en el agua

Fuente: OCDE, 1991

10.2 Exposición de la población a fuentes industriales

10.2.1 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Como se discutió en el Capítulo 5, la contaminación del aire es una consecuencia no intencional, pero directa de la actividad económica generada por el transporte, la producción de energía, la calefacción y cocinas domésticas y la producción industrial. Algunos de los costos de la contaminación del aire son asumidos por la industria, en la forma de costos de producción más altos. Sin embargo, la mayoría de los costos de la contaminación del aire se cargan a la población: los proble-

mas en la salud humana, la destrucción de materiales, los daños a las plantas y animales, la poca visibilidad, la pérdida de atracción para los turistas y una calidad de vida reducida para los residentes. Estos costos no son obvios porque no son reclamados a la industria que puede ser responsable. Esto significa que la comunidad está subsidiando o pagando indirectamente el costo de los negocios industriales.

La ubicación de las industrias lejos de las comunidades residenciales o lugares como valles fluviales, donde la contaminación del aire puede acumularse, puede ayudar a minimizar algunos de sus efectos. También, la industria energéticamente eficiente o que utiliza tecnologías menos contaminantes, puede reducir la magnitud de la contaminación del aire que es generada.

Sin embargo, la forma más efectiva de reducir la contaminación del aire es usualmente controlar las emisiones en la fuente, a través de una serie de medidas que reducen la magnitud de la contaminación emitida a la atmósfera. Esto puede involucrar el incremento de la eficiencia de la combustión, atrapar físicamente a las partículas antes de que vayan a la chimenea, y atrapar o *lavar* químicamente las emisiones aéreas antes de que salgan a la atmósfera.

La mayor parte de la contaminación se debe al uso de energía en la forma de carbón, aceites o biomasa. La contaminación específica, sin embargo, incluye frecuentemente materia particulada y SO_2 . Además, muchas industrias emiten otras sustancias tóxicas específicas, olores, etc. según se discute en la Sección 10.3.

Durante muchos años, una de las formas más efectivas de controlar la contaminación del aire en la comunidad ha sido la construcción de chimeneas más altas en las fuentes estacionarias (ver Capítulo 5). En dependencia de la altura de la chimenea y de la temperatura de las emisiones, éstas se elevarán más alto en la atmósfera, se transportarán más, se diluirán más en la atmósfera y afectarán menos la comunidad. El problema de esta estrategia es que contribuye a la contaminación del aire en lugares alejados de la fuente. Los movimientos del aire en la parte alta de la atmósfera pueden transportar la contaminación a largas distancias, permitiendo a los contaminantes descender con la lluvia o nieve en lugares distantes de la fuente. Se considera que esta es una de las razones más importantes por las cuales las precipitaciones ácidas se han convertido en un problema en años recientes (ver Capítulo 11).

A pesar de esos problemas, la calidad del aire ha mejorado en muchas ciudades del mundo (ver Capítulo 8) y las crisis serias de contaminación del aire, tales como las ocurridas en Londres en 1951, son mucho menos comunes en estos tiempos. Sin embargo, el control de la contaminación del aire es difícil y caro. Esto es especialmente cierto en instalaciones que no han sido bien diseñadas desde el principio, tal como ocurre con las antiguas. El costo del control de la

contaminación del aire se incrementa grandemente con el grado de control. Es reducir las emisiones de 95% a 99%, y después hasta 99.9%, por ejemplo. Puede ser tan caro como la reducción inicial hasta 95%. El mantenimiento de las instalaciones y el examen regular de los aditamentos para el control de la contaminación del aire es crítico para asegurar que trabajen adecuadamente.

10.2.2 CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL DEL AGUA

Como se analizó en el Capítulo 6, la contaminación del agua ocurre como resultado de la emisión de un efluente contaminante a un cuerpo de agua tal como río, lago u océano. La mayor parte de la contaminación del agua afecta la calidad de ésta y a la biota acuática sin efectos directos en la salud humana, por ejemplo la lignina y los desechos de madera procedentes de la industria de pulpa y papel.

Algunos contaminantes, fundamentalmente las sustancias químicas orgánicas, pueden degradarse como resultado de la acción bacteriana y otros procesos en el suelo y el agua. Este proceso de tratamiento, disposición natural y reciclado se denomina *biodegradación*. Otros, que no son fácilmente degradados persistirán en el suelo y los sedimentos. A causa de que los cuerpos de agua son el sitio de residencia de muchos microorganismos y de especies de invertebrados, con frecuencia los contaminantes son absorbidos por los organismos de estas especies. Esto se denomina *bioacumulación*. Aquellos contaminantes persistentes en el ambiente y que no son fácilmente biodegradados tienden a acumularse en estas especies y se concentran en el organismo de otras que se alimentan de ellas, como por ejemplo los peces. De igual forma, otras formas de fauna salvaje, como peces y mamíferos mayores, acumularán más estos contaminantes. Esto se denomina bioconcentración o *biomagnificación* a causa de que en cada especie componente de esta cadena alimentaria la concentración del contaminante aumenta en el organismo del animal. Esto se ilustra en la Figura 10.1 que muestra la bioacumulación y biomagnificación de BPC en la cadena alimentaria acuática de los Grandes Lagos canadienses.

10.2.3 DESECHOS PELIGROSOS Y CONTAMINACIÓN QUÍMICA

Como se explicó en el Capítulo 2, las sustancias peligrosas son compuestos y mezclas que constituyen una amenaza para la salud y propiedades a causa de su toxicidad, inflamabilidad, potencial explosivo, radioactividad o alguna otra propiedad peligrosa. Aunque las sustancias peligrosas sean liberadas al ambiente durante el transporte, la producción de bienes, el mantenimiento en operaciones de servicio y como peligros ocupacionales, se considera que su principal impacto en el ambiente, es en forma de desechos, después de que el material ha sido utilizado o elaborado como un subproducto indeseado.

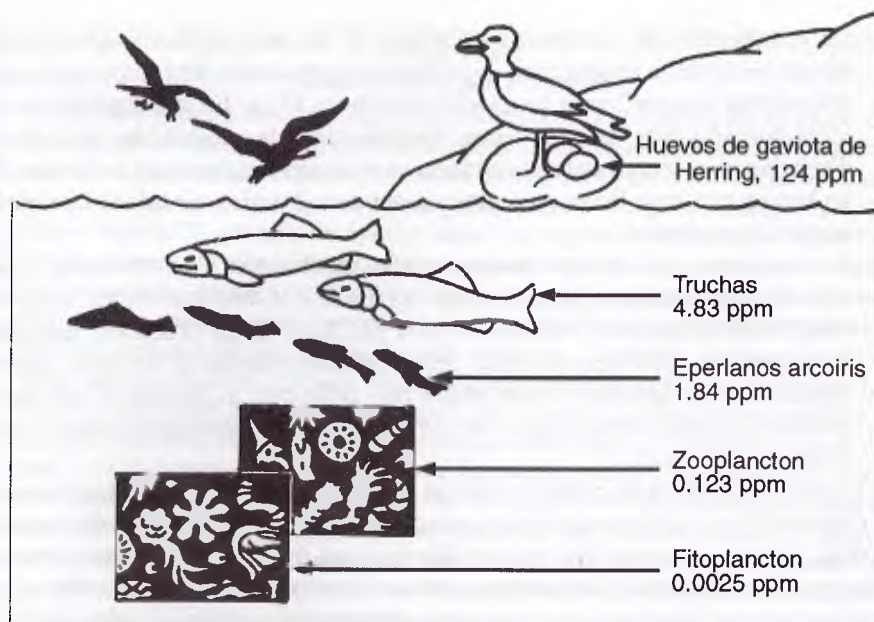


Figura 10.1 Bioacumulación y biomagnificación de BPC en la cadena alimenticia de los Grandes Lagos canadienses (Reimpresión de Environment Canada, 1987.)

Los desechos peligrosos no son una amenaza nueva para la salud. La exposición a sustancias potencialmente perjudiciales ha ocurrido en la refinación de metales y el curtido de pieles desde tiempos remotos; la minería hidráulica liberó metales pesados a las aguas subterráneas durante el siglo XIX; y en los comienzos de la industrialización las áreas urbanas estaban saturadas de contaminantes, incluyendo a los desechos químicos. Hoy en día, sin embargo, el problema ha asumido una mayor urgencia en años recientes como consecuencia de los siguientes factores:

- *El número y peligrosidad de las sustancias tóxicas en uso común ha cambiado dramáticamente:* desde la Segunda Guerra Mundial las investigaciones y el desarrollo en la química orgánica y en la ingeniería química han introducido miles de nuevos compuestos de un amplio uso comercial, incluyendo compuestos persistentes, tales como los BPC, plaguicidas más potentes, aceleradores y plastificantes con efectos inusuales y poco comprendidos. En la actualidad se encuentran en uso común compuestos para los cuales ha habido poco tiempo para evaluar o comprender sus posibles efectos.

- *La producción de sustancias químicas se ha incrementado dramáticamente:* en 1941 la producción de todos los compuestos orgánicos sintéticos era inferior a un millón de toneladas sólo en los EUA. En la actualidad se ha incrementado más de 100 veces. Muchas de estas sustancias tóxicas se degradan muy lentamente, resultando en su acumulación en el ambiente. El ambiente está más lleno que nunca antes con grandes cantidades de estas sustancias químicas.
- *Las sustancias químicas tóxicas están mucho más incorporadas a la vida diaria:* muchas industrias químicas o sitios de disposición que estuvieron en algún momento aislados o en la periferia de las ciudades, han sido incorporados a las áreas urbanas debido al crecimiento de las áreas suburbanas. Las comunidades están ahora más próximas al problema que en el pasado. Algunas comunidades se han construido directamente sobre sitios de disposición.

La población entra en contacto con las sustancias tóxicas de muchas formas. La exposición a una sustancia tóxica puede ocurrir en varios puntos de su ciclo de vida. Algunas personas trabajan en fábricas que utilizan sustancias químicas en un proceso industrial y no pueden cambiar sus ropas o lavarse antes de regresar a sus hogares. Algunas personas están expuestas a sustancias químicas contenidas en muchos productos de uso doméstico (por ejemplo, agentes limpiadores, pinturas, gomas, etc.). Algunas veces la exposición es inadvertida, como sucede con la fumigación con plaguicidas o el humo de tabaco ambiental (previamente llamado humo secundario). Otras formas de exposición ocurren cerca de sitios de disposición de desechos peligrosos que son ilegales, o pobremente diseñados, o que brindan oportunidades para la exposición como resultado de accidentes, manipulación descuidada, falta de aislamiento de la sustancia o falta de cercas para mantener a los niños fuera del sitio.

La atención pública tiende a concentrarse en los peligros de los carcinógenos, los plaguicidas y las radiaciones. Sin embargo, innumerables compuestos que no pertenecen a estas categorías representan una amenaza a la seguridad y la salud pública. Algunos individuos reaccionan a exposiciones muy pequeñas a sustancias químicas, experimentando lo que se conoce como *sensibilidad química múltiple*, que se describe más ampliamente en el Cuadro 10.2.

Aunque aquí nos centramos en exposiciones tóxicas, no podemos olvidar los problemas sustanciales de seguridad que aparecen en muchas situaciones. La gasolina, por ejemplo, puede explotar con la fuerza destructiva de la pólvora. Los incendios y explosiones también generan sus propios peligros tóxicos en dependencia de las sustancias químicas que estaban inicialmente presentes.

Cuadro 10.2

Sensibilidad química múltiple

Sensibilidad química múltiple (SQM) es el nombre más aceptado para un grupo de síntomas que ocurren a partir de la exposición a sustancias químicas. Estos síntomas son vagos y no específicos y no se corresponden con los efectos tóxicos conocidos de estas sustancias. Los síntomas pueden incluir fatiga, confusión (llamada "niebla cerebral"), pérdida de apetito, dolor de cabeza y náuseas. Estos pueden ocurrir después que el paciente ha experimentado exposición a niveles muy bajos de una sustancia química, inferiores a los que causan reacciones tóxicas. Algunas veces parece que ocurren en momentos en los cuales la exposición es improbable, pero los pacientes sienten que han estado expuestos. Algunos creen que la SQM representa una reacción alérgica generalizada a todas las sustancias químicas. La forma de acción del sistema inmunológico, sin embargo, es altamente específica y uno, generalmente, reacciona sólo a sustancias químicas específicas o a clases de éstas. Los pacientes con SQM a menudo responden a sustancias químicas de muchos tipos diferentes, independientemente de su composición química. Las sustancias químicas más comunes que desencadenan esta reacción parecen ser los perfumes, los plaguicidas, los solventes, el humo de tabaco y los aditivos alimentarios. Las investigaciones sobre el problema han aportado muchas teorías, pero una evidencia muy débil sobre el mecanismo.

Los pacientes con este desorden pueden proceder de distintos niveles de vida, pero los más comunes son las mujeres, los jóvenes, relativamente con buenos ingresos y trabajadores domésticos o de oficinas. Para determinar la causa de sus síntomas, frecuentemente consultan a médicos de medicina alternativa, algunos de los cuales les dan el diagnóstico de SQM. Algunas veces el efecto del diagnóstico de SQM es dramático. Este se convierte en el punto central de sus vidas. Ellos pueden apartarse de su vida cotidiana, cambian sus dietas, cambian su vivienda y solicitan a sus visitantes que eviten provocarles el contacto con alguna sustancia química, hasta con ropa recién lavada. Muchas veces los cambios son radicales y tienen el efecto de aislarlos de la familia, los amigos y la sociedad. Con frecuencia presentan un comportamiento depresivo u obsesivo-compulsivo, aunque es controversial si esto es una causa o una consecuencia de su condición. Los tratamientos alternativos son largos, complejos y costosos, y no existe evidencia de que sean efectivos. A causa de que la medicina convencional no reconoce el desorden, obviamente no existe tratamiento médico. La psicoterapia parece ser la forma más efectiva de tratamiento disponible. Muchos pacientes están en contra, sin embargo, y reaccionan airadamente a la sugestión de que su condición puede tener una dimensión psicosomática. Uno de los problemas en investigar la SQM es que la definición y los términos utilizados cambian frecuentemente. Los defensores de la existencia de la SQM como un desorden clínico distinto alguna vez se llamaron a sí mismos *ecologistas clínicos*

continúa...

y ahora se autotitulan *médicos de medicina ambiental*. En el pasado, la SQM fue llamada "sensibilidad a la química", "enfermedad del siglo veinte", y "desorden de hipersensibilidad ambiental". Algunos de estos médicos consideran que la SQM cubre una amplia variedad de enfermedades similares relacionadas, tales como el síndrome del edificio enfermo (el cual ocurre cuando las personas que trabajan en un edificio con poca ventilación se enferman. Ver Capítulo 8), síndrome de fatiga crónica (otro diagnóstico vago), y alergias y condiciones tóxicas más convencionales. La mayoría de los médicos que siguen esta corriente discrepan fuertemente de que esta entidad tiene una base patofisiológica distinta y creen que un patrón de comportamiento asociado a la SQM representa un trastorno psicológico de parte de algunos pacientes. Algunos creen que lo que parece ser la SQM es realmente una respuesta psicosomática conductual a las sustancias químicas en el ambiente. Otros, sin embargo, creen que pueden existir respuestas toxicológicas o inmunológicas desconocidas que sustentan la respuesta de algunos pacientes a las sustancias químicas a bajos niveles pero que estas respuestas no son aún comprendidas por el conocimiento científico actual y en cualquier caso, no son discapacitantes.

Existen muchos ejemplos en el pasado de desórdenes que una vez se creyó que constituían enfermedades particulares y ahora se consideran respuestas psicológicas al estrés. Estos han incluido *histeria*, *neurastenia* y *cataplexia* —estos diagnósticos han sido desechados por la profesión médica. (El término "histeria" procede de la palabra en latín para útero, y es considerada peyorativa para las mujeres, y no debe ser empleado). Algunos médicos precisan que la SQM, el *síndrome de fatiga crónica* y el *desorden de personalidad múltiple* son ejemplos modernos de esos tipos de condición. Otros consideran que algunos de estos pacientes pueden tener desórdenes que la medicina aún no puede explicar. Es posible que en algunos años la SQM deje de ser un término médico comúnmente utilizado y se encuentre que algunos casos ahora llamados de SQM, sean reflejos de alergias y toxicidad convencionales, algunos serán de un origen psicológico claro y otros permanecerán difíciles de explicar. Sparks *et al.*, (1994) han proporcionado una útil definición de caso y resumido las teorías de patogénesis, ensayo diagnóstico, tratamiento y consideraciones sociales.

Fuente: Asociación de Clínicas Ocupacionales y Ambientales

A pesar del hecho de que los incidentes que involucran sustancias peligrosas adoptan muchas formas y pueden ser altamente individuales, la gran mayoría parece involucrar un intervalo relativamente estrecho de sustancias peligrosas, que incluye disolventes, pinturas y recubrimientos, metales, BPC, plaguicidas, ácidos y álcalis.

Los disolventes, particularmente los compuestos clorados, son persistentes en el ambiente, lo cual significa que tienden a permanecer en el suelo o el agua

como contaminantes durante muchos años y se concentran en el organismo de peces, aves y otra fauna salvaje. Muchos disolventes son tóxicos para los seres humanos en relativamente altas concentraciones y algunos son reconocidos como carcinógenos. Además, estos compuestos son únicamente de interés por sus efectos potenciales en la biota y los ecosistemas. Los disolventes más tóxicos han sido eliminados de la industria desde hace algunos años, pero algunos sitios viejos de desechos pueden contener cantidades significativas de benceno y tricloroetileno. Algunos de estos compuestos, como benceno y tolueno, también están presentes como productos de combustión cuando se queman materiales orgánicos tales como neumáticos. Las pinturas y recubrimientos son de interés fundamentalmente a causa de los disolventes y metales que pueden contener.

Los metales pesados son también persistentes en el ambiente y pueden ser altamente tóxicos. Las posibilidades de que ocurra una exposición significativa asociada a un sitio de desechos peligrosos son bajas, pero esto puede pasar, fundamentalmente a un niño pequeño que juegue con polvo contaminado. Un problema particular se encuentra en áreas contaminadas por operaciones de fundición o reciclaje de baterías de plomo, donde el arsénico y el plomo en el suelo pueden alcanzar altos niveles.

Los hidrocarburos cíclicos clorados, y particularmente los BPC, son muy dañinos en el ambiente a causa de que persisten por largos períodos y se consumen y acumulan por la fauna salvaje. Estos compuestos son capaces de causar una erupción cutánea inusual y persistente denominada *cloracné* que aparece en la cara y el cuello de personas que están altamente expuestas. Algunos de estos compuestos causan cáncer y efectos reproductivos en animales (el pentaclorofenol no ha sido confirmado). Sin embargo, los seres humanos parecen ser más resistentes a los efectos de estos compuestos que otras especies. Aun así, hay compuestos perjudiciales para el ambiente y deben ser controlados por razones ecológicas. Todavía no conocemos muchos de los efectos más sutiles en humanos y es prudente que se minimice la exposición de los humanos también. Los plaguicidas son particularmente perjudiciales como desechos peligrosos, especialmente la clase relativamente tóxica conocida como órganofosforados. Los incendios que involucran áreas de almacenamiento de plaguicidas son una situación particularmente peligrosa, ya que los plaguicidas pueden ser transformados en productos de combustión más altamente tóxicos y pueden generarse cantidades considerables de dioxinas y furanos perjudiciales para el ambiente.

Los ácidos y álcalis fuertes son comúnmente encontrados en sitios de desechos y son peligrosos si existe la posibilidad de contacto directo o de inhalación de humos. Pueden causar quemaduras serias en la piel y los ojos por contacto. Algunos ácidos generan nubes de humo que pueden causar daño pulmonar. Si

se mezclan los ácidos y álcalis pueden generar calor intenso, posiblemente explosivo y humos sustancialmente perjudiciales. Dos ácidos que son particularmente peligrosos son el ácido nítrico y el ácido fluorhídrico. El ácido nítrico libera dióxido de nitrógeno, que puede causar edema pulmonar e irritación bronquial. El ácido fluorhídrico es utilizado para el grabado en la industria electrónica y es excesivamente peligroso cuando se inhala o cuando se pone en contacto con la piel o las membranas mucosas. En contacto con la piel y los ojos, causa quemaduras profundas.

El cianuro está presente en algunos casos, especialmente en disoluciones para enchapado en oro. Cuando son inhalados los humos de cianuro desde alguna solución, son altamente tóxicos. El cianuro puede ser liberado por la mezcla de la disolución para el enchapado con un ácido fuerte, como los que se encuentran frecuentemente en sitios de desechos peligrosos.

Un aspecto importante que no ha tenido solución en la manipulación de los desechos sólidos municipales es la contaminación por los desechos peligrosos dispuestos en forma accidental o intencional. Esto puede ser minimizado desviando tal disposición en una corriente aparte de desechos. Otros medios pueden ser utilizados para controlar la liberación de las sustancias peligrosas de un relleno sanitario que no ha sido construido para recibir tales materiales, con el fin de mantener el peligro a un mínimo. Algunas comunidades han organizado colectas selectivas periódicas de desechos peligrosos domésticos para prevenir la contaminación de los rellenos sanitarios. Se necesitan con urgencia instalaciones bien diseñadas para la disposición de desechos peligrosos, utilizando las mejores tecnologías disponibles de reciclado, deshalogenación y confinamiento y éstas han sido construidas en muchos sitios.

10.3 Peligros por la industria

Este breve resumen sólo puede dar un vistazo a los tipos de peligros para la salud relacionados con la industria. La información acerca de los peligros específicos para la salud y los enfoques preventivos para cada industria pueden ser encontrados en publicaciones de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), particularmente en la *Enciclopedia de Salud y Seguridad Ocupacional* de la OIT, así como en la de la Oficina de Industria y Ambiente del PNUMA en Perú. Un número de importantes peligros ocupacionales para la salud están presentes en cada una de estas industrias, pero no serán descritos en esta sección.

10.3.1 EXTRACCIÓN DE MATERIALES

Este tipo de industria se denomina frecuentemente *industria primaria* y re-

presenta el primer paso en el proceso de creación de productos manufacturados. Incluye la minería de metales y minerales, extracción de carbón y petróleo, silvicultura, agricultura, pesca, etc. Los productos de este tipo de industria incluyen concentrado de minerales o metales, carbón, petróleo, madera, fibras (algodón, lana, cáñamo, etc.), granos, pescados, etc. Los aspectos relacionados con la industria alimentaria y la agricultura se examinan en el Capítulo 7. Estas industrias primarias pueden ser encontradas en todos los países, pero en la medida en que los países se desarrollan usualmente tienden a representar una proporción decreciente de la economía global.

Los tipos de contaminación y peligros relacionados con la industria minera incluyen el polvo en el aire y la contaminación del agua por los procesos que utilizan el agua para transportar, lavar o concentrar los materiales en bruto. Las minas y canteras también crean marcas físicas en el ambiente local, y pueden causar riesgos de contaminación por emergencia cuando las *presas de cola* (acumulación de residuos que atrapan el agua detrás de ellos) se rompen o se desbordan. A menudo, las plantas de procesamiento para la concentración o refinación de metales se ubican junto con la mina, y estas plantas pueden causar una contaminación importante por dióxido de azufre o metales, según ha ocurrido en varios lugares. La contaminación por dióxido de azufre es debida al hecho que las minas de muchos metales contienen grandes cantidades de azufre. Problemas especiales ocurren con la minería de uranio, ya que pueden ser liberados al ambiente compuestos radioactivos.

La extracción de carbón es similar a las minas de metales, excepto que las minas de carbón están a menudo localizadas junto a plantas energéticas que lo utilizan, las cuales emiten grandes cantidades de partículas (polvo), dióxido de azufre y metales tóxicos incluidos en el carbón en bruto. El nivel de la contaminación dependerá de la calidad del carbón y de las medidas de control de la contaminación. Existen situaciones domésticas de contaminación del aire relacionadas con la extracción de carbón, por ejemplo, alrededor de las minas de carbón en Europa central, India y China. La extracción de petróleo involucra directamente la contaminación de la superficie con petróleo por derrames, así como la contaminación del aire por la combustión del gas en exceso combinado con el petróleo, o por estaciones energéticas o industrias petroquímicas localizadas en el campo del petróleo.

La silvicultura crea, fundamentalmente, daños físicos al ambiente natural, pero puede crear riesgos para la salud importantes si la deforestación conduce a inundaciones, a deslizamientos de tierra o a la contaminación de fuentes de agua para beber (ver Capítulo 11). Otras industrias agrícolas también producen cambios físicos en el ambiente, pero de mayor importancia para la salud puede ser el uso de plaguicidas y fertilizantes.

La fumigación de plaguicidas desde aviones puede provocar exposiciones altas en los residentes locales y el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados puede contaminar el agua subterránea y conducir a altos niveles de nitratos en el agua de pozos para beber (ver Sección 7.6.7). Esto último es un problema importante en varios países de Europa.

10.3.2 INDUSTRIAS PROCESADORAS

Las industrias que utilizan materias primas extraídas para producir productos intermedios concentrados son potencialmente grandes fuentes de impacto ambiental, debido a la magnitud y naturaleza de sus operaciones.

Las industrias de metales, incluyendo la producción de hierro o acero, transforman los minerales metálicos a lingotes, hojas, tuberías metálicas, etc., y pueden generar una considerable contaminación del aire, agua y suelo. Algunos metales, tales como el plomo y el cadmio, son muy tóxicos, y han ocurrido muchos incidentes de envenenamiento en las poblaciones que viven en los alrededores de tales industrias. En las industrias que reciclan chatarra metálica ocurren problemas particulares, ya que el contenido de la chatarra no siempre es bien conocido, y una mezcla de sustancias químicas tóxicas puede ser emitida al aire o al agua. El plomo ha sido un problema particular.

Las industrias petroquímicas ya han sido mencionadas. Estas procesan los productos del petróleo convirtiéndolos en lotes de materias primas para la producción de plásticos y de sustancias químicas. Estas materias primas por sí mismas pueden ser muy tóxicas, como por ejemplo, el benceno. El dióxido de azufre es un contaminante común, ya que el petróleo crudo contiene azufre. Estas industrias tienen riesgos importantes de incendios, y cuando esto ocurre, el humo puede contener una mezcla de sustancias químicas muy tóxicas. Dependiendo de la dirección de los vientos y de la planeación urbana, los grupos poblacionales pueden estar altamente expuestos. En algunos países, como EUA y Canadá, la industria ha tratado de atender estos problemas con programas voluntarios integrales de manejo de riesgos que incluyen la consulta pública.

La principal fuente de contaminación en el procesamiento de productos forestales es la industria de pulpa y papel. Grandes cantidades de agua son empleadas para preparar la pulpa y procesarla para convertirla en papel. La lignina (una goma natural que mantiene unidas las fibras de madera) en las maderas es lavada por el agua, así como los residuos de varias sustancias químicas empleadas en el proceso. Esta contaminación puede afectar seriamente la calidad del agua, medida según la DBO (*demanda bioquímica de oxígeno*). La DBO es un indicador de la cantidad de oxígeno requerida para biodegradar toda la materia orgánica en el agua y es la medición fundamental utilizada para monitorear la

calidad del agua. Los fungicidas mercuriales fueron utilizados en el pasado para evitar el crecimiento de hongos en la pulpa de papel. Algunos de estos fungicidas acabaron en las aguas residuales y han causado una prolongada contaminación de los lagos, particularmente en Suecia. Los procesos del sulfato y sulfuro en la industria de pulpa de papel condujeron a la contaminación del aire por mercaptanos y otras sustancias químicas extremadamente olorosas. La contaminación por olores es común, pero es a menudo más detectada por las personas que viajan cerca de las plantas que aquellas que viven cerca siempre, ya que el olfato se adapta a los olores. Otro problema en la industria forestal es el tratamiento de la madera o sus productos con plaguicidas, en ocasiones llevado a cabo en condiciones primitivas en los bosques. También se sospecha que causen efectos reproductivos y carcinogénicos en humanos.

El procesamiento de fibras vegetales puede conducir a problemas con el polvo, fundamentalmente en el ambiente laboral. La *bisinosis* es, por ejemplo, una enfermedad ocupacional común de los pulmones causada por la inhalación de fibras de algodón en plantas de procesamiento. La industria de la caña de azúcar y otras industrias procesadoras crean una importante contaminación del agua con los materiales de residuo y nutrientes para las plantas, que pueden dañar las fuentes de agua potable. Muchas de estas industrias utilizan los materiales de residuo como combustible en sistemas de calentamiento de aguas, con frecuencia con serios problemas de humos. Además, estas industrias utilizan plaguicidas y procesan materia prima contaminada con plaguicidas, lo cual puede conducir a la contaminación del agua y el suelo.

Las industrias procesadoras de alimentos, tales como mataderos y plantas de procesamiento de pescado causan problemas, fundamentalmente, a causa de la materia orgánica presente en las grandes cantidades residuales de carne y pescado que deben ser desechadas. Los cursos de agua que reciben la contaminación pueden ser afectados por exceso de nutrientes, o eutroficación como se discutió en el Capítulo 6, y alta DBO. Los cursos de agua afectados pueden también servir como medio de transporte de bacterias o parásitos infecciosos procedentes de los animales y peces sacrificados. La contaminación por olor es otro problema.

10.3.3 MANUFACTURA

Este tipo de industria es denominada con frecuencia *industria secundaria* y es muy común en todo el mundo. Es aquí que la materia prima y los materiales procesados son utilizados para crear varios productos de consumo e industriales. Las mayores plantas son aquellas que fabrican autos, trenes, aeroplanos, maquinaria, etc. Los peligros ocupacionales son con frecuencia un problema de salud importante, pero se puede originar la contaminación del aire y el agua relaciona-

da con los procesos que utilizan sustancias químicas tóxicas. La Sección 10.4 brinda ejemplos de los principales peligros químicos que pueden ser encontrados en la industria manufacturera. Otro problema es el almacenamiento y disposición de desechos tóxicos que son producidos en los procesos de manufactura.

En la producción de papel, uno de los procesos más peligrosos ha sido el blanqueo del papel con cloro para alcanzar un color blanco nieve. La presencia de cloro y compuestos orgánicos ha conducido a la formación de sustancias químicas tóxicas en los efluentes de la planta que van al agua, incluyendo dioxinas y furanos. Estas sustancias químicas tienen efectos ambientales potencialmente serios aun cuando sólo se producen en pequeñas cantidades. También se sospecha que causan efectos reproductivos y carcinogénicos en humanos.

Otro uso de fibras para manufactura es la industria textil. El algodón, la lana y las fibras sintéticas (usualmente hechas a partir del petróleo) son utilizadas para tejer telas para ropas, muebles, etc. De nuevo, los peligros para la salud son fundamentalmente ocupacionales, aun cuando los procesos de teñido y otros usos de sustancias químicas pueden provocar una severa contaminación del agua.

La producción de sustancias químicas es naturalmente un gran contaminador potencial a causa de todas las sustancias que se utilizan como materia prima, los productos químicos finales y las sustancias químicas intermedias. Esta industria ha llamado la atención particularmente asociada con serias emergencias tales como el accidente de Bophal en la India, donde más de 200,000 personas fueron intoxicadas por una nube de isocianato de metilo, una sustancia intermedia en la producción de plaguicidas.

Otras industrias manufactureras con problemas especiales incluyen la producción de baterías eléctricas (contaminación por plomo o cadmio), transformadores eléctricos (contaminación por BPC), muebles (pinturas o vapores de disolventes), microelectrónica (disolventes, arsénico, problemas de salud ocupacional) o productos de vidrio o cerámica (contaminación con plomo). La manufactura de productos alimenticios involucra la producción de desechos biológicos. Otro sector, que no siempre se clasifica como "de manufactura", es la industria de materiales de construcción (por ejemplo, cemento, asbesto, colas, pinturas).

Los productos manufacturados más avanzados o refinados, por ejemplo, productos electrónicos especializados, tales como computadoras, materiales impresos, casets de música y juguetes pueden involucrar peligros químicos o físicos inusuales. Ejemplos de estos son los metales raros y disolventes especiales utilizados en la producción de placas para computadoras y los láseres utilizados en los patrones para grabado químico. Como antes se mencionó, los peligros ocupacionales con frecuencia son los que dominan.

Un área adicional de interés relacionada con estos productos especiales y algunos productos de consumo manufacturados, es el peligro que puede estar asociado con su uso. Las máquinas pueden causar accidentes a los usuarios. Los equipos eléctricos pueden causar electrocución. La radiación electromagnética resultante de las pantallas de computadoras y de teléfonos portátiles ha estado bajo sospecha de causar impactos sobre la salud, aunque ello no ha sido demostrado. Las pinturas y los juguetes pueden causar envenenamiento en niños. En muchos países se ha establecido una legislación de protección al consumidor y de monitoreo. Los países con un sistema débil pueden enfrentar dificultades en la seguridad de los productos de consumo y en la aceptación de sus exportaciones por otros países. Algunos países han establecido programas de reconocimiento para los productos que satisfacen el criterio de “amigo del ambiente” para incentivar más ampliamente la reducción de riesgos para la salud y los ecológicos.

10.3.4 INDUSTRIAS DE SERVICIOS

Una proporción creciente de la actividad económica total está basada en la prestación de servicios en contraposición a la producción de bienes. Esto, en ocasiones, se conoce como *industria terciaria* e incluye los servicios de restaurantes y hoteles, servicios de salud, servicios personales (tales como peluquería, entretenimientos, viajes, turismo, servicios públicos administrativos, telecomunicaciones) y las nuevas industrias de alta tecnología (tales como la producción de software). Generalmente no producen contaminación ambiental, excepto que todos los establecimientos con un gran número de personas juntas incrementan las presiones de las capacidades sanitarias y de manejo de desechos, por ejemplo necesidades de tratamiento de residuales líquidos en instalaciones turísticas. Los hospitales y laboratorios médicos tienen problemas especiales con los *desechos médicos*, los cuales pueden contener agentes infecciosos y materiales radioactivos.

Otro aspecto relacionado con la aglomeración de personas es el ruido molesto. La industria de viajes y transportación ocasiona una cantidad apreciable de ruido alrededor de aeropuertos, carreteras, vías férreas y calles de mucho tránsito en áreas urbanas. Las demandas crecientes de altas velocidades han conducido al incremento de los niveles de contaminación por ruido. En países con altas densidades poblacionales, tales como los Países Bajos, no existe con frecuencia suficiente espacio para una amplia separación entre el tráfico y las residencias o escuelas.

Una preocupación importante en las industrias de servicios es el difundido trabajo continuo en el teclado de computadoras, el cual en algunos países ha

originado “epidemias” de un número de trastornos dolorosos de manos y brazos denominado “síndrome de sobreuso ocupacional” o “daños por esfuerzos repetidos”. El estrés debido a la demanda de velocidad en el trabajo con teclados juega un papel, pero también está claro que puede prevenirse esta condición mediante extensiones de trabajo bien diseñadas y limitaciones al trabajo continuo, mediante descansos regulares.

Otro peligro ocupacional en estos tipos de industria parece ser el estrés psicológico, debido a las demandas de contacto interpersonal y las demandas económicas para una toma de decisiones y acción más rápidas. La industria es también, generalmente, de trabajo muy intenso y las cambiantes demandas de servicios pueden crear una gran incertidumbre en las perspectivas de empleo para cada trabajador, conduciendo nuevamente al estrés. De hecho ha sido mostrado que, al menos en sociedades industrializadas avanzadas, el desempleo puede ser el único peligro para la salud relacionado con el trabajo.

10.4 Principales contaminantes químicos de interés en el ambiente general y laboral

10.4.1 METALES TÓXICOS

Los principales metales tóxicos de interés en la contaminación industrial son plomo, mercurio y arsénico, aunque el cromo, zinc, cobre y otros metales pueden ser de interés en algunas áreas. Debe ser señalado que la exposición humana a estos metales es común tanto en el ambiente laboral como en el general. Además, las familias de trabajadores pueden exponerse al polvo que estos llevan a casa en las ropas de trabajo sucias. La exposición a metales tóxicos a partir de fuentes no industriales fue objeto de análisis en el Capítulo 7.

a) Plomo

El plomo es uno de los peligros más antiguos que conoce la sociedad. Existen muchas fuentes de exposición al plomo y los residentes en áreas urbanas tienden a tener niveles más altos de plomo que los de áreas rurales. El plomo entra al organismo primeramente a través de la inhalación de pequeñas partículas que lo contienen. La absorción del aditivo de la gasolina tetraetilo de plomo a través de la piel, ocurre pero no es de importancia. El plomo se mantiene como un problema ambiental serio, así como de salud y seguridad ocupacional.

El plomo era utilizado antes de la Revolución Industrial para hacer tuberías, pigmentos y balas a causa de que es un metal blando, dúctil y se funde a una temperatura relativamente baja. La contaminación industrial por plomo ha sido un problema particular en fundiciones. Las fundiciones primarias de plomo, por

supuesto, procesan minerales que contienen altas concentraciones de plomo. Otros tipos de fundiciones primarias pueden estar asociadas con un riesgo de exposición a plomo, a causa de que a menudo está presente en los minerales de otros metales. El tipo más común de fuente de contaminación industrial puntual por plomo, sin embargo, son las fundiciones secundarias, donde las baterías viejas son desarmadas, derretidas y refundidas. Estas fundiciones secundarias a menudo están localizadas en áreas pobladas y se ha encontrado frecuentemente contaminación del suelo alrededor de ellas.

La contaminación industrial por plomo, sin embargo, es un problema más general por su uso como aditivo de la gasolina y en pinturas para aplicar a interiores. El aditivo tetraetilo de plomo fue por muchos años uno de los contribuyentes principales a la exposición ambiental al plomo de la comunidad como un todo. La gasolina que contiene plomo ha sido eliminada del mercado en muchos países y en donde esto ha ocurrido, se ha observado un decrecimiento de los niveles sanguíneos de plomo en niños. Otra fuente principal de exposición de la comunidad al plomo ha sido la pintura de casas que lo contiene. Los niños que ingieren fragmentos de pintura desprendida o que juegan en el piso donde existe polvo que contiene plomo procedente de los fragmentos de pintura están en riesgo de intoxicación por plomo. En la actualidad, las pinturas que contienen plomo están usualmente restringidas a su uso en exteriores, en ambientes agresivos, tales como en puentes de acero y otras estructuras no residenciales. Otra fuente muy importante de exposición a plomo fue (y en muchos países como México, lo es aún) la cerámica vidriada que contiene plomo. El plomo puede pasar al alimento o la bebida contenida en el utensilio de cerámica, especialmente si la bebida es ácida. La producción comercial de cerámica con vidriado que contiene plomo se ha interrumpido en casi todo el mundo, pero el problema aún se observa ocasionalmente cuando el vidriado con plomo se utiliza por un aficionado o cuando una pieza de adorno, que no fue hecha para ser usada como un utensilio para bebidas, se emplea con este último fin. Pequeñas cantidades de plomo pueden también entrar al organismo a causa de las soldaduras que se emplean para conectar las tuberías de cobre para agua de beber. Este era un gran problema en el pasado cuando la soldadura que contenía plomo era utilizada para sellar latas de alimentos.

Una gran exposición a plomo puede resultar en una intoxicación por este metal, la cual se caracteriza por daño renal, daño nervioso y parálisis parcial de grupos musculares, y daño cerebral. Menores niveles de intoxicación por plomo pueden ser asociados con cólicos abdominales, náuseas, pérdida de peso y anemia. Estos síntomas son observados con mayor frecuencia en obreros que trabajan con plomo. Sin embargo, los efectos de la exposición al plomo que cau-

san las mayores preocupaciones son las que ocurren en los niños; en estos niveles bajos de exposición al plomo pueden causar un daño cerebral irreversible que se manifiesta en dificultad para el aprendizaje y una capacidad intelectual ligeramente reducida. (El Capítulo 3 ilustra la relación dosis-respuesta para varios efectos del plomo en los niños).

b) Mercurio

El mercurio también es un peligro antiguo, sin embargo, es mucho menos común como contaminante industrial que el plomo. Es el único metal líquido a temperatura ambiente y se volatiliza rápidamente. Existen muchos compuestos orgánicos de mercurio y estos son usualmente más tóxicos que el elemento metálico en sí. La exposición usualmente ocurre a través de la inhalación del vapor de mercurio o la ingestión de alimentos que contienen mercurio, pero éste puede ser también absorbido a través de una herida o de la piel dañada.

Históricamente, el mercurio fue primeramente un peligro ocupacional, asociado a la orfebrería, la fabricación de espejos, detonantes de explosivos, y los muchos usos de compuestos mercuriales como agentes antisépticos y fungicidas. El uso de compuestos mercuriales como tratamiento fungicida de semillas destinadas a la siembra ha causado muchos brotes de intoxicaciones con mercurio, el más famoso ocurrió en Iraq en 1956 en el cual hubo docenas de muertes entre los individuos que utilizaron semillas tratadas para fabricar pan. La contaminación industrial con mercurio era a pequeña escala hasta la década de los años 40 excepto por alguna contaminación de los cuerpos de agua debido a la minería de oro. Sin embargo, la contaminación industrial a gran escala resultó cuando el proceso de cloroálcali fue introducido y la producción se expandió posteriormente a la II Guerra Mundial; esto ha resultado en una contaminación sustancial con mercurio en muchos cuerpos de agua, particularmente en el sedimento donde el mercurio se acumula. Sin embargo, el brote mayor de intoxicación con mercurio de la historia fue el resultado de la presencia de metilmercurio en el efluente de una fábrica de cloruro de vinilo que utilizaba un catalizador de mercurio en su proceso de producción. Esto ocurrió en 1953 en la bahía de Minamata, en la isla de Kyushu en Japón, resultando en muchas muertes y en un número mayor de individuos con discapacidad neurológica permanente. Los efluentes de la fábrica contaminaron a los mariscos, los cuales fueron consumidos por los habitantes. Hoy en día, en la mayoría de los países desarrollados, el mercurio es ante todo un peligro ocupacional en gabinetes dentales (debido al uso de amalgamas que contienen mercurio para obturar cavidades), manufactura y reparación de instrumentos, y fundición. Algunos casos de intoxicación con mercurio han ocurrido en viviendas, por ejemplo, donde se han utilizado equipos de calefacción con interruptores que contienen mercurio.

En algunas partes del mundo, tales como el Amazonas, la contaminación por mercurio es de interés creciente. En esta área, desde que el oro fue descubierto aproximadamente hace tres décadas, miles de brasileños pobres comenzaron a extraerlo del sedimento del río, mezclándolo con mercurio, ya que el metal líquido se combina con el oro. La amalgama resultante es calentada, causando la evaporación del mercurio y dejando libre el oro.

Los efectos del mercurio en el organismo pueden tomar diversas formas, dependiendo de la forma química y de las circunstancias de la exposición. El mercurio metálico puede causar daños en la boca, dolor extremo y sensibilidad en la punta de los dedos, temblor y un rubor inusual y patológico que resulta del daño del cerebro. En el ambiente, el mercurio metálico es lentamente convertido a compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos de mercurio pueden causar daños severos al sistema nervioso, tanto al cerebro como a los nervios periféricos. Esto es asociado con desórdenes del movimiento, escritura deteriorada, habla confusa y anomalías visuales. La trágica experiencia de Minamata demostró que el mercurio también induce abortos y malformaciones congénitas severas.

En el Amazonas, se ha reportado que los habitantes que consumieron grandes cantidades de pescado contaminado con mercurio a niveles muy inferiores a los normalizados internacionalmente, presentaron daño neurológico y citogenético (ver Lebel *et al.*, 1995; y Cuadro 11.5). (Referencia a OMS/CSA para cada compuesto químico.)

c) Cadmio

Otro metal que ha sido utilizado en diversas aplicaciones industriales es el cadmio. Se emplea como un agente anticorrosivo en el acero y en baterías eléctricas recargables. Los compuestos de cadmio también han sido utilizados como pigmentos en el plástico, pero en algunos países se ha regulado su uso para reducir la posibilidad de contaminación ambiental.

La epidemia más famosa de intoxicación con cadmio, debida a la contaminación, es la de "Itai Itai" en Japón, que comenzó en los años 50 (Kjellström, 1986). La contaminación del agua por una mina y una refinería de plomo/zinc causó una seria contaminación en campos irrigados con el agua del río. Los campesinos y sus familiares fueron expuestos a altos niveles de cadmio en el arroz cultivado con agua contaminada con cadmio, y ocurrieron cientos de casos de daño renal. Los casos más severos también desarrollaron osteoporosis y osteomalacia. Una combinación similar de enfermedad renal y ósea ha ocurrido en trabajadores expuestos al cadmio (WHO, 1992d).

El cadmio se acumula en el organismo, particularmente en el hígado y los

riñones, y los efectos para la salud usualmente se desarrollan después de muchos años de exposición. Este metal también se acumula en el ambiente y su uso en la industria y la contaminación asociada ha causado exposiciones indirectas muchos años después. Por ejemplo, para que la contaminación minera en Japón alcanzara un nivel que afectara a la salud pasaron varios años. De igual forma, la contaminación por cadmio de las aguas residuales industriales se ha transferido a los lodos residuales, los cuales eventualmente se vierten en terrenos agrícolas.

El incremento de las concentraciones de cadmio en el suelo ha provocado el aumento de las concentraciones de éste en grasas y por tanto de la exposición humana. Los fertilizantes con un alto contenido de cadmio se suman al problema. A esto se debe que algunos países están regulando el uso del cadmio para reducir la exposición humana.

d) Arsénico

El arsénico es un elemento más común en el suelo no contaminado que el plomo o el mercurio. Es también bioconcentrado naturalmente por los mariscos. Como resultado, muchas personas tienen pequeñas cantidades de arsénico en sus cuerpos. Hoy en día, sin embargo, es un peligro más limitado, como contaminante industrial, que el plomo o el mercurio, y es principalmente una preocupación en la fundición. Este no fue siempre el caso. En el pasado, los compuestos de arsénico fueron extensivamente utilizados como antibióticos (particularmente contra la sífilis), como conservadores en el curtido y la taxidermia, como pigmentos verdes en el papel, y como tratamiento antiparasitario en el lavado de las ovejas antes de la esquila. En cada una de estas aplicaciones el arsénico fue un serio peligro ocupacional y para los consumidores. Más recientemente, los compuestos de arsénico se utilizan en el enriquecimiento de semiconductores y en otras aplicaciones microelectrónicas y presenta peligros ocupacionales potenciales serios para los trabajadores. Ha habido muertes debido a la inhalación accidental de arsina (AsH_3) en esta industria.

El arsénico es un carcinógeno para los seres humanos, causando cáncer de la piel y pulmonar. Esto es inusual, porque los esfuerzos para replicar la carcinogenicidad del arsénico en los animales aún no han sido exitosos; es el único ejemplo conocido de un carcinógeno solamente humano. Además, el arsénico causa diferentes tipos de erupciones dérmicas. A causa de que el arsénico tiene una bien ganada reputación como un veneno potente, es más ampliamente reconocido como un peligro, que los demás metales.

10.4.2 DISOLVENTES

Los *disolventes* son líquidos (a temperatura ambiente) que pueden disolver otras sustancias sin necesariamente reaccionar químicamente con éstas. Mientras que el agua es sin duda el disolvente más común, existen numerosos compuestos que son utilizados en la industria como limpiadores, agentes desgrasantes, disolventes para extracción, modificadores de la viscosidad, constituyentes de goma y pintura y removedores de pintura y recubrimientos. Estas sustancias químicas mayoritariamente *orgánicas* son también ampliamente utilizadas para otras muchas aplicaciones distintas tales como combustibles, plaguicidas y materia prima para la producción de compuestos químicos. Los disolventes orgánicos más familiares también son constituyentes de la contaminación del agua y el aire, frecuentemente como resultado de contaminación a niveles traza a partir de otras fuentes o reacciones químicas secundarias. Los hidrocarburos no sustituidos, aldehídos y cetonas aparecen en la contaminación del aire. Los hidrocarburos halogenados y no sustituidos son importantes en la contaminación del agua subterránea y superficial.

Los disolventes pueden categorizarse por sus propiedades físicas o por la estructura *química*. Las propiedades físicas básicas de los disolventes pueden describirse por lo bien que pueden disolver sustancias que tienen una carga *polar* (generalmente estos compuestos son fácilmente disueltos por el agua) y lo bien que pueden disolver sustancias *no polares* (tales como aceites). El comportamiento de los disolventes es un determinante importante de su toxicidad humana en el ambiente laboral, pero no es tan importante en la exposición ambiental donde las concentraciones son mucho menores.

Las diferentes clases de disolventes comparten un número de características comunes en lo referente a la toxicidad humana. La mayoría de los disolventes se evaporan fácilmente y por lo tanto son fácilmente inhalados en el ambiente laboral. Los disolventes no polares, los cuales disuelven los aceites y las grasas, penetran la piel muy fácilmente a causa de que una parte de la piel es grasa; esto a menudo causa problemas de erupciones de la piel. Muchos disolventes tienen esencialmente efectos tóxicos idénticos en el sistema nervioso central. Ellos actúan como anestésicos y tóxicos a altas concentraciones (el éter etílico y el cloroformo fueron los primeros anestésicos empleados en cirugía). Estos pueden causar pérdida completa de la conciencia si los vapores se acumulan en espacios confinados, pero con frecuencia conducen a un cuadro clínico algunas veces denominado *síndrome del pintor*, a causa de que a menudo afecta a pintores. En este síndrome, el obrero se siente desorientado mentalmente, después eufórico, pierde coordinación y actúa como intoxicado y finalmente se pone somnoliento o muy fatigado (*neurotoxicidad central aguda*). Además del peligro tóxico, los

obreros pueden estar más propensos a accidentes y errores de juicio bajo la influencia de los disolventes. Después que cesa la exposición, el obrero comienza a sentirse deprimido y con frecuencia padece un dolor de cabeza severo o se siente enfermo. Después de exposiciones repetidas, el obrero se vuelve caprichoso y muestra un cambio de personalidad, tornándose irritable. Hay una pérdida de la memoria reciente y eventualmente daño cerebral permanente. Es muy similar a la intoxicación por alcohol, excepto que el daño cerebral típicamente ocurre primero que con el alcohol. Algunos compuestos ejercen su efecto tóxico en los nervios periféricos, causando pérdida de sensaciones o una sensación de ardor en los pies y las manos. Esto se denomina *neuropatía periférica* y puede ocurrir también como resultado del abuso del alcohol. De igual forma, muchos disolventes son altamente tóxicos para el hígado y pueden causar todas las manifestaciones de daño hepático generadas por el alcohol etílico, incluyendo cirrosis. El cáncer es un riesgo conocido para algunos de estos disolventes y un riesgo teórico para otros. Existe una numerosa y contradictoria literatura de los posibles riesgos de cáncer de disolventes particulares y para muchos no está claro si representan un peligro significativo o no. Un número de disolventes, particularmente los glicoles, también son altamente tóxicos para los riñones.

Todos estos efectos se observan en trabajadores que utilizan estos disolventes en el trabajo sin protección adecuada; estos son vistos particularmente en las operaciones de atomizado de pintura, por ejemplo. De acuerdo a nuestros conocimientos, todos estos efectos pueden ser prevenidos limitando la exposición en el ambiente laboral a las normas existentes de exposición ocupacional. Sin embargo, los casos de toxicidad asociados a exposición excesiva son muy comunes en todo el mundo.

El *benceno* es el compuesto que con más frecuencia aparece en los datos de monitoreo del aire y el agua, a concentraciones suficientes para causar preocupación. En el aire, la mayor fuente de benceno es el tráfico automotor y los combustibles, también es producido a partir de compuestos organometálicos y otras fuentes urbanas. Se sabe que la potencia del benceno como carcinógeno es más fuerte que la de la mayoría de los otros compuestos comúnmente encontrados en el ambiente. También, en general, el benceno tiende a estar presente a concentraciones relativamente altas en el aire y el agua con respecto a muchos de estos otros compuestos. Debido a esta potencia y al hecho de que el benceno con frecuencia está presente en concentraciones significativas se le atribuye más importancia que a la mayoría de las otras sustancias químicas cuando se calculan los riesgos para la salud humana.

10.4.3 MATERIA PRIMA

Cualquier tipo de materia prima que pueda inducir efectos para la salud después de la exposición humana requiere una manipulación cuidadosa; tanto en relación con la emisión accidental de grandes cantidades al ambiente, como con incendios y emisiones prolongadas a bajos niveles. Algunos ejemplos de materia prima que pueden causar problemas graves son: el gas cloro, líquidos inflamables y gases (aceite, petróleo, disolventes, materia prima para la producción de plásticos, como cloruro de vinilo o acronitrilo, etc.) y cianuros empleados en la extracción y acabado de metales.

El gas *cloro* se almacena en grandes volúmenes en muchas plantas de pulpa de papel y fábricas químicas que producen compuestos orgánicos clorados. Es altamente irritante y dañino para los pulmones y puede ocasionar la muerte si se inhalan cantidades suficientes. Las víctimas tienen que ser retiradas de la exposición y es necesario brindarles tratamiento para restituir la función pulmonar.

Existen regulaciones, en la mayoría de los países, concernientes a las precauciones de seguridad requeridas en un sitio de almacenamiento de cloro. Esto incluye dispositivos de alarma para fugas, disponibilidad de equipos para respiración, vías de escape para los trabajadores y las poblaciones vecinas, anuncios de alarma para la comunidad e instalaciones para tratamientos de emergencia.

Los gases y líquidos inflamables representan un riesgo de incendio, así como un riesgo de exposición a los humos tóxicos creados por el fuego. El contenido de estos humos dependerá de la composición química de los materiales, y en ocasiones los humos son más tóxicos que aquellos. Debido al importante daño económico causado por los incendios industriales, las medidas de precaución forman parte del manejo de rutina de la industria. Todavía ocurren incendios industriales importantes regularmente tanto en países desarrollados como en países en desarrollo y los impactos a la salud pueden ser graves. El almacenamiento de grandes cantidades de gases y líquidos también crea el riesgo de pequeñas fugas continuas de sustancias químicas tóxicas. Éstas pueden acabar en el suelo o en cursos de agua locales. Un brote de leucemia en una ciudad de los EUA fue asociada a contaminación de este tipo en el agua subterránea. Muchos de los líquidos inflamables son más ligeros que el agua y muy volátiles, lo que significa que estos líquidos pueden pasar a la capa superior del agua subterránea y desde allí los vapores emergentes pueden atravesar el suelo, posiblemente a una larga distancia de donde ocurrió la fuga.

Para prevenir que las salpicaduras y fugas lleguen al ambiente, los tanques con este tipo de materiales deben tener paredes para contener las salpicaduras (denominadas bermas o malecón) y el suelo bajo los tanques debe tener un drenaje que canalice los materiales derramados hacia un almacenamiento seguro.

Los *cianuros* son disolventes poderosos para ciertos compuestos metálicos y grabado químico de metales. El compuesto más tóxico, el gas letal de cianuro de hidrógeno, se forma cuando los cianuros se ponen en contacto con ácidos. Los principales riesgos para la salud ocurren entre los trabajadores en las industrias que utilizan cianuros, pero las fugas hacia los cursos de agua son otro problema. El contacto directo con estas sustancias químicas afecta la piel y los pulmones. En los cursos de agua, los cianuros pueden matar a los peces, lo cual puede causar un importante problema económico a las poblaciones en el área. Grandes emergencias han ocurrido cuando las presas de cola en las minas de oro se han roto, tal como ocurrió recientemente en Guyana. Mucho más común es la exposición de los trabajadores debida a fugas en las pequeñas industrias de galvanoplastia que producen partes anticorrosivas para las industrias de automóviles y productos metálicos. En muchos países esta industria se desarrolló en un inicio como una pequeña industria casera, a menudo en áreas residenciales.

10.4.4 INTOXICACIÓN QUÍMICA EN LA COMUNIDAD

La exposición doméstica es quizás la forma principal en que los niños se ponen en contacto con sustancias tóxicas. Se necesita con urgencia educar al consumidor sobre la toxicidad potencial de los productos comunes. Los plaguicidas en aerosoles, blanqueadores, productos y líquidos para la limpieza en las casas son potencialmente peligrosos para los niños y deben ser tratados como tales.

Otra necesidad es la de los contenedores para recolectar y disponer adecuadamente pequeñas cantidades de desechos peligrosos. Los individuos que se encuentran en posesión de un envase de disolventes, plaguicidas o algún polvo o líquido desconocido, con frecuencia no comprenden el riesgo. Se necesita algún sistema descentralizado para recolectar tales desechos peligrosos de los consumidores, antes de que sean vertidos en el suelo, en los desagües o quemados o liberados al aire. Tal sistema ha sido introducido en muchas áreas urbanas, el cual comprende la selección, doméstica o de otro tipo conveniente, de pequeñas cantidades de sustancias tóxicas desechadas.

10.5 El contexto social de la salud y seguridad ocupacional

El campo de la salud y seguridad ocupacional se relaciona con el análisis y control de los peligros en puestos de trabajo particulares. La salud ocupacional trata, en primer lugar, con peligros de naturaleza química, física y biológica; la seguridad ocupacional fundamentalmente se ocupa de los peligros de naturaleza mecánica. Con el reconocimiento de que los factores ergonómicos pueden causar no sólo traumas agudos, sino también daños por esfuerzos repetitivos (síndrome del túnel carpiano, tendinitis, epicondilitis, etc.), los profesionales de la salud

ocupacional también deben considerar los factores biomecánicos dentro de su campo de experiencia. Los peligros psicosociales del trabajo (por ejemplo, estrés, quemaduras, hostigamiento) también son aspectos que deben abordar los profesionales de salud ocupacional. (La OMS y la OIT han desarrollado muchos documentos importantes en esta área; la *Enciclopedia de la Salud y Seguridad Ocupacional* de la OIT es una excelente fuente de información en los hechos y temas en este campo).

Aunque existe una gran variación global en la naturaleza y severidad de los problemas de salud y seguridad ocupacional, y en los recursos disponibles para controlarlos, existen muchos otros aspectos en común. En el proceso del desarrollo, ya sea históricamente entre las actuales naciones desarrolladas o actualmente entre las naciones en desarrollo, la salud y seguridad ocupacional tiende a ser de baja prioridad a causa de la necesidad percibida del desarrollo a cualquier precio. Esto es desafortunado, porque en esta etapa del desarrollo, una pequeña inversión en la protección de los trabajadores puede resultar en enormes beneficios para mejorar la salud del trabajador.

A medida que las sociedades se hacen más desarrolladas, la salud y seguridad ocupacional tienden a convertirse en una prioridad creciente. Con frecuencia, una serie de accidentes muy divulgados fuerza la atención hacia este aspecto. Algunas veces, las asociaciones comerciales fuerzan este aspecto. Ocasionalmente, un empleador particularmente culto toma la iniciativa y es un modelo para el resto de la sociedad. Históricamente, los gobiernos han tomado el mando en el control de los peligros ocupacionales mediante el establecimiento de niveles permisibles de exposición y realizando inspecciones periódicas para garantizar las prácticas seguras de trabajo.

Idealmente, la mejoría de la salud y seguridad ocupacional es un área en que tanto los empleadores como los trabajadores deben percibir un interés común. Después de todo, los accidentes y enfermedades ocupacionales son completamente prevenibles y los costos que imponen al empleador, al obrero y a la sociedad en general son considerables. Los empleadores pierden tiempo de producción y trabajo experto que debe ser reemplazado a algún costo. Ellos tendrían, dependiendo del sistema de cuidados de salud en el país, que pagar directamente (o indirectamente a través de impuestos) el tratamiento médico. En los países donde existen sistemas de compensación para los trabajadores, sus primas de seguros se incrementan. Los trabajadores pueden perder sus salarios, sus oportunidades para un mejor trabajo, y si están permanentemente discapacitados, aun sus ingresos, sin mencionar el dolor y las inconveniencias en la vida diaria que un accidente causa al trabajador y la ansiedad que esto crea en su familia. Ya que los accidentes ocupacionales son comunes, el costo para la sociedad,

como un todo, es enorme. Sin embargo, el incentivo financiero de los empleadores para reducir los accidentes y las enfermedades ocupacionales puede ser muy bajo si sus costos directos no están claros o son generados por otros. Las relaciones entre empleadores y trabajadores con frecuencia afectan la decisión sobre cómo abordar la salud y la seguridad ocupacionales. Los empleadores pueden oponerse a hacer inversiones para controlar los peligros en el ambiente laboral, especialmente si sienten que sus competidores no lo hacen. Los gobiernos pueden abstenerse de hacer cumplir las normas de salud y seguridad ocupacional porque temen que esto pueda afectar la competitividad en el mercado mundial. Los trabajadores pueden no cooperar con las medidas de salud y seguridad porque están muy poco conscientes de los peligros. Alternativamente, ellos se pueden sentir comprometidos a aceptar altos riesgos con el fin de mantener sus trabajo.

Diversos estudios han demostrado, sin embargo, que la implementación de actividades de salud y seguridad ocupacional pueden ahorrar dinero a la industria y que las jurisdicciones que hacen cumplir las normas tienden a estar mejor económicamente que aquellas que no. A medida que las sociedades se vuelven más prósperas, sus ciudadanos típicamente demandan más protección y el costo de los cuidados médicos se incrementa dramáticamente. A medida que los salarios aumentan, el costo social del trabajo perdido y la pérdida de producción se incrementa de igual forma.

Existen otros aspectos en salud y seguridad ocupacional que son comunes en todo el mundo. Las pequeñas industrias, iguales en todas las demás cosas, tienden a tener condiciones de trabajo más peligrosas que las grandes empresas. La razón es que las compañías mayores usualmente tienen recursos para sufragar la solución de sus problemas y pueden hacer frente a la protección más fácilmente que las compañías marginales. También, muchos trabajos muy peligrosos son realizados en primer lugar por pequeñas compañías bajo contrato con unas mayores. Sin embargo, algunas agencias gubernamentales han proporcionado asistencia directa a pequeñas empresas en forma de servicios de consultoría para ayudarles a resolver sus problemas con el menor costo posible.

Ejercicio de estudio

Considere los aspectos éticos que pueden presentarse en la salud ocupacional, particularmente con respecto a los intereses competitivos de empleadores y obreros. Como funcionario o consultor que intenta resolver un problema relacionado con un peligro ocupacional ¿Cómo trataría usted estos aspectos éticos?

10.5.1 EL SISTEMA INTERNO DE RESPONSABILIDAD

Muchos cuerpos gubernamentales reguladores de la salud y la seguridad ocupacional han adoptado la política de *responsabilidad interna* para empresas mayores. Esta política hace a estas compañías responsables del control de los peligros y de garantizar el cumplimiento de las normas de exposición ocupacional. Las agencias gubernamentales revisan su desempeño, sus procedimientos, y ocasionalmente, inspeccionan las instalaciones pero hacen esto con menos frecuencia que para empresas menores. Un aspecto clave de este sistema es el *comité conjunto de salud y seguridad*, un comité que consiste en representantes tanto de gerencia como de trabajadores, el cual se reúne *regularmente* para discutir los problemas de salud y seguridad ocupacional. Este sistema trabaja bien cuando los miembros trabajadores del comité son *elegidos*, los miembros tienen algún *entrenamiento*, y al comité se le otorga la *autoridad* para conducir inspecciones y jugar un papel activo en la ejecución de cambios en el ambiente laboral. Las grandes empresas también mantienen frecuentemente sus propios médicos ocupacionales, enfermeras de salud ocupacional y otros profesionales especializados en salud y en seguridad ocupacional.

10.5.2 COMPENSACIÓN A LOS TRABAJADORES

Otro tema común es que detrás de un cierto nivel de desarrollo, las sociedades tienden a introducir un esquema de seguros para sus trabajadores con el fin de minimizar la desorganización que pueden causar los accidentes ocupacionales y para controlar los costos. En particular, los costos de litigios asociados con los accidentes y enfermedades pueden rápidamente irse de control. La respuesta puede tomar la forma de programas de seguridad social que operan como un sistema integral de atención de la salud para los trabajadores y sus familias. Algunos países han utilizado esto para programar por etapas una cobertura más universal de los servicios de salud para su población. También puede tomar la forma de *compensación a los trabajadores*, un sistema de seguros "sin falla" cubierto por los empleadores, el cual compensa a los trabajadores por la atención a la salud y por pérdidas de ganancias debido a accidentes y enfermedades relacionadas con la salud. Algunas jurisdicciones también proporcionan un *premio de daños* con base en una pérdida de función medible, independientemente de que el obrero pueda continuar trabajando.

Con frecuencia, como en Canadá, los obreros han tenido que renunciar a sus derechos de demandar a sus empleadores, a cambio de un sistema integral de compensación, el cual es administrado por un buró imparcial que responde al gobierno. El Buró de Compensación a los Trabajadores (BCT), una vez que ha obtenido información del empleador, el trabajador y el médico que atiende al

trabajador, decide si el problema de salud del trabajador está relacionado con el trabajo y la magnitud en la cual discapacita al trabajador. El sistema tiende a trabajar muy bien para las lesiones accidentales, pero menos adecuadamente para las enfermedades, muchas de las cuales son de origen multifactorial.

Algunos trabajadores están particularmente en desventaja ya que deben enfrentarse al racismo y el sexismo en el trabajo, además de los otros peligros del trabajo para la salud. En la siguiente sección se discuten problemas particulares a los que se enfrentan las mujeres en el trabajo.

10.5.3 LAS MUJERES EN EL TRABAJO

El papel de las mujeres en la fuerza de trabajo es más complicado que el de los hombres. Esto es en parte a causa de los papeles sociales que se espera asuman las mujeres, tal como el de esposa o madre, en parte a causa del papel reproductivo (gestación y alimentación de los niños) y en parte a causa de que las mujeres han sido dirigidas hacia ciertas ocupaciones y excluidas de otras.

Las sociedades tradicionales tienden a asignar papeles muy diferentes a hombres y mujeres y la división del trabajo puede ser dictada por la cultura; en algunas tribus y países, por ejemplo, las mujeres cultivan la tierra y crían niños, mientras los hombres cazan, tejen y producen mercancías. Sin embargo, la industrialización y urbanización tiende a romper estos papeles tradicionales, y las mujeres son con frecuencia reclutadas en trabajos con bajos salarios en industrias manufactureras y de servicios, muy al inicio del desarrollo económico de un país.

En Norteamérica y Europa, los factores económicos tendieron a desplazar a las mujeres después de la Revolución Industrial. Los salarios se elevaron hasta el punto de que sólo un asalariado era necesitado para mantener a la mayoría de las familias. Por razones sociales, era considerado como la tarea del esposo y el padre, y la mujer de la casa se esperaba que se mantuviera en el hogar. Durante poco tiempo, en la Segunda Guerra Mundial, un gran número de mujeres se incorporó a la fuerza de trabajo para sustituir a los hombres que estaban en el Servicio Militar. Después de la Guerra, sin embargo, el patrón de las mujeres en la casa retornó. La elevación de los derechos de las mujeres en la década de los años 70 en Norteamérica y Europa ocurrió en un momento cuando las tasas reales de salarios estaban comenzando a caer. Las barreras para que las mujeres retornaran a la fuerza de trabajo desaparecieron, y se incorporaron a muchas ocupaciones que previamente habían sido casi exclusivamente masculinas. Sin embargo, con la disminución de los salarios reales, las familias requirieron de dos asalariados para mantener su patrón de vida. Además, el número de familias de madres solteras, en las cuales la mujer tenía que ganar dinero, se incrementó. El resultado fue que lo que comenzó como un movimiento hacia la igualdad social

de oportunidades terminó como una necesidad financiera para muchas familias. Hoy en día, los cambios en la productividad y la disminución de los salarios reales para los trabajadores en ocupaciones que requieren menos habilidades está creando una crisis de empleo y subempleo para muchas familias que habían estado económicamente seguras unos cuantos años antes. A causa de que las mujeres generalmente ganan menos que los hombres y están concentradas desproporcionadamente en ocupaciones que se han hecho redundantes por la tecnología o sujetas a reducciones, están en riesgo nuevamente de ser eliminadas de la fuerza de trabajo, pero esta vez hacia la pobreza.

En los países en desarrollo, la situación es de alguna forma diferente. Las mujeres son con frecuencia las primeras asalariadas de las familias, especialmente cuando trabajan en industrias que producen mercancías para la exportación, como las de manufactura ligera. Las barreras sociales para las mujeres asalariadas se rompieron rápidamente con la urbanización y la mayor disponibilidad de trabajos en muchas áreas urbanas. Sin embargo, el papel de la mujer en la educación de los niños, representa una *doble carga* en la mujer asalariada en sociedades en desarrollo y el riesgo de accidentes ocupacionales puede afectar al principal protector de los niños.

Las mujeres muestran algunas diferencias en capacidad física comparadas con los hombres. Estas diferencias colocan a las mujeres en desventaja para los trabajos fuertes de la manufactura industrial, relativamente bien pagados, pero en la medida en que se desarrolla la economía, estos trabajos pueden no ser seguros. Como promedio, por ejemplo, las mujeres tienen menos fuerza en la parte superior del cuerpo que los hombres, ejecutan menos bien las pruebas de fuerza y resistencia física y aparentan tener menos enfermedades físicas que los hombres. Sin embargo, algunas mujeres pueden superar a la mayoría de los hombres en algunas pruebas físicas. Estas características físicas tienen significado sólo en relación a especificaciones de un trabajo particular y son irrelevantes si el puesto de trabajo se diseña de forma tal que la fuerza física y el vigor no sean factores determinantes. La productividad es igual a la de los hombres o mayor entre mujeres empleadas en la mayoría de los trabajos en los cuales puede hacerse la comparación. Las mujeres están comparativamente en menos desventaja en el creciente sector de los servicios o en la manufactura ligera.

Las mujeres trabajadoras encaran problemas específicos que emanan de sus roles reproductivo y social. La licencia de maternidad y el tiempo para la crianza de los niños es un problema único de las mujeres trabajadoras; muchos países han legislado para que los empleadores proporcionen licencia de maternidad, usualmente no pagada, pero con una garantía de retorno al empleo, sobre la base de que el tiempo empleado en la alimentación de los niños pequeños es una

inversión en la sociedad y el futuro. El cuidado de los niños es con frecuencia un problema para las mujeres que trabajan fuera del hogar. Se pueden requerir ausencias y licencias para encargarse del cuidado de miembros de la familia; las mujeres son usualmente las protectoras de la familia y pueden necesitar encargarse de niños, esposos y padres, enfermos o discapacitados. La división social de los papeles entre los hombres y las mujeres con frecuencia deja a las mujeres con la responsabilidad de la casa y la compra de los alimentos, lo cual se traduce en menos tiempo de descanso después del trabajo.

A causa de que usualmente las mujeres ganan menos que los hombres en el mismo trabajo, su pérdida de ganancias debido a accidentes o enfermedades asociadas al trabajo puede no estar protegida en igual grado por la seguridad social, compensación de los trabajadores, seguro de desempleo o seguro de discapacidad privada. Cuando pierden sus empleos, estos beneficios pueden pagar menos que para los hombres a causa de que están señalados según los ingresos previos. Donde faltan tales redes de seguridad social, ellas pueden enfrentarse con muchas más dificultades para ganarse la vida si pierden sus trabajos. Donde no hay trabajo disponible y la situación es desesperada, es típico para los hombres el refugiarse en el crimen y para las mujeres jóvenes acudir a la prostitución, con un mayor riesgo de enfermedad, violencia y explotación. Las leyes de herencia y divorcio frecuentemente colocan a la mujer en desventaja, haciendo a las mujeres solteras aún más dependientes de sus empleos.

Los peligros ocupacionales experimentados por las mujeres puede poner a otros familiares en riesgo. Los peligros reproductivos pueden afectar al feto en la mujer embarazada. Algunas exposiciones, tales como al plomo y al asbesto, pueden ser llevadas a la casa en las ropas y afectar a los niños. (Esto también es válido para obreros masculinos.) Un ambiente o enfermedad ocupacional que resulte en una pérdida económica seria para una familia de "dos asalariados" puede llevar a la casa de una madre sola la pobreza de la noche a la mañana.

Los empleadores sensibles tratan de comprender las necesidades especiales de las mujeres empleadas, tales como la necesidad de tiempo para atender a los niños y condiciones de trabajo libres de peligros que puedan afectar a la mujer, el feto en gestación o a los niños de la casa. Los principales grupos de peligros son químicos, físicos, mecánicos, biológicos y psicosociales. Más adelante se dan algunos ejemplos de las enfermedades y daños que pueden ocurrir.

Ejercicio de estudio

Considere la situación de la mujer en el trabajo en su país. ¿Estará su salud afectada por las condiciones discutidas en esta sección?

10.6 Dimensiones y tipos de problemas de salud ocupacional

Los *Estimados Mundiales para las Evaluaciones y Proyecciones de la Situación de Salud* sugieren que ocurrieron 32.7 millones de accidentes laborales y 146 000 muertes ocupacionales en 1990. Entre la población mundial expuesta se estimó que la incidencia de silicosis fluctuó entre 3.5% y 43.8 %, la bisinosis entre 5% y 30 %, la intoxicación por plomo entre 2.6% y 37%, la pérdida auditiva causada por el ruido entre 1.7% y 70% y las enfermedades ocupacionales de la piel entre 1.7% y 86% (WHO, 1992d). Los peligros de salud ocupacional pueden ser clasificados por la naturaleza del peligro, como se hizo en el Capítulo 2.

Tanto la insuficiencia en los diagnósticos como en los reportes están reconocidos como un gran problema. Por esto, las estadísticas oficiales no son confiables. En la práctica, la distribución de las enfermedades ocupacionales en los países desarrollados se considera que ocurre aproximadamente por la *regla de las mitades*. Esta regla plantea que la distribución de enfermedades ocupacionales en una gran población trabajadora, en una economía diversificada, tiende a estar dividida como sigue: *desórdenes de la piel* que aporta aproximadamente la mitad de todas las enfermedades ocupacionales, las *afecciones de los ojos*, alrededor de la mitad de las restantes (una cuarta parte), *desórdenes de los pulmones*, la mitad de estos (una octava parte) y la mitad de las restantes son *problemas de toxicidad sistémica*. Esta aproximación general sirve como una guía gruesa para comunidades industrializadas, pero puede estar algo distorsionada en pequeñas comunidades donde una sola industria dominante presenta un peligro inusual, tal como la minería de carbón. Debe notarse que este análisis no incluye condiciones músculo-esqueléticas que están bastante distribuidas.

En los países en desarrollo, donde los subdiagnósticos y subreportes pueden ser particularmente problemáticos, el contacto con los agentes de enfermedades transmisibles, sustancias tóxicas, maquinaria insegura, calor y frío extremos y otros peligros se empeoran por la falta de protección personal (ver Capítulo 4). Además, los servicios de salud ocupacional son escasos y las normas o bien no han sido adoptadas o no se exige su cumplimiento. Los peligros de salud en el ambiente laboral pueden también estar exacerbados por la malnutrición y las enfermedades crónicas. La enfermedad no alcohólica del hígado está muy distribuida en África y Asia y puede hacer que los obreros que la padecen sean menos capaces de detoxificar las sustancias tóxicas que encuentren en el trabajo (Org *et al.*, 1993).

10.6.1 PELIGROS QUÍMICOS OCUPACIONALES

Los peligros químicos sobre metales tóxicos, disolventes y materias primas se ilustraron en las secciones anteriores. En general, las exposiciones ocupaciona-

les a estos y la mayoría de otros peligros son mucho mayores que las exposiciones que ocurren generalmente en el ambiente. El lugar de trabajo es un ambiente construido artificialmente. Existe por un propósito económico y su función primaria es producir un producto o servicio. El hacer esto, con frecuencia requiere de productos químicos que son empleados como materia prima, en procesos importantes para la producción, en mantenimiento y limpieza, y también para transportación y embalaje. También las oficinas utilizan varias sustancias químicas para producir documentos, para mantener sus maquinarias, y para limpiar el local de trabajo. No debe sorprender, por tanto, que la exposición a sustancias químicas en el ambiente laboral es típicamente más intensa y con frecuencia más prolongada que la exposición a la mayoría de las sustancias químicas en el ambiente natural, al menos para las personas que laboran en ese lugar de trabajo. La mayoría de la contaminación ambiental refleja la liberación de algunas de estas mismas sustancias químicas en el ambiente, de forma que el control de la salud ocupacional representa un enfoque para controlar la contaminación ambiental, pero en primer lugar representa el control de las exposiciones algo elevadas experimentadas por las personas que trabajan allí. Como se discutió en el Capítulo 4, la clave para controlar la exposición a peligros químicos es usualmente sustituir las sustancias químicas por otras menos tóxicas para el mismo propósito, reducir la contaminación local con ventilación o un confinamiento o utilizar protección personal tal como máscaras y guantes. La persona responsable de identificar, caracterizar y supervisar los controles de tales peligros en la mayoría de las grandes compañías se denomina *higienista ocupacional o industrial* (ver Capítulo 1.)

Los peligros químicos pueden afectar cualquier sistema de órganos en el cuerpo. Sin embargo, algunos desórdenes son más comunes que otros como resultado de la exposición a sustancias químicas. Los trastornos de la piel son más comunes, particularmente las erupciones causadas por irritación o alergia a la sustancia química. Las afecciones de los ojos son comunes, usualmente asociados con irritación. De las condiciones severas o con peligro para la vida, las más comunes son desórdenes respiratorios, incluyendo el asma, bronquitis inducida por irritación y daño pulmonar periférico grave. Las enfermedades ocupacionales del pulmón más comunes se describen en el Cuadro 10.3. Para más detalles, ver la *Enciclopedia OIT* o un texto de enfermedades ocupacionales pulmonares (por ejemplo Morgan y Seaton, 1995).

Algunas sustancias químicas afectan el sistema reproductivo tanto en hombres como en mujeres y pueden causar esterilidad, abortos o defectos al nacer. La Tabla 10.1 relaciona agentes que se ha reportado afectan la capacidad reproductiva.

Cuadro 10.3

Enfermedades pulmonares ocupacionales comunes

1. *Neumoconiosis*. Las neumoconiosis son enfermedades caracterizadas por la disposición de polvo en los pulmones y la respuesta pulmonar a su presencia. El grado de fibrosis (cicatrices) que resulta varía con las propiedades del polvo. El sílice y los silicatos fibrosos, tales como asbesto y zeolita, causan reacciones fibróticas intensas y extensas. El negro de carbón o el óxido de hierro provocan sólo reacciones pequeñas y localizadas. Aun el polvo relativamente benigno puede ser asociado con respuestas más severas cuando se combina con otras exposiciones, tales como gases tóxicos o carcinógenos, los que pueden adsorberse en la superficie de las partículas.

La *asbestosis*, con frecuencia denominada “pulmón blanco” es una neumoconiosis común que resulta de la inhalación de grandes cantidades de fibras de asbesto. La enfermedad es un riesgo para trabajadores de astilleros, plomeros e instaladores de tuberías, trabajadores de aislamiento, miembros del comercio de edificios, y los relacionados con muchas otras labores en las que el asbesto se ha usado sin control riguroso. La historia natural de la enfermedad es progresión del daño restrictivo, algunas veces hasta la discapacidad total y un riesgo muy alto de cáncer. La enfermedad no está asociada al hábito de fumar, pero éste puede hacer que los síntomas empeoren y el manejo es más difícil una vez que la enfermedad aparece. La exposición a asbesto también origina cáncer pulmonar y el riesgo de la enfermedad se incrementa dramáticamente en el caso de los trabajadores expuestos que fuman.

La *silicosis* es una enfermedad antigua que continúa hoy en numerosas ocupaciones. La exposición a sílice es un peligro de la minería y de las canteras, de las técnicas viejas de limpieza con chorro de arena y de grabado químico, del trabajo de fundición, de la cerámica industrial y artesanal y de innumerables ocupaciones en las cuales el polvo de sílice finamente pulverizado se emplea como un material de relleno. Cuando se combina con la tuberculosis, la condición resultante (*silicotuberculosis*) puede ser devastadora, un proceso fibrótico progresivo rápido que se parece a un tumor maligno. El pulmón afectado no puede contener la infección de tuberculosis y el resultado es un proceso fibrótico acelerado que puede requerir un tratamiento durante toda la vida con medicamentos de control anti-tuberculosos. Los individuos con silicosis están predispuestos tanto a la primo-infección por el bacilo de la tuberculosis como a la reinfección o reactivación de la enfermedad una vez expuestos. Ellos pueden ser también más vulnerables a otras infecciones bacterianas. La *Neumoconiosis* de los trabajadores del carbón (PTC), o “pulmón negro” es probablemente la enfermedad pulmonar por polvo más conocida. La PTC y otras enfermedades pulmonares asociadas con la minería del carbón están disminuyendo en frecuencia como resultado de la eliminación del polvo en las minas.

2. *Inhalación de tóxicos*. La inhalación tóxica es un término general para la severa

continúa...

Cuadro 10.3

Enfermedades pulmonares ocupacionales comunes

1. *Neumoconiosis*. Las neumoconiosis son enfermedades caracterizadas por la disposición de polvo en los pulmones y la respuesta pulmonar a su presencia. El grado de fibrosis (cicatrices) que resulta varía con las propiedades del polvo. El sílice y los silicatos fibrosos, tales como asbesto y zeolita, causan reacciones fibróticas intensas y extensas. El negro de carbón o el óxido de hierro provocan sólo reacciones pequeñas y localizadas. Aun el polvo relativamente benigno puede ser asociado con respuestas más severas cuando se combina con otras exposiciones, tales como gases tóxicos o carcinógenos, los que pueden adsorberse en la superficie de las partículas.

La *asbestosis*, con frecuencia denominada “pulmón blanco” es una neumoconiosis común que resulta de la inhalación de grandes cantidades de fibras de asbesto. La enfermedad es un riesgo para trabajadores de astilleros, plomeros e instaladores de tuberías, trabajadores de aislamiento, miembros del comercio de edificios, y los relacionados con muchas otras labores en las que el asbesto se ha usado sin control riguroso. La historia natural de la enfermedad es progresión del daño restrictivo, algunas veces hasta la discapacidad total y un riesgo muy alto de cáncer. La enfermedad no está asociada al hábito de fumar, pero éste puede hacer que los síntomas empeoren y el manejo es más difícil una vez que la enfermedad aparece. La exposición a asbesto también origina cáncer pulmonar y el riesgo de la enfermedad se incrementa dramáticamente en el caso de los trabajadores expuestos que fuman.

La *silicosis* es una enfermedad antigua que continúa hoy en numerosas ocupaciones. La exposición a sílice es un peligro de la minería y de las canteras, de las técnicas viejas de limpieza con chorro de arena y de grabado químico, del trabajo de fundición, de la cerámica industrial y artesanal y de innumerables ocupaciones en las cuales el polvo de sílice finamente pulverizado se emplea como un material de relleno. Cuando se combina con la tuberculosis, la condición resultante (*silicotuberculosis*) puede ser devastadora, un proceso fibrótico progresivo rápido que se parece a un tumor maligno. El pulmón afectado no puede contener la infección de tuberculosis y el resultado es un proceso fibrótico acelerado que puede requerir un tratamiento durante toda la vida con medicamentos de control anti-tuberculosos. Los individuos con silicosis están predispuestos tanto a la primo-infección por el bacilo de la tuberculosis como a la reinfección o reactivación de la enfermedad una vez expuestos. Ellos pueden ser también más vulnerables a otras infecciones bacterianas. La *Neumoconiosis* de los trabajadores del carbón (PTC), o “pulmón negro” es probablemente la enfermedad pulmonar por polvo más conocida. La PTC y otras enfermedades pulmonares asociadas con la minería del carbón están disminuyendo en frecuencia como resultado de la eliminación del polvo en las minas.

2. *Inhalación de tóxicos*. La inhalación tóxica es un término general para la severa

continúa...

toxicidad pulmonar de una variedad de gases que presentan similares patrones clínicos, incluyendo al ozono, el fosgeno, el cloro, el dióxido de nitrógeno, el fluoruro de hidrógeno y muchos otros. La exposición a estos gases en los niveles requeridos para producir esta condición es usualmente el resultado de la liberación accidental, de reacciones químicas incontroladas o de incendios. Algunos de estos gases, particularmente el fosgeno, el cloro y el dióxido de nitrógeno, son generados cuando el mobiliario y las instalaciones interiores plásticas se queman, como en un incendio en un hotel. En estas situaciones de combustión, el cianuro y el monóxido de carbono son también liberados y contribuyen a la toxicidad.

3. *Asma ocupacional*. El asma es un complejo de síntomas y signos resultantes de una obstrucción reversible del flujo del aire. Usualmente el asma se presenta con sibilancia y falta de respiración, ocurriendo repetidamente en episodios aislados, con frecuencia inmediatamente después de la exposición a un alérgeno reconocible. En algunos pocos casos de asma, la tos puede ser el síntoma principal. En el asma ocupacional, el agente puede ser difícil de identificar y el patrón de obstrucción de las vías aéreas puede ser inusual o retardado. Los agentes más fáciles de identificar son aquellos que son altamente sensibilizantes y que desencadenan la familiar reacción inmediata de *hipersensibilidad*. Estos *sensibilizantes* alérgicos convencionales incluyen las secreciones animales, la etilendiamina, el polvo de granos, las enzimas detergentes, las resinas epóxicas, los agentes para curar pieles, y virtualmente cualquier compuesto orgánico o de bajo peso molecular, incluyendo los metales tales como las sales de platino.

Algunos producen reacciones por mecanismos que no son tan típicos de la reacción inmediata común de hipersensibilidad, tal como polvo de granos, polvo de madera, el formaldehído, los agentes farmacéuticos, y el diisocianato de tolueno (DIT), un agente sensibilizante particularmente potente empleado en la producción de plásticos de poliuretano. Los *isocianatos* en general y el DIT en particular están entre las sustancias químicas más comunes en la industria, presentes en la mayoría de las preparaciones de pinturas, recubrimientos y acabados. El asma inducida por el isocianato es particularmente común en los talleres de carrocerías de autos a causa del uso de adhesivos que contienen isocianato en trabajos de reparación de vidrio fibroso. En tales casos, las respuestas pueden ser mezcladas con mecanismos inmunes, irritantes y farmacológicos que desempeñan algún papel. Los isocianatos son tanto potentes sensibilizantes como irritantes, y ambos mecanismos promueven la reactividad de las vías aéreas.

4. *Neumonitis por hipersensibilidad*. La neumonitis por hipersensibilidad, conocida en el Reino Unido como *alveolitis alérgica extrínseca*, ocurre cuando un individuo sensibilizado inhala polvo respirable que contiene grandes cantidades de un antígeno al cual el paciente hace una reacción inmune. Los síntomas característicos de neumonitis por hipersensibilidad son falta de aliento (disnea), fiebre, escalofríos y tos, desarrollándose durante varias horas o días. La exposición repetida al mismo antígeno

continúa...

conduce a una reacción inflamatoria en los alveolos, una reacción de cicatrización y finalmente a daño pulmonar permanente. Los antígenos comunes que producen esta condición incluyen hongos, enzimas detergentes, agentes farmacéuticos, artrópodos minúsculos, (como los ácaros), polvo de materia vegetal, (como granos de polen) y materia animal (como aerosoles de excrementos y orina de pájaro). Una situación típica es el "pulmón de campesino" en el cual existe una exposición probable de este tipo que involucra a campesinos que manipulan heno mohoso. Esta es una importante enfermedad pulmonar, difícil de diagnosticar y tratar. La identificación y el control de la exposición al antígeno agresor usualmente resulta en la cura completa de una enfermedad potencialmente grave.

5. *Bronquitis industrial*. Los trabajadores en ocupaciones con alta generación de polvos, particularmente los obreros del acero y manipuladores de granos, pueden desarrollar una bronquitis crónica no específica (ver Becklake, 1985; 1989). El hábito de fumar puede agravar la bronquitis.

6. *Fiebre de humo*. Existen dos tipos comunes de fiebre de humo, ambas involucran la mezcla de reacciones pulmonares y sistémicas a los agentes tóxicos inhalados. La *fiebre de humo de metales* resulta de la exposición a humos metálicos calientes, particularmente zinc, cadmio y cobre. La enfermedad es una reacción de curso definido y limitado pero altamente desagradable, similar a la influenza, que se desarrolla aproximadamente una hora después de la exposición y consiste en náuseas, fiebre y escalofríos, malestares, mialgias y leucocitosis. La fiebre de humo de metales dura uno o dos días y no debe ser confundida con la inhalación de tóxicos, que puede ser el resultado de la exposición a altas concentraciones de humos de cadmio o níquel o por altas concentraciones de mercurio volatilizado, o con intoxicación aguda por plomo. La fiebre de humo de metales es con mayor frecuencia vista cuando soldados sin experiencia tratan de soldar o cortar metal que es galvanizado o de composición mixta. La *fiebre de humo de polímeros* es una reacción similar, parecida a la influenza, que resulta de los productos de la pirólisis del Teflón y polímeros relacionados cuando las partículas se depositan en cigarrillos, se queman, y el humo es inhalado. La fiebre de humo de polímeros puede ser evitada prohibiendo el hábito de fumar en los ambientes laborales donde se fabrican productos que contienen estos polímeros. La fiebre de humo de polímeros no debe ser confundida con "el asma de los empaquetadores de carne", un problema de espasmo bronquial y una bronquitis irritante que resulta de la inhalación de humos generados cuando las película de cloruro de polivinilo para envolturas es cortada empleando un alambre caliente. Esto era un problema común en los supermercados pero ha sido resuelto ajustando la temperatura del alambre caliente.

La Tabla 10.2 resume algunos carcinógenos conocidos o altamente sospechosos en el ambiente laboral. La neurotoxicidad es un problema serio asociado tanto con metales pesados y disolventes, según se describe en las secciones

Tabla 10.1 Agentes seleccionados reportados que afectan la capacidad reproductiva.

Agentes antineoplásicos

Agentes alquilantes, alcaloides, antimetabolitos, antibióticos antitumorales

Drogas que actúan sobre el SNC

Alcohol, gases/vapores anestésicos

Metales y elementos traza

Aluminio, arsénico, berilio, boranos, boro, cadmio, cobalto, plomo (inorgánico y orgánico), manganeso, mercurio (inorgánico y orgánico), molibdeno, níquel, selenio, plata, uranio y zinc.

Insecticidas

Hexacloruro de benceno (lindano), carbamatos (carbaril), derivados del clorobenceno (DDT, metoxicloro), derivados del indano (aldrín, clordano, dieldrín), ésteres de fosfato (dicloro hexametiltfosforamida), misceláneos (clordecone).

Herbicidas

Ácidos fenoxiacéticos clorados (ácido 2,4-diclorofenoxiacético, ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético, yalano), compuestos amónicos cuaternarios (diquat, paraquat).

Rodenticidas

Inhibidores metabólicos (fluoroacetato)

Fungicidas, fumigantes y esterilizantes

Afolato, captan, disulfuro de carbono, dibromocloropropano, dibromuro de etileno, óxido de etileno, tiocarbamatos, trifeniltin.

Aditivos alimentarios y contaminantes

Aflatoxinas, ciclamato, dietilestilbestrol, dimetilnitrosamina, gosipol, amarillo metanil, glutamato monosódico, derivados del nitrofurano.

Sustancias químicas industriales

Anilina, monóxido de carbono, hidrocarburos clorados (hexafluoroacetona, BPB, BPC, TCDD), óxido de etileno, formaldehído, hidracina, monómeros (cloruro de vinilo, cloropreno), hidrocarburos aromáticos policíclicos, disolventes (benceno, disulfuro de carbono, ésteres de glicol, epiclorhidrina, hexano, tiofeno, tolueno, xileno), diisocianato de tolueno.

Misceláneos

Factores físicos (calor, luz, hipoxia), radiación, ciertos agentes infecciosos.

Fuente: Mc Guidan, 1992.

anteriores, y con otras sustancias químicas. De igual forma, la toxicidad hepática y renal son respuestas comunes a la exposición a sustancias químicas. Recientemente, se ha dado mucha atención al efecto de la exposición a sustancias químicas en el sistema inmunológico. Parece ser que la investigación en este campo dará mucha información sobre efectos sutiles para la salud que no son conocidos en detalle en estos momentos.

Tabla 10.2 Carcinógenos seleccionados conocidos o altamente sospechosos en el ambiente laboral.

Sustancia	En dónde se encuentra
Asbesto	Muy diseminado, especialmente en construcción, reparación de autos, construcción de barcos; presente en muchos productos.
Emisiones de hornos de coque	Fábricas de acero, hornos de coque.
3,3 -diclorobencidina	Manufactura de pigmentos, producción de poliuretano.
Radio	Uso limitado.
4,4-metilen-bis (2 cloroanilina)	Manufactura de plásticos, elastómeros, resinas epóxicas, espuma de poliuretano.
Uranio y radón	Minería subterránea.
β - naftilamina	Industrias química, de pintura y de la goma.
Luz ultravioleta	Ubicua.
Auramina y magenta	Manufactura de pinturas.
Tetracloruro de carbono	Muy distribuido.
Bencidina	Laboratorios de patología clínica, pigmentos químicos, plásticos, gomas, productos de madera.
Cloruro de vinilo	Industrias petroquímicas, de plástico y goma.
Clorometil metil éter (CMME)	Industria química.
Bis (clorometil)éter (BCME)	Industria química, procesamiento de combustibles de reactores nucleares.
Etilenimina	Industrias química, de papel y textil.
N-nitrosodimetilamina	Industrias química, de la goma, de disolventes y de plaguicidas.
Cloropreno	Industria de la goma sintética.
Tricloroetileno	Anteriormente de uso muy distribuido como disolvente y agente desgrasador, ahora fuera de uso.
Benceno	Muy utilizado en la industria como disolvente y constituyente químico.
Bifenilos policlorados (BPC)	Muy utilizados, particularmente en servicios, energía eléctrica, industrias de productos químicos y de madera.
Cloroformo	Industrias química, farmacéutica, textil y disolventes.
Acrlonitrilo	Industrias de plástico y textil.
Polvo de piel	Industrias de artículos de piel.
Polvo de madera	Industrias de madera dura.

continúa...

Tabla 10.2 Continuación...

Sustancia	En dónde se encuentra
Cromatos (hexavalentes)	Galvanoplastia, industrias de productos metálicos, fotografía y textiles.
Níquel	Distribuido especialmente en industrias de productos metálicos, químicos y baterías.
Radiación ionizante	Muy distribuida, especialmente en rayos X médicos e industriales.
Arsénico	Muy utilizado.
Lubricantes para cuchillas	Máquinas, industrias de trabajo en metal.
Hidracina	Aplicaciones mecánicas, industria farmacéutica.
Dibromuro de etileno	Alimentos (fumigación), gasolina, industrias de aditivos, plaguicidas.

La Tabla 10.3 brinda ejemplos de exposiciones ocupacionales a sustancias químicas y sus efectos para la salud, junto con la proporción de la fuerza de trabajo total expuesta en Europa y el nivel medio de exposición.

Tabla 10.3 Ejemplos de exposiciones ocupacionales a sustancias químicas y sus efectos para la salud, la proporción de fuerza laboral expuesta en Europa y los niveles medios de exposición.

Sustancia química	Actividad de exposición	% de la fuerza laboral expuesta	Niveles medios de exposición	Efectos críticos en la salud
Aluminio	Galvanoplastia, soldaduras con aluminio.	0.5	11-5 mg/m ³	Fibrosis, efectos neurotóxicos.
Arsénico	Enriquecimiento del cobre, industria electrónica, conservación de madera.	0.25	0.001-0.38 mg/m ³	Intoxicación con As, cáncer pulmonar, cambios en la piel.
Mercurio	Enriquecimiento del zinc, producción de cloro, plaguicidas, electrónica, odontología.	0.05	11-250 µg/m ³	Inflamación pulmonar, daños renales y del sistema nervioso.

continúa...

Tabla 10.3 Continuación...

Sustancia química	Actividad de exposición	% de la fuerza laboral expuesta	Niveles medios de exposición	Efectos críticos en la salud
Cadmio	Enriquecimiento del zinc, galvanoplastia, soldadura, producción de plásticos.	0.04	11-500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Enfisema, cáncer de pulmón, daño renal.
Cobalto	Producción de cobalto, metalurgia dura, galvanoplastia, industria de cerámica y pintura.	0.05	> 0.05 mg/m^3	Dermatosis, neuromoniosis, cardiomiopatía.
Cromo	Metalurgia dura, enriquecimiento del cromo, pinturas, curtido, plásticos, conservación de madera, soldadura de acero inoxidable.	0.7	0.02-0.16 mg/m^3	Asma, cáncer, alergia.
Plomo	Minería, industria del vidrio, producción de baterías, fundición de chatarra metálica, pinturas, plásticos.	1.0	0.01-3.9 mg/m^3	Anemia, intoxicación, efectos neurotóxicos (sales de plomo).
Níquel	Minería del níquel / enriquecimiento, acero inoxidable, industria eléctrica, industria del petróleo.	0.5	0.1-0.14 mg/m^3	Alergia, cáncer, asma, intoxicación aguda con carbonilo de níquel.
Gases				
Monóxido de carbono	Hornos de coque, metalurgia, fundiciones, producción de acero.	10	1-100 cm^3/m^3	Efectos en el, sistema nervioso central, isquemia cardíaca.
Cloro	Producción de cloro, blanqueado de pulpa, industria alimentaria.	5	0.5-1 cm^3/m^3	Irritación de la piel y de las membranas mucosas, edema pulmonar.

continúa...

Tabla 10.3 Continuación...

Sustancia química	Actividad de exposición	% de la fuerza laboral expuesta	Niveles medios de exposición	Efectos críticos en la salud
Cianuro de hidrógeno	Electrólisis de metales, industria química, pirólisis de poliuretano.	<0.1	0.5 - 5 mg/m ³	Muerte súbita por bloqueo de la respiración celular, efectos en el SNC.
Sustancias orgánicas				
Benceno	Industria petroquímica metalurgia, producción de gas de carbón, gomas y pinturas.	0.05	0.5-100 cm ³ /m ³	Efectos en el SNC Daños en la médula ósea, leucemia.
Clorofenoles y fenoles	Industria química, conservación de la madera, fundiciones.	0.2	0.005-3 cm ³ /m ³	Irritación de la membrana mucosa, daño hepático y renal, depresión respiratoria.
Isocianatos	Industria del plástico, pinturas, construcción.	0.1	<0.035 mg/m ³	Irritación respiratoria, intoxicación aguda, asma.
Plaguicidas	Agricultura, jardinería, invernaderos, industria textil.	3.6-5.5	En función del compuesto la absorción dérmica es sustancial.	Por ejemplo: los organofosforados pueden causar envenenamiento multisistémico o efectos crónicos que incluyen alergias y daño hepático.
Minerales				
Asbesto	Construcción, preparación de carros chatarra de barcos.	0.4	0.1-10	Neumoconiosis (asbestosis), cáncer y mesotelioma.
Cuarzo y Sílice	Industria de piedras, industria del vidrio, industria de metales, fundiciones, limpieza con chorro de arena.	0.3	0.01-0 mg de cuarzo/m ³	Silicosis, cáncer del pulmón.

Fuente: OMS, 1995d

10.6.2 PELIGROS FÍSICOS

Los peligros físicos también son muy comunes. El ruido de alta intensidad es sin duda el peligro ocupacional más difundido, y la alta incidencia de pérdida auditiva ocasionada por el ruido en todo el mundo demuestra que se mantiene como uno de los más pobremente controlados (en el Capítulo 4 se presenta un ejemplo de un programa de control del ruido ocupacional). En algunos países son muy comunes los ambientes laborales excesivamente calurosos o fríos. De igual forma, existen fuentes exteriores de radiaciones ultravioleta y en algunos ambientes laborales esto tiene efectos tales como los que se describen en el Capítulo 11. La radiación ionizante es un peligro físico que ha sido estudiado ampliamente y es familiar porque es común en los establecimientos de atención de salud y es un riesgo de la industria nuclear, como se señaló en el Capítulo 9. La luz de láser (por ser muy concentrada) es un peligro físico serio en algunos establecimientos técnicos; la empleada en aplicaciones como los contadores de verificación de supermercados es de energía muy baja para evitar accidentes.

10.6.3 PELIGROS MECÁNICOS

Los peligros mecánicos pueden ser de dos tipos generales: condiciones de trabajo inseguras y peligros ergonómicos. La ciencia de la *ergonomía* generalmente incluye el control de peligros que pueden resultar en accidentes agudos, así como desórdenes crónicos usualmente del sistema musculoesquelético, como se señaló en el Capítulo 2.

Las condiciones inseguras de trabajo son aquellas que pueden permitir una liberación súbita de energía (tal como un cilindro de gas con sobrepresión) la cual causa un accidente o coloca al trabajador en riesgo de un accidente tal como una caída, una laceración o un esguince. La clave para controlar las condiciones de trabajo inseguras es identificar y corregir el defecto, reducir la cantidad de energía liberada y construir refugios, barreras y otros dispositivos que protejan al trabajador.

Los peligros ergonómicos, por otra parte, se deben a la incompatibilidad entre el cuerpo del trabajador y el diseño del puesto de trabajo. El resultado es un esfuerzo desproporcionado que recae en una parte del cuerpo intrínsecamente débil, como es el caso de una silla que no soporte la espalda o un puesto de trabajo que requiere que el trabajador se estire para ejecutar una tarea repetitiva. El resultado usual es un daño que resulta del efecto sumado, y no de un sólo evento accidental. Son ejemplos los accidentes por esfuerzo repetitivo entre trabajadores de líneas de ensamblado utilizando herramientas vibrantes por períodos prolongados o empleados de verificación de supermercados que manipulan objetos con movimientos repetitivos de la muñeca.

10.6.4 PELIGROS BIOLÓGICOS

Los peligros biológicos son más obvios en los servicios de salud y en la agricultura, pero pueden ocurrir en otras industrias. La infección con uno o más virus que causan hepatitis es otra preocupación importante. La *tuberculosis* es un problema serio en obreros de hospitales. La infección con el *Virus de Inmunodeficiencia Humana* (VIH), el virus del SIDA, o con el virus de la hepatitis B, puede ocurrir debido a accidentes con agujas o por contacto con sangre y comprensiblemente es muy temida. La *leptospirosis*, una infección bacteriana transmitida por contacto con orina de rata, ocurre en muchos trabajos y es un riesgo en la industria de la caña de azúcar. La brucelosis es otra enfermedad de los campesinos y trabajadores de mataderos y es causada por el contacto con vacas, cerdos y cabras. Los trabajadores de aguas residuales están en riesgo de algunas de estas enfermedades infecciosas (aunque no TB o SIDA) (ver Cuadro 10.4).

Los problemas asociados con alergias y reacciones a productos orgánicos son comunes en la agricultura. Encuentros con especies venenosas o peligrosas pueden ocurrir en la limpieza de malezas y durante el trabajo en áreas remotas, especialmente en los trópicos. Estos problemas tienden a ser altamente específicos para áreas e industrias particulares, por lo cual es difícil generalizar.

Cuadro 10.4

Enfermedades infecciosas en trabajadores de aguas residuales

Las aguas residuales son una mezcla de líquidos y sólidos de origen doméstico e industrial que varía en composición de alcantarillado a alcantarillado y de hora a hora. Los trabajadores que procesan aguas residuales y mantienen los sistemas de aguas residuales están expuestos a una variedad de peligros biológicos. Un riesgo incrementado de enfermedades diarreicas de curso definido y limitado ha sido reportado en obreros de tratamiento de residuales empleados en varias jurisdicciones. La leptospirosis es una enfermedad ocupacional bien conocida en trabajadores de aguas residuales. La giardiasis se ha reportado como un riesgo. Algunos, pero no todos los estudios han revelado el incremento de evidencia de infección por hepatitis A en trabajadores de aguas residuales. En comunidades en las cuales han ocurrido epidemias de hepatitis A, se ha reportado la transmisión ocupacional de esta infección.

Contribución de A. Krant, Universidad de Manitoba, Canadá

10.6.5 PELIGROS PSICOLÓGICOS

Como se discutió en el Capítulo 2, ahora es generalmente aceptado que el estrés en el trabajo está asociado con la falta de control sobre el ambiente laboral y con

grandes demandas de los puestos de trabajo. Tales circunstancias productoras de estrés, sin embargo, son precisamente los que se han creado en el trabajo como resultado de la reestructuración económica. De esta forma las expectativas de comportamiento creadas en el empleo que muestran obligación y fuerzan para incrementar la productividad pueden ser vistas como positivas para los gerentes y estresantes para los trabajadores. Sin embargo, el estrés psicológico por ser desempleado puede también ser severo y es difícil separar el estrés laboral del estrés en la vida diaria.

10.7 Accidentes industriales ambientales

La Tabla 10.4 relaciona ejemplos de los mayores accidentes ambientales que resultaron en un número sustancial de muertes reportadas o enfermedades severas. Otros numerosos incidentes han sido reportados con menos casos de enfermedad, con frecuencia a causa de un manejo efectivo del accidente.

Los accidentes relacionados en la tabla incluyen sólo brotes de envenenamiento en la comunidad que consume ciertos productos alimenticios contamina-

Tabla 10.4 Principales brotes de "enfermedades ambientales" causadas por sustancias químicas no radioactivas.

Lugar y año	Peligro ambiental	Tipo de enfermedad afectados	Número de
Toyama, Japón década de los 50	Cadmio en arroz	Enfermedad del riñón y los huesos (<i>Enfermedad Itai-Itai</i>)	200 con enfermedad severa y muchos más con efectos ligeros.
Minamata, Japón década de los 50	Metilmercurio en pescado	Enfermedad neurológica (<i>Enfermedad de Minamata</i>)	200 con enfermedad severa. 2,000 sospechosos
Fukuoka, Japón 1968	Bifenilos policlorados (BPC) en aceite comestible	Enfermedad de la piel, debilidad general	Varios miles.
Iraq 1972	Metilmercurio en semillas de granos	Enfermedad neurológica	500 muertos, 6,500 hospitalizados.
Madrid, España 1981	Anilina u otras toxinas en aceite comestible	Varios síntomas	340 muertos, 20,000 casos
Bophal, India 1984	Isocianato de metilo	Enfermedad aguda del pulmón	2,000 muertos, 200,000 intoxicados.

dos. Algunos de estos se han debido a la súbita liberación accidental de las sustancias químicas, tal como en el caso de Bophal, y otros han involucrado una exposición prolongada a niveles bajos de contaminación que finalmente alcanzó niveles peligrosos, tal como el caso de Toyama. Estos brotes principales de intoxicación de tipo epidémico son los que han recibido mayor atención y comenzaron a conocerse como *enfermedades ambientales clásicas*.

Sin embargo, no debe olvidarse que las situaciones de contaminación crónica, tal como los altos niveles de contaminación particulada en muchas de las principales ciudades de países desarrollados, en verdad conducen a un impacto en la salud pública mucho mayor que los brotes dramáticos. Estos brotes dramáticos sirven como "centinelas" y avisos de lo que puede suceder si no se aplica una prevención adecuada, sus consecuencias negativas pueden ser balanceadas por una mejoría en la prevención futura.

Como se mencionó en secciones previas, los accidentes importantes debido a incendios en industrias no son raros. Los efectos para la salud pueden ser dramáticos y tanto los materiales combustibles por sí mismos como el humo pueden contener compuestos muy tóxicos. El agua y la espuma regada en los incendios por los bomberos pueden por supuesto contener el fuego, pero también pueden diseminar la contaminación por sustancias químicas en combustión o por sustancias químicas almacenadas en las instalaciones incendiadas. En dependencia del tipo de sustancia química involucrada, el consejo para los bomberos en la actualidad es en algunos casos dejar que el fuego queme y utilizar el agua y la espuma sólo para enfriar los edificios contiguos con el fin de evitar que se incendien. Un problema particular ocurre con la contaminación radioactiva en incendios en estaciones de energía nuclear u otras instalaciones nucleares. El incendio en la estación energética en Chernobyl en 1986 es el accidente más dramático de este tipo.

Además de los incendios, los grandes desastres naturales pueden conducir a daños en instalaciones industriales y a la generación accidental de peligros ambientales. Estos incluyen terremotos, deslizamientos de tierra, inundaciones y tormentas. La prevención de impactos en la salud puede involucrar la planificación cuidadosa de la localización de las instalaciones de forma que eviten lo más posible estos peligros naturales. Además, deben ser establecidos planes de emergencia y ejercicios que involucren a los trabajadores y la comunidad.

10.8 Enfoques para la prevención

10.8.1 APLICACIÓN DE UN MARCO DE PREVENCIÓN

Los principios del manejo de riesgos y el control de los peligros fueron menciona-

dos en el Capítulo 4. La prevención de accidentes y enfermedades asociadas a peligros de salud ocupacional se basa en dos conceptos básicos: 1) el ambiente laboral y la tecnología de producción en sí deben ser diseñados de forma tal que los riesgos para la salud se reduzcan a un mínimo, y 2) el trabajador debe ser educado y animado a comportarse de forma segura y a utilizar equipo de protección. En el primer caso la principal responsabilidad para asegurar un empleo seguro y saludable descansa en el empleador; en el último caso la mayor parte de esta responsabilidad es transferida al empleado.

En la mayoría de las situaciones ambos conceptos se aplican, pero se ha visto en muchos países que centrarse en la mejoría del ambiente laboral y evitar el uso de procesos peligrosos, más que “diciéndole a los trabajadores que sean cuidadosos” es el enfoque preventivo más efectivo. Los errores humanos ocurren en todas las situaciones de la vida, pero el impacto de esos errores puede ser reducido creando salud y seguridad en el ambiente laboral. Los países que tienen políticas desarrolladas para un ambiente de trabajo saludable en colaboración con el empleador y las organizaciones de trabajadores han sido particularmente efectivos en la reducción de los accidentes y enfermedades ocupacionales.

La creación de un ambiente laboral saludable involucra una serie de decisiones, tales como:

¿El proceso puede ser diseñado de tal forma que la materia prima sea tan segura como es posible?

Por ejemplo, si las pinturas empleadas para pintar los productos utilizan disolventes menos tóxicos (el menos tóxico es el agua), los trabajadores pueden tener un riesgo de intoxicación menor. El PNUMA ha acuñado el término “producciones más limpias” para este tipo de elección.

¿La maquinaria productiva puede ser aislada de forma que el ruido, las sustancias químicas y los equipos peligrosos se mantengan alejados de los trabajadores?

Por ejemplo, si los equipos de producción de papel o prensas de impresión son encapsulados en todo momento que están en operación, los trabajadores en el equipo pueden ser protegidos del alto ruido, fugas de sustancias químicas y accidentes físicos. Los modernos equipos de video y computadoras hacen posible monitorear el funcionamiento de las diferentes partes de la maquinaria sin que los trabajadores observen o manipulen directamente las partes cuando están en operación.

¿Pueden ser reducidos los niveles de peligro en el ambiente laboral de forma tal que sean evitados los efectos en la salud?

Con el fin de proporcionar una guía de los niveles máximos de exposición que

pueden ser aceptados, ya sea por ruido, radiación, sustancias químicas o peligros biológicos, la mayoría de los países han desarrollado listas de “normas ocupacionales”. Éstas reciben diferentes nombres dependiendo del país; las *concentraciones máximas admisibles* (CMA), valores umbral límites (TLV siglas en inglés), normas, valores guía, etc. En algunos países, estos son niveles legalmente obligatorios. En otros son metas por las cuales la industria se esfuerza, pero la transgresión de los valores guía no involucra penalización. La obtención de normas de exposición ocupacional se discute ampliamente en la próxima sección.

¿Qué tipo de equipo es imprescindible para la protección individual de los trabajadores?

Para las operaciones de emergencia y ciertas operaciones de mantenimiento, está claro que pudiera ser necesario un equipo especial de protección. La necesidad de tal equipo en situaciones de trabajo continuo diario debe ser preferentemente reducida, a causa de que casi todos los equipos de este tipo le causan dificultades al usuario. La comodidad y facilidad de uso son tan importantes como la eficiencia de protección. Una variedad de productos están disponibles en todo el mundo, y el mejoramiento y las innovaciones en el diseño de los equipos deben ser buscadas y estimuladas.

¿Qué tipo de motivación y entrenamiento necesitan los trabajadores para asegurar la operación segura del proceso y el uso apropiado del equipo de protección?

Todas las personas que trabajan en la industria, los empleadores y supervisores, así como los trabajadores, necesitan tener un fuerte actitud de salud, seguridad y responsabilidad. La motivación de los trabajadores es proporcionada mejor por los líderes de la industria demostrando su compromiso en la inversión para un ambiente laboral seguro y participando en un diálogo acerca de cómo la salud puede ser protegida dentro de la industria. La toma de decisiones en colaboración en “comités de salud y seguridad” combinada con entrenamiento dirigido para todos ha tenido éxito en muchos países. El entrenamiento de los empleadores y supervisores es tan importante como el entrenamiento para los trabajadores.

¿Qué tipo de monitoreo, evaluación y reportes pueden contribuir mejor a la motivación y para una fuerte actitud de salud y seguridad?

La medición de los niveles de los diferentes peligros en el ambiente laboral, el monitoreo de accidentes y de otros daños para la salud, el análisis epidemiológico, la evaluación en relación a normas y el reporte regular a todos los trabajadores crea confianza y dominio del proceso de prevención. Cada reporte debe incluir conclusiones para acciones preventivas futuras y cronogramas para su implementación y deben basarse en discusiones conjuntas entre empleadores y empleados.

Los principios del control de los peligros fueron comentados en el Capítulo 4; la Tabla 10.5 amplía los principios de los programas de vigilancia según se aplican a los lugares de trabajo. El control de los peligros industriales, ya sea para prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales, o prevenir exposiciones ocupacionales que pueden impactar negativamente en la comunidad requiere de un enfoque interdisciplinario con el trabajo conjunto de todos los miembros del equipo de salud ocupacional.

Tabla 10.5 Principios de vigilancia de la salud ocupacional.

-
- La información obtenida debe ser de *importancia demostrable* para la salud o seguridad en el trabajo del trabajador en estudio.
 - La prueba *no debe ser un sustituto de la eliminación o control del peligro*.
 - Los resultados de la prueba deben ser aplicados con el *propósito de mejorar la situación de salud y seguridad* en el empleo y mantener o mejorar la salud del individuo estudiado.
 - La prueba debe ser *específica* para la sustancia o la familia de sustancias en estudio.
 - Si la prueba es para anticipar un efecto, debe detectar *signos en una etapa temprana*.
 - El *estado base* de los trabajadores (por ejemplo, antes de enfermarse en el trabajo), debe ser *conocido* con el fin de permitir la posterior comparación e interpretación.
 - La prueba debe ser *aceptable* para los trabajadores; una prueba que es dolorosa (después de una extracción de sangre), muy incómoda o inconveniente debe ser claramente justificada y acordada con los trabajadores sometidos a la misma.
 - Las ventajas de utilizar un *método particular* para identificar los casos debe ser mayor que las ventajas de emplear medidas alternativas.
 - Cada trabajador debe ser *informado* de los resultados individuales y del grupo, así como del significado y las implicaciones para la salud de los resultados.
-

10.8.2 NORMAS DE SALUD OCUPACIONAL

Los diferentes países establecen sus normas de exposición ocupacional en diversas formas. La mayoría de los países industrializados utilizan *Niveles de Exposición Ocupacional (NEO)* (también denominados *Niveles de Exposición Permisibles* en los EUA y *Concentraciones Máximas Admisibles* en Europa), que son las concentraciones pico o promedio que no deben ser excedidas en el lugar de trabajo durante un periodo de tiempo particular. Los tiempos usuales son 8 horas o 15 minutos, dependiendo de la rapidez con que ocurren los efectos en la salud.

Los NEO de 8 horas son concentraciones promedio durante este periodo de

tiempo. Un sistema de promedios denominado el *promedio ponderado en el tiempo* (TWA, siglas en inglés) simplifica los cálculos; una TWA de 8 horas es el promedio de cada concentración medida ponderada por el tiempo que duró durante el turno de trabajo. El TWA de 8 horas es adecuado para un turno normal de trabajo pero no proporciona suficiente protección para trabajadores que laboran horas extras o turnos más largos, especialmente para sustancias químicas como los disolventes orgánicos que son retenidos por el organismo. Algunas veces los efectos tóxicos pueden ocurrir con exposiciones cortas a altas concentraciones, independientemente del promedio total. En tales casos los *niveles de exposición a corto plazo* (STEL, siglas en inglés) o "niveles techo instantáneos" (CEILING, en inglés) son utilizados como concentraciones máximas absolutas que no deben ser excedidas bajo ninguna circunstancia.

Estos niveles de las normas son ampliamente discutidos y debatidos alrededor del mundo. Aunque cada país con frecuencia adapta estas normas a las condiciones locales, hay una fuerte tendencia en los países, a medida que se desarrollan, a adoptar un conjunto de normas internacionalmente consistentes. La Comunidad Europea armonizó las normas conflictivas de sus estados miembros para asegurar uniformidad y consistencia, tanto para la protección de los trabajadores como para prevenir ventajas económicas injustas para los países que no exigen empleos seguros.

El organismo más influyente en recomendar y promover estos niveles ha sido el Congreso Americano de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, siglas en inglés) el cual, a pesar de su nombre, es internacional y su membresía no tiene relación con el Congreso o el gobierno e incluye muchos profesionales en salud ocupacional que no son higienistas. El ACGIH, a pesar de sus comités, establece valores umbrales límites (TLV, siglas en inglés) que son niveles recomendados de exposición ocupacional, establecidos para la protección de todos o la mayoría de los trabajadores (exceptuando aquellos de susceptibilidad especial) y están basados en la mejor evidencia disponible en la literatura médica científica y de higiene. El ACGIH también establece *índices de exposición biológica* (IEB) que son pruebas especiales para detectar una sustancia química o sus metabolitos en la orina o aire expirado de un trabajador y puede ser usado conjuntamente con, o en lugar de una medición en el ambiente laboral. Los TLV son con frecuencia adoptados, sin cambios, por los gobiernos en el mundo como las bases para sus NEO.

A pesar de su prestigio y autoridad, el ACGIH ha sido muy criticado en el pasado por el establecimiento de los TLV sobre la base de evidencia inadecuada y por estar influidos por aspectos económicos. En particular, ha sido acusado de permitir un conflicto de intereses por tener representantes de la industria en sus

comités de TLV. Sus IEB también han sido criticados por sus esfuerzos para convertir al trabajador en un “conejo de indias” y culparlo de la exposición, más que para controlar la exposición en el ambiente laboral. El ACGIH puede ser defendido sobre la base de que sus recomendaciones toman en consideración lo que era práctico en el momento y que cualquier esfuerzo para establecer normas sin la participación de la industria pudiera estar destinado al fracaso. Los IEB son también altamente sensibles y protectores de la salud de los trabajadores ya que miden toda la exposición que el trabajador ha experimentado hasta el momento, y no lo que puede ocurrir en el área particular del local de trabajo donde se instaló un monitor.

La OIT y el PNUMA/RISQPT han publicado listas que comparan las normas en diferentes países. La OMS ha preparado los *Límites Máximos de Exposición Basados en la Salud* para una selección de sustancias químicas y produce en conjunto con la OIT y el PNUMA, una serie de *Criterios de Salud Ambiental* que son una guía sobre los niveles de exposición que pueden afectar la salud. La OMS trabaja en conjunto con la Asociación Internacional para la Energía Atómica y la Asociación para la Protección de la Radiación Industrial para producir guías de niveles seguros de exposición a varios peligros de radiación.

Ejercicios de estudio

Considere las diferencias entre problemas de salud relacionados con la industria (por ejemplo, ocupacionales y ambientales) en países desarrollados comparados con países en desarrollo. ¿Cómo estas diferencias influyen en los programas que deben ser desarrollados para manejar estos problemas? Considere el papel de los diferentes profesionales involucrados en evaluar y manejar la contaminación industrial.

Capítulo 11

LA SALUD GLOBAL Y LA RESPONSABILIDAD INTERNACIONAL

Objetivos de estudio:

Después de estudiar este capítulo usted será capaz de:

- Describir la relación entre la salud y el cambio ecológico global.
- Resumir la evidencia y las discusiones con respecto a estas amenazas a la salud global.
- Identificar los obstáculos para resolver estos problemas y ser capaz de formular estrategias que estimulen a las personas a pensar globalmente y actuar localmente.

11.1 Introducción

Vivimos en un tiempo de vertiginosos cambios de escala global. Muchos de estos cambios prometen un adelanto positivo en la calidad de vida y la cooperación internacional. Mejoras en la comunicación, la rápida expansión del comercio y las nuevas tecnologías que ahorran energía y recursos son simplemente algunos de los cambios que tienen un impacto global sobre la sociedad humana y pueden hacer un mundo futuro mejor que el actual. Sin embargo, no es probable que todo el desarrollo global sea positivo. Los *cambios ecológicos globales*, incluyendo problemas tales como el agotamiento del ozono estratosférico, el efecto invernadero, la deforestación y la desertificación, la pérdida de diversidad biológica, el transporte interregional de la contaminación y el agotamiento a gran escala de los recursos, han sido bastante tratados en las noticias. Las implicaciones de las tendencias ambientales para el clima, la vivienda humana y el abastecimiento alimentario sugieren un problema serio en lo adelante. A estos peligros ambientales, que son en su mayor parte debidos al desarrollo industrial o las presiones económicas sobre la agricultura, deben agregarse las consecuencias ambientales de la destrucción intencional debido a las guerras. La destrucción intencional

en busca de ventaja militar o política ha llegado a ser uno de los puntos importantes en el cambio ecológico global.

En el pasado, la mayoría de estos puntos eran obviamente relacionados a la salud pública y los efectos locales de la contaminación ambiental y se manejaban generalmente a un nivel local por las autoridades públicas de salud. En años recientes, sin embargo, el alcance de los problemas ambientales se ha ensanchado apreciablemente. Ya no hay una línea divisora clara entre problemas que solían ser considerados problemas de salud pública y aquellos que involucran cambios ecológicos a gran escala. La degradación del medio ambiente ha llegado a ser un problema global importante, abandonando sus dimensiones locales de salud pública y convirtiéndose en una amenaza seria, quizás incluso para la supervivencia humana. Este capítulo comienza por examinar la destrucción intencional que ocurre durante una contienda armada a causa de sus efectos destructivos propios y porque interfiere con la cooperación internacional y regional necesaria para resolver otros problemas.

El resumen general de la crisis ecológica global es claro: el rápido avance tecnológico en el mundo desarrollado introduce nuevos peligros potenciales en una sociedad en la que la degradación ambiental es históricamente severa pero bajo un control relativo. El rápido crecimiento de la población y el desarrollo industrial basado en su mayor parte en tecnologías obsoletas en el mundo en desarrollo acelera la ya existente degradación ambiental. Ésta es agravada por la pobreza, urbanización sin la infraestructura adecuada, políticas rurales de desarrollo que no fortalecen economías locales de mercado y una base económica limitada que es demasiado dependiente de los precios de mercado. El problema de la degradación ambiental ha llegado a ser global en tres sentidos distintos:

- Hay desbalance en el nivel de sistemas globales enteros, tales como el clima.
- La distribución de problemas ambientales familiares, tales como la contaminación del aire, ha llegado a ser mucho más generalizada y regionalizada hasta el punto que estos problemas ya se encuentran mundialmente distribuidos y no simplemente vinculados a las zonas de desarrollo y crecimiento urbano.
- Los sistemas económicos y políticos que operan para crear y mantener estos problemas (y que pudieran tener también la clave de algunas de las soluciones) han maximizado la posibilidad de que el mundo llegue rápidamente a ser una gran economía de mercado, más allá de la capacidad de los gobiernos para regularla con efectividad. Mucho de este cambio se enfrenta con aumentos drásticos en los niveles de consumo de recursos y mercancías y en un aumento en las expectativas de consumo entre las sociedades en desarrollo.

11.2 Consecuencias de la guerra en la salud

La actividad humana más destructiva es la guerra. Como anotaron Garfield y Neugut (1997) la expresión de los años 60 “la guerra no es saludable para los niños y el resto de las cosas vivientes” es tan subestimada que uno duda a la hora de definir qué tan mala es la guerra. La guerra no sólo es intencionalmente destructiva entre los lados comprometidos en la lucha, sino que cuando la conducción de la contienda moderna se emprende, el ambiente es otro afectado. La primera y más trágica consecuencia de la guerra son los daños directos, los soldados y civiles que mueren o se mutilan en la pelea, y sus familiares que deben tomar la carga sobre sus hombros. La Tabla 11.1, con todas las limitaciones e inexactitudes en la recopilación de datos de este tipo, indica que la tasa de mortalidad por guerras subió dramáticamente en el siglo XX. Esta es en su mayor parte atribuible a grandes aumentos en la mortalidad durante la primera y segunda guerras mundiales. Con anterioridad a la segunda guerra mundial, la mayor parte de las muertes relacionadas con la guerra ocurrieron más debido a enfermedades que a muertes en el campo de batalla.

Tabla 11.1 Promedio estimado de muertes militares anuales en guerras en el mundo por siglos.

Siglo	Promedio anual de muertes militares	Población en millones a mitad de siglo	Promedio anual de muertes militares por millón de habitantes
XVII	9500	500	19.0
XVIII	15 000	800	18.8
XIX	13 000	1200	10.8
XX	458 000	2500	183.2

Fuente: Levy y Sidel, 1997

La necesidad de apoyar el esfuerzo de guerra y el cuidado requerido por aquellos que son heridos pero sobreviven, coloca una carga sobre la sociedad que lleva adelante la lucha. La contienda moderna también golpea directamente a la capacidad económica y logística de la sociedad para hacer guerra, frecuentemente por la afectación al ambiente directamente. De hecho, Garfield y Neugut (1997) sugieren que las muertes civiles componen el 90% de todas las muertes en las guerras durante el siglo XX.

Un nuevo libro titulado *La Guerra y la Salud Pública*, editado por Levy y Sidel, 1997, documenta el impacto de la guerra sobre la salud pública y lo que los profesionales de la salud podrían hacer para impedir las guerras y minimizar sus

consecuencias. Con respecto a la guerra del Golfo, por ejemplo, algunos estudios han mostrado que la guerra y las sanciones comerciales ocasionaron un triplicamiento en la mortalidad entre niños iraquíes por debajo de cinco años de edad (Ascherio *et al.*, 1992). La idea de que por usar armas de alta precisión con blancos estratégicos las fuerzas aliadas producirían sólo daños limitados a la población civil demostró ser falsa, confirmando que los heridos de guerra todavía son muchos más que los ocasionados directamente por la contienda.

11.2.1 CONTIENDA CONVENCIONAL MODERNA

El propósito primario de la contienda moderna es derrotar o debilitar a la sociedad enemiga y los sistemas de apoyo con el propósito de controlar los recursos estratégicos frecuentemente para imponer o evitar la dominación política. Esto contrasta con la contienda en las sociedades tribales, donde las batallas tendieron a ser peleadas por ejércitos menores con fuerza limitada y la pelea se restringía a los soldados. A veces, tales batallas eran sólo rituales, dañaban sólo una fracción pequeña de la población y los perdedores se tomaban como rehenes para el rescate. Aunque hay muchos ejemplos en la historia de horribles guerras emprendidas con armas cruentas y que conducían a grandes sufrimientos, como la Guerra de los Cien Años en Europa, en su mayoría el daño que podía hacerse era limitado.

En el siglo XVIII el llamado arte de la guerra cambió y en tiempos de Napoleón las nuevas tácticas y artillerías habían aumentado grandemente el daño que un ejército podía ocasionar. Las estrategias de tierra arrasada para la destrucción intencional y generalizada fueron usadas por Rusia para detener a Napoleón y por el General Sherman contra los rebeldes en la guerra civil estadounidense. En tiempos de la primera guerra mundial, el mundo había tenido gran experiencia con este tipo de contienda que hacía a todos los civiles sus blancos. En tal tipo de contienda no dudaban en destruir el ambiente en aras de privar al otro lado de alimento y refugio, y apuntaban a desmenuzar la sociedad civil para desmoralizar y confundir el enemigo. El énfasis en la contienda moderna llegó a ser la destrucción de la economía y la sociedad civil, y no meramente la derrota de tropas y la destrucción de blancos militares.

Los desplazamientos de civiles por la contienda y su conversión en refugiados son frecuentemente parte de la estrategia del enemigo para ocupar el territorio conquistado ("limpieza étnica" fue el término empleado para esto en la antigua Yugoslavia). Los grandes movimientos de gente desposeída reflejan profundamente la tragedia humana, crean problemas de salud pública y servicios primarios de salud, y aumentan la superpoblación en los campos y comunidades que los reciben (ver Cuadro 11.1, aspectos para la gestión ambiental de salud en

campos de refugiados). Los hijos de refugiados pueden no recibir educación o servicios de salud y pueden crecer en una sociedad inestable, hostil y no familiar. Predar en busca de alimento y la quema de leña puede ocasionar daños ecológicos locales.

A pesar de lo trágicas que son las estrategias de tierra arrasada y los movimientos de refugiados, siempre que hay oportunidad, la gente reconstruye y lleva adelante sus vidas a la vez que la tierra generalmente se recupera. Sin embargo, después de una contienda química, biológica o nuclear, la tierra podría contaminarse durante generaciones. Estos actos de guerra, al menos, tienen un propósito militar que busca la derrota del enemigo. Los ejércitos envueltos en una contienda generalmente no tienen preocupación alguna de su impacto ambiental. En adición a esta gran destrucción intencional, la devastación arbitraria y la confusión que tienen lugar incidentalmente conducen a daños provenientes de la contaminación del aire y del agua, por la construcción de carreteras a través de ambientes frágiles y por el movimiento de tropas.

Cuadro 11.1

La gestión ambiental de salud en campos de refugiados o desplazados

La gente que es desplazada repentinamente por sucesos de guerra y forzada a emigrar comúnmente no es capaz de llevar sus pertenencias con ellos. Los refugiados son forzados a depender de la ayuda asistencial para suplir sus necesidades más básicas, tales como alimento, refugio, atención médica y agua. En la evaluación de las medidas públicas de salud que son apropiadas, los funcionarios en los campos de refugiados o personas desplazadas deben considerar lo siguiente: los tipos de refugios desmontables a ser usados, el ambiente físico, el perfil demográfico de la gente en el campo, y el alcance y tipo de las enfermedades que circulen en la población. La meta de las medidas de salud pública resultantes deberán ser primeramente impedir la ocurrencia y la diseminación de las enfermedades favorecidas por esta situación. El proceso de identificar necesidades y establecer prioridades requiere una evaluación inmediata de la salud de la población y de su estado nutricional, así como también una evaluación rápida de las condiciones del alojamiento disponible. Se deberá establecer un sistema de monitoreo para evaluar la eficacia de las medidas y para asegurar la detección oportuna de nuevos riesgos. Las medidas ambientales de salud incluyen:

La selección del sitio y alojamiento:

- El sitio deberá seleccionarse según las instalaciones necesarias para proveer condiciones higiénicas y saludables. Las áreas de inundación y los focos naturales de infección deben evitarse.

continúa...

- El sitio del alojamiento deberá contar con una protección adecuada contra condiciones inclementes.
- Deberá evitarse el hacinamiento.

Abastecimiento de agua:

- Asegurarse de que la cantidad y la calidad del agua son las adecuadas (considerar la disponibilidad de medios para la purificación del agua y las instalaciones para cocinar), y proteger de la contaminación las fuentes de abastecimiento de agua e instalaciones.

Disposición de residuos:

- Construir instalaciones para el aseo personal y sistemas de disposición de excretas según el tiempo planificado de estadía.
- Proveer drenajes y disposición adecuada para las aguas residuales, recolección y eliminación de residuos sólidos, e incineración de residuos médicos.

Alimentos saludables e higiene de los alimentos:

- Distribuir alimentos secos y conservados. Preparar los alimentos individualmente. Poner las despensas (si éstas existen) y las instalaciones de alimentación comunitaria bajo vigilancia sanitaria y dar cursos de preparación higiénica de los alimentos.

Control de los insectos y roedores:

- Los controles deben ser basados en la profilaxis.

Además, deben hacerse provisiones para la inmunización de niños, educación para la salud, tratamiento de pacientes, abastecimiento de medicinas, personal médico y un plan de salud, incluyendo un sistema para referir pacientes a instalaciones de internamiento.

Provista por Krunoslav Capak, Institución Nacional Croata de Salud Pública.

11.2.2 CONTIENDA QUÍMICA

La contienda química, introducida a gran escala en la primera guerra mundial, involucra la dispersión controlada de tóxicos químicos, comúnmente toxinas nerviosas o agentes intensamente irritantes. Cuando son usados en el campo, estos venenos son indiscriminados en sus acciones y pueden afectar a civiles o tropas de ambos lados, así como también la fauna silvestre y animales domésticos. Estos agentes pueden ocasionar un daño local considerable y pueden destruir aldeas enteras. Como consecuencia, ellas se consideran frecuentemente armas de terror e intimidación de la población civil más que medidas militares reales. Los agentes que se han usado en años recientes no parecen ser muy persistentes en el ambiente, quizás porque las fuerzas armadas que los usan saben que ellos pueden tener que entrar y ocupar la misma área luego. El almacenamiento

de las sustancias químicas usadas en las contiendas químicas ha creado a veces peligro, particularmente cuando después de muchos años los recipientes comienzan a desintegrarse. Aunque las armas químicas se hayan proscritas desde 1899 por un acuerdo internacional conocido como la *Declaración de la Haya*, hay muchos ejemplos documentados de su uso y otros muchos incidentes sospechosos en los que la demostración absoluta no ha sido posible.

11.2.3 CONTIENDA BIOLÓGICA

La contienda biológica, que es aún más difícil de controlar, involucra la dispersión controlada de patógenos tales como virus y bacterias. Las pocas veces que se ha usado, ha habido brotes limitados de enfermedades que involucran a residentes locales y a la fauna silvestre. Los efectos de las armas biológicas son a corto plazo e impredecibles, pero algunos agentes, tales como el ántrax, tienen potencialidad para persistir en el ambiente y causar infección mucho tiempo después. Debido a que estas armas se desempeñan pobremente en el campo de batalla y son poco confiables contra civiles, la contienda biológica ha sido usada sólo rara vez, aunque ha sido muy frecuentemente alegada. En años recientes, el interés mundial sobre armas biológicas se ha enfocado principalmente en la prueba y desarrollo de estas armas y el uso de agentes biológicos durante estudios en el ambiente para desarrollar medidas de protección. Estas armas han sido proscritas por el Protocolo de Ginebra desde 1925. Este protocolo fue fortalecido por una Convención en 1972, a la cual se suscribieron 100 países.

11.2.4 CONTIENDA NUCLEAR

La fase definitiva de la contienda ecológica es, por supuesto, la guerra nuclear, donde el blanco es la gente y la región. El poder destructivo masivo de las armas nucleares condujo a un *impasse* que dominó la última mitad del pasado siglo XX: ambos lados retuvieron tal poder que cualquier intento por el otro lado de usar armas nucleares aseguraba su destrucción mutua. Este clima de temor garantizaba que ningún lado usaría estas armas, una base aterrizante para la paz pero, para muchos, muy efectiva. Desde el desplome de la Unión Soviética, hay poca perspectiva inmediata de guerra nuclear total, pero la proliferación de armas nucleares en otros países trae consigo el grave riesgo de que puedan ser usadas en conflictos regionales. De haber un conflicto nuclear masivo, la devastación regional que traería sería inconcebible: muerte súbita, incendios, destrucción masiva y muerte lenta por enfermedades vinculadas a la radiación para aquellos sobrevivientes de la periferia. Sin embargo, esto sería sólo parte del impacto. La liberación de radiación, que puede potencialmente ser llevada muchas millas por el viento y el agua, la destrucción y contaminación de las fuentes de abastecimiento

alimentario, escasez de servicios y suministros médicos y, la mayor susceptibilidad a la infección de los supervivientes malnutridos e irradiados resultaría en afectaciones masivas más allá de la zona inicial de explosión. Es también probable que un intercambio masivo de explosiones atómicas lanzaría enormes cantidades de polvo a la atmósfera, creando nubes de polvo que bloquearían la luz del sol causando un prolongado enfriamiento de la superficie de la tierra conocido como invierno nuclear (Robock, 1991).

La producción y prueba de armas nucleares continúa siendo una amenaza de liberación accidental de radiación y de contaminación local. Los emplazamientos de varias plantas de armas nucleares reportan estar seriamente contaminados y núclidos radioactivos han sido detectados en aguas subterráneas río abajo en por lo menos una planta de los Estados Unidos, aunque los detalles son comúnmente secretos militares. Los campos de prueba en el Pacífico Sur mantenidos por los Estados Unidos después de la segunda guerra mundial han mostrado niveles altos de contaminación por radiación residual y de núclidos radiactivos décadas después de la prueba, lo que no es sorprendente considerando la vida media de desvanecimiento de algunos productos de uranio y plutonio. La liberación en la atmósfera, en pruebas a gran altura sobre el suelo era una seria preocupación y también la aereación desde pruebas subterráneas. Se documentó que niveles bajos de radionúclidos tales como Estroncio-90 emigraron con vientos predominantes desde los campos de prueba utilizados en el decenio de 1950 y el decenio de 1960, antes de que los tratados bilaterales de prohibición de pruebas se negociaran entre los Estados Unidos y la entonces Unión Soviética. En la complicada situación mundial actual, hay más interés sobre la dispersión accidental por almacenamientos deficientes o el manejo de accidentes que involucren armas nucleares.

11.2.5 CONTIENDA DE GUERRILLAS, TERRORISMO Y DESTRUCCIÓN AMBIENTAL DELIBERADA

En siglo XX ha habido un número de conflictos regionales que han involucrado contienda de guerrillas donde, de un lado, se evita un enfrentamiento directo con el enemigo y se realizan en su lugar ataques periódicamente y sin advertir, frecuentemente emboscadas, buscando escapar en las inmediaciones antes que una represalia efectiva pueda lanzarse. La contienda de guerrilla es emprendida comúnmente por una más débil y pobremente armada fuerza indígena contra un ocupante o poder dominante con recursos militares convencionales. Esta forma de contienda rápidamente aumenta la destrucción ambiental porque la fuerza dominante encuentra difícil comprometer a las fuerzas insurreccionales en un combate directo y por tanto responde con la destrucción de las aldeas y campos donde las fuerzas insurreccionales se esconden y son apoyadas. Desde luego, la

destrucción del medio ambiente es frecuentemente una estrategia militar para infligir daño sobre el otro lado en una guerra de guerrillas. En particular, las fuerzas dominantes han rociado bosques tropicales con herbicidas, quemado la vegetación, y empleado el bombardeo de grandes áreas (dejando cráteres y muchas bombas sin explotar) además de que ambos lados plantan usualmente minas terrestres. El resultado es la devastación de bosques en crecimiento y la creación de peligros mortales que duran más allá de la paz o un alto al fuego. En muchas áreas del mundo de hoy las minas terrestres enterradas son un peligro serio, particularmente para la gente que trabaja en la agricultura. Se cree que hay 100 millones de minas terrestres plantadas en 64 países. Más de 26,000 personas, en su mayoría civiles, son muertos o heridos por estos artefactos cada año (Stover *et al.*, 1997).

El terrorismo es una preocupación cada vez más seria de la comunidad mundial. El impacto en la salud pública del terrorismo es relativamente pequeño, en el sentido que los ataques terroristas crean sólo un número pequeño de muertes comparado con el mucho mayor número de muertes y casos de incapacidad ocasionados por las formas más tradicionales. El terrorismo actúa para crear un clima de temor y depende de un estado colectivo de inquietud para lograr sus fines. Sin embargo, hay ejemplos de que el terrorismo puede llegar a ser una amenaza más directa a la salud. El ataque terrorista de 1995 en el metro de Tokio, usando el gas sarín, ocasionó más de una docena de muertes y alrededor de mil heridos, convirtiéndolo en uno de los más devastadores de estos hechos de que se tenga noticia. La creciente sofisticación de los terroristas en explosivos y agentes químicos, y el acceso potencial de los mismos a armas biológicas o nucleares, plantea preocupaciones sobre el futuro. El temor creado por la amenaza de ataque acentúa el estrés e interfiere con el funcionamiento normal de la sociedad civil, provocando, a veces, una reacción política que restringe los derechos humanos.

En años recientes, un nuevo tipo de destrucción ambiental ha surgido sin ningún propósito militar evidente. Esta es la práctica del vandalismo ecológico, donde un combatiente, comúnmente del lado perdedor, crea destrucción ecológica generalizada como un acto de revancha. El ejemplo más cercano de esto son los incendios de campos petroleros por tropas iraquíes en Kuwait durante su derrota en la guerra del Golfo. Las enormes nubes de humo crearon una gran contaminación del aire y tomó muchas semanas ponerla bajo control.

11.3 Agotamiento de ozono e irradiación ultravioleta

En la estratosfera, la capa superior relativamente densa de la atmósfera, las moléculas de ozono tienden a acumularse debido a la acción de la radiación

ultravioleta (UV) sobre las moléculas de oxígeno. La energía cuántica en la radiación UV desorganiza la molécula de oxígeno, convirtiéndola en ozono (O_3). El ozono se ha acumulado a través del tiempo en la estratosfera, donde tiende a absorber la radiación UV y actúa como una pantalla parcial que protege la superficie de la tierra de niveles más altos de exposición. La reducción de la concentración de ozono en la estratosfera reduce la absorción de radiación UV y permite que ésta penetre más. El agotamiento del ozono, por lo tanto, aumenta la exposición a la radiación UV en la superficie de la tierra. (Existen muchas publicaciones excelentes sobre este tema, ver por ejemplo, Mungall y McLaren eds., 1990; WHO, 1990b; Chivian *et al.*, 1993; McMichael, 1993; McMichael *et al.*, 1996; UNEP, 2000.)

11.3.1 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

La radiación UV poseen gran energía y ocasiona daños al tejido de los seres humanos y animales (ver Sección 2.4.4). Hay tres tipos (fracciones) de radiación UV, que difieren en la longitud de onda (ver Figura 11.1). Las radiaciones UV-C, con la longitud de onda más corta, contienen la mayor cantidad de energía pero son casi completamente absorbidas por la atmósfera superior y por tanto no alcanzan la superficie de la tierra. La UV-C no será tratada más profundamente. El ozono en la estratosfera, particularmente, absorbe la radiación UV en el rango completo de las UV-C (200-290 nm) y una gran proporción en el rango de las UV-B (290-320 nm). Esto sirve como un escudo, reduciendo la exposición de la superficie de la tierra por debajo de la capa de ozono. Las UV-A contienen relativamente menor energía (mayor longitud de onda) y son las menos nocivas. La UV-B contiene algo más de energía y ocasiona daño a la piel y quemaduras a las personas de piel sensible.

11.3.2 AGOTAMIENTO DE OZONO

El agotamiento del ozono estratosférico no debe confundirse con la acumulación del ozono troposférico (la capa más baja de la atmósfera). Aunque es la misma molécula, el ozono actúa en maneras diferentes a alturas diferentes. El ozono es un contaminante del aire en la troposfera baja (donde vive el hombre) y un gas con efecto de invernadero a lo largo de ésta, pero en la estratosfera provee un escudo protector vital contra la potencialmente letal irradiación UV-B. El ozono estratosférico es regenerado por la división y recombinación del oxígeno cuando absorbe la energía de la radiación UV (un proceso llamado fotólisis). El ozono estratosférico es sólo pobremente afectado por la migración de ozono troposférico hacia arriba en la estratosfera.

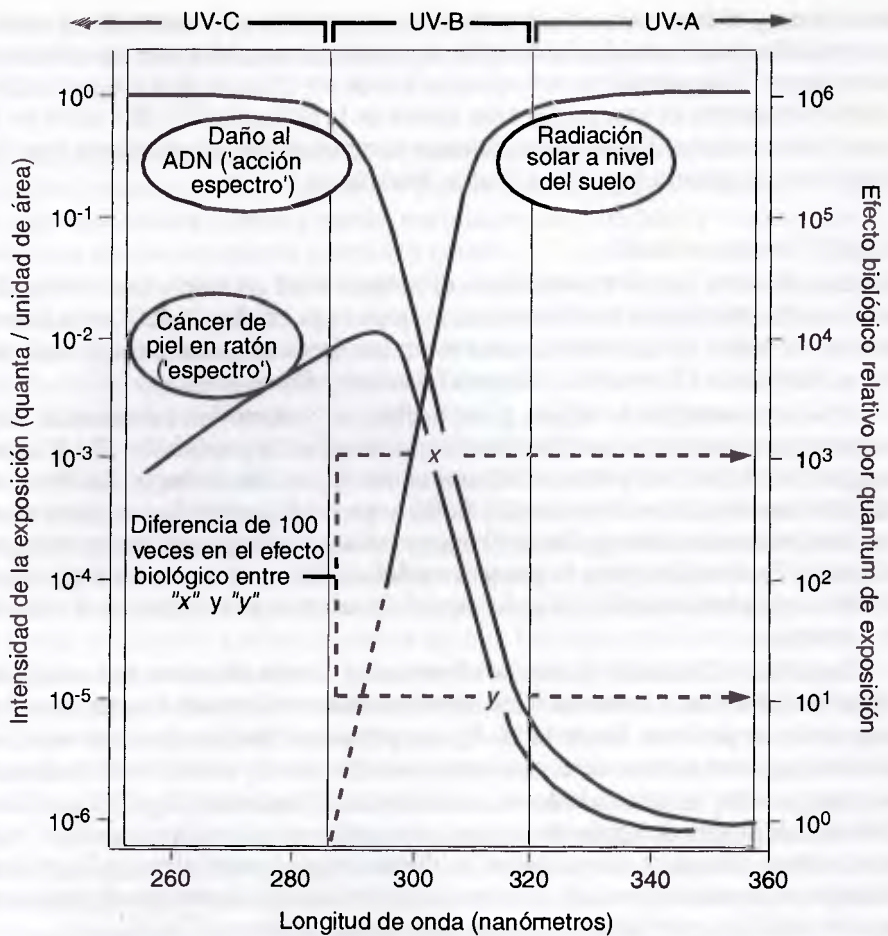


Figura 11.1 Composición de la longitud de onda de la radiación ultravioleta solar sobre la superficie de la tierra y sus efectos biológicos relativos.
(Fuente: reimpresión de McMichael, 1993.)

La irradiación UV al nivel de la superficie terrestre es fácil de medir en un punto único en el tiempo pero las tendencias son difíciles de interpretar. Una atenuación de radiación UV puede ocurrir debido a polvo en la atmósfera, por lo tanto en una ubicación cualquiera puede haber variabilidad considerable en las medidas de un momento a otro y de un año a otro. La acumulación de dióxido

de carbono y el incremento de la capa de nubes tienden a contrarrestar el agotamiento del ozono, introduciendo otro conjunto de variables que se entienden pobremente. El agotamiento del ozono no puede ser el único factor significativo a tomar en cuenta en una proyección futura de la radiación UV-B a nivel de la superficie terrestre. Todos estos factores complican las proyecciones que los científicos hacen con respecto a futuras tendencias.

11.3.3 SITUACIÓN ACTUAL

A pesar de estos problemas técnicos el modelo total es claro. Los niveles de ozono en la estratosfera disminuyen en los polos y la irradiación UV en la superficie de la tierra parece incrementarse en las áreas situadas bajo la capa de ozono debilitada (Jones *et al.*, National Academy Press, 1992).

Esta interpretación se adapta a los hechos tal y como los conocemos. Hay sugerencias iniciales de una disminución uniforme en la irradiación UV-B sobre la superficie terrestre a partir de lecturas en los Alpes. Sin embargo, las áreas de máximo incremento están sobre los polos y particularmente los océanos en el sur, donde la reducción regular en el ozono estratosférico parece haber sido más marcada. Es de esperar que la primera evidencia de aumentos realmente considerables en la radiación UV-B en la superficie se verán en Australia y el cono de Sudamérica.

Desde hace 20 años se ha estado observando la capa de ozono estratosférico sobre la Antártida. Observaciones repetidas han confirmado la atenuación y anunciado su proceso. Entre 1956-76, los primeros 20 años de observaciones desde el espacio, la capa de ozono estuvo estable; desde entonces ha declinado su espesor sobre la Antártida desde alrededor de 300 a entre 125 y 200 unidades Dobson (unidades de concentración en una columna atmosférica vertical bajo condiciones estándar). La causa es la liberación en la atmósfera, y la gradual difusión en la estratósfera, de sustancias químicas que destruyen el ozono por acción catalítica, particularmente los clorofluorocarbonos (CFC).

Los CFC liberan cloro por fotólisis en la atmósfera; este cloro libre reacciona de forma reiterada con el ozono y lo destruye. Una molécula de CFC puede destruir hasta 10 000 moléculas de ozono. La dispersión de CFC en la atmósfera ocurre mediante la actividad industrial, escapes, o el retiro de las viejas unidades de aire acondicionado y refrigeración, así como también por el uso de aerosoles que son utilizados en compuestos como propulsores. Se han hecho progresos considerables para contener la generación y liberación de clorofluorocarbonos a nivel nacional con el Protocolo de Montreal, un tratado internacional que llama a reducciones en la producción y emisiones de CFC. Sin embargo, dado el tiempo de vida media de los clorofluorocarbonos (75 años o más), se

espera que las emisiones ya liberadas persistan en su actividad destructiva del ozono a niveles importantes hasta el siglo XXII (National Academy of Sciences, 1992).

11.3.4 EFECTOS EN LA SALUD HUMANA DEBIDAS AL AGOTAMIENTO DEL OZONO

Intracelularmente, la absorción de UV resulta en la ruptura de enlaces covalentes en macromoléculas críticas y puede, eventualmente, conducir a carcinogénesis, a acelerar el envejecimiento y producir cataratas. Aquellos con mayor riesgo de sufrir los efectos directos de la exposición de UV sobre la piel son las personas de piel clara, más sensibles, quienes sufren quemaduras del sol fácilmente. Los efectos en la salud humana del aumento de la irradiación de UV debido al agotamiento del ozono incluyen incremento del riesgo de contraer cáncer de piel (aparte del melanoma), principalmente carcinoma de células escamosas, y queratitis actínica, una condición premaligna, melanoma maligno, cataratas, degeneración de la retina, y posiblemente disminución de la capacidad de las respuestas inmunológicas (WHO, 1994; Jones, 1987; Rundel *et al.*, 1983). Comparativamente menores, los efectos cosméticos pueden incluir aceleración del proceso de envejecimiento de la piel. También se espera un probable incremento de la frecuencia de *pterygium*, esto es crecimiento de pequeñas cuñas de tejido fibroso desde la esclerótica sobre la cornea del ojo. De estas condiciones, los efectos sobre el sistema inmunológico y la propensión para inducir cáncer de piel son potencialmente los más severos (Morrison, 1989; Moan *et al.*, 1989). La Figura 11.2 muestra una estimación del porcentaje de aumento en el cáncer de la piel durante 1979-1993 y el porcentaje de agotamiento de ozono durante ese período.

El uso de ropa protectora, las lociones o cremas antisolares y los espejuelos (tanto oscuros como claros) pudieran disminuir el riesgo de exposición individual a la luz UV, como también lo haría un cambio en las costumbres de tomar baños de sol y de recreación en el exterior. Las medidas tomadas por las personas para protegerse a sí mismas contra niveles más altos de radiación UV son probablemente mucho menos efectivas. Las lociones o cremas antisolares comerciales pueden ser efectivas contra quemaduras de sol inducidas por UV si tienen un factor de protección contra el sol suficientemente alto para el período de exposición, pero su eficacia contra el cáncer inducido por UV no está probada. Otras medidas incluyen ropa oscura o reflexiva, quitasoles, gafas verdaderamente protectoras contra el sol y sombreros. Serán más difíciles de asegurar aumentos de áreas de sombra en áreas rurales deforestadas o en comunidades con poca agua.

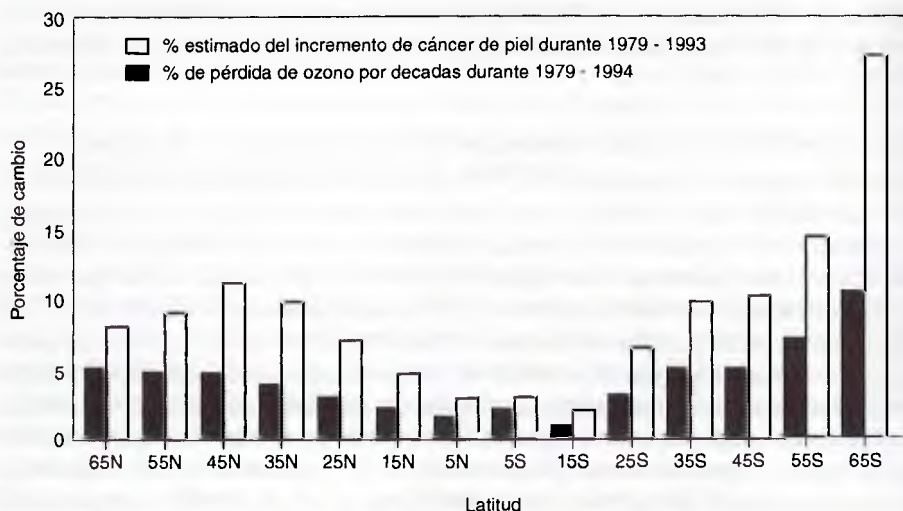


Figura 11.2 Relación estimada entre aumentos en el agotamiento del ozono estratosférico e inducción de cáncer por latitud.
(Fuente: reimpresión de McMichael *et al.*, 1996.)

11.4 Cambios del clima y efecto invernadero

Probablemente ocurran cambios globales en el clima como resultado de cambios en el balance de calor tomado y retenido por el planeta. Un aumento en el calor puede conducir a un calentamiento global y condiciones caóticas del tiempo, a la vez que una disminución en el calor puede conducir a enfriamientos, inviernos más largos y un aumento en el agua atrapada en los casquetes polares. La actividad humana, reflejada en primer lugar por cambios en la industria y la agricultura, ocasiona un aumento en la cantidad de calor retenida por el planeta. Esto conduce a un calentamiento promedio de la superficie terrestre pero con un gran componente de variación local, lo que hace difícil predecir los cambios en áreas regionales o locales. Cambios en el clima de la magnitud que se predice pueden conducir a muchos problemas de salud relacionados con el estrés por calor, desastres naturales ocasionados por eventos climáticos extremos, cambios en la distribución de vectores ocasionando enfermedades humanas y animales, nuevos patrones en enfermedades infecciosas, incertidumbre en las cosechas, escasez de alimentos locales e inundaciones. Muchos de los problemas de salud relacionados probablemente serán ocasionados de forma indirecta, debidos a las consecuencias sociales y económicas de estos efectos (McMichael *et al.*, 1996;

Leaf, 1989; Mungall y McLaren, 1990; Chivian *et al.*, 1993; UNEP, 2000). El *Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos* (IPCC), que representa el consenso de la comunidad científica internacional (WRI, 1998) ha estimado que, con el patrón actual de emisiones, es probable para el año 2100 un incremento de la temperatura media mundial de entre 1°C y 3.5 °C, y una elevación del nivel del mar de 15 a 19 centímetros (IPCC, 1996). Los efectos pudieran ser devastadores.

11.4.2 EL EFECTO INVERNADERO

El efecto de invernadero es el término usado para describir cómo la atmósfera de la tierra actúa como los paneles de cristal en un invernadero donde las plantas crecen (ver la Figura 11.3). El dióxido de carbono, el vapor de agua y los otros gases en la atmósfera actúan como el cristal en el invernadero. El cristal en la ventana es transparente a la radiación infrarroja de la luz del sol, por lo tanto ésta pasa y calienta las plantas y el interior del invernadero. Sin embargo, el cristal también aísla el invernadero, atrapando el calor que se crea cuando la radiación infrarroja es absorbida. De la misma manera, la radiación infrarroja del sol pasa a través de la atmósfera de la tierra, pero el dióxido de carbono y algunos otros gases en la atmósfera tienden a aislar la tierra, atrapando calor en

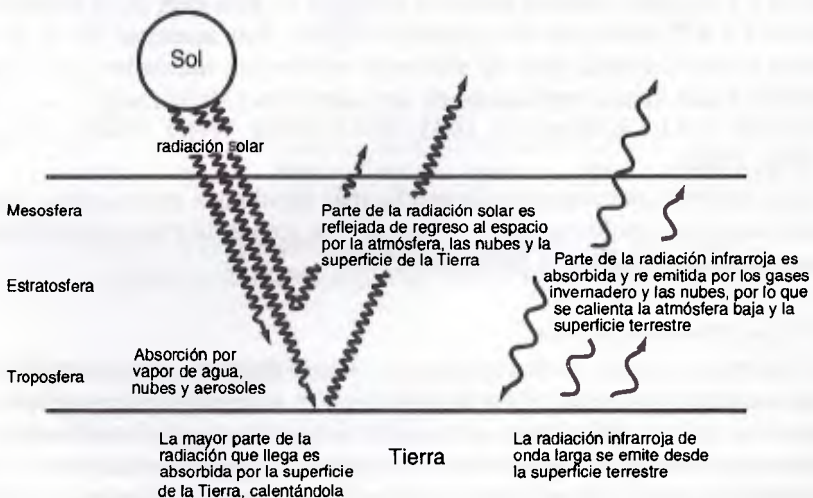


Figura 11.3 Representación diagramática del efecto invernadero.
(Fuente: reimpresión de McMichael *et al.*, 1996.)

la misma. El efecto de invernadero normalmente contribuye a la estabilidad de la temperatura mundial y mantiene la biosfera dentro de un rango de temperatura conducente a la vida. La tierra absorbería una cierta cantidad de calor y perdería la misma cantidad por la radiación; sin embargo, el vapor de agua y el dióxido de carbono en la atmósfera mantienen la temperatura promedio más alta que lo que de otra manera habría sido.

Hasta recientemente se decía que el promedio de calor en la tierra estaba balanceado, es decir su temperatura promedio permanecía estable. Sin embargo, en el último siglo y en particular en los años más recientes, ha habido una acumulación de gases en la atmósfera que ha trastornado este balance. Ciertos gases atmosféricos atrapan demasiado calor de la radiación infrarroja, de ahí las alzas globales de temperatura. La acentuación de origen antropogénico del efecto de invernadero natural de la atmósfera terrestre y el resultante "calentamiento global" puede ocasionar cambios en el clima regional y los patrones climáticos. La acumulación de los gases de invernadero parece haber elevado la temperatura global promedio en un estimado de uno y medio a un grado Celsio desde 1880 a 1990. Estos cambios en la temperatura promedio han ocurrido más rápidamente en la década de los años 90 que en cualquier período anterior. Una tendencia al calentamiento ha sido evidente desde 1980, y 1988 fue el año más cálido jamás registrado hasta este momento. Alzas de varios grados más se predicen en el siglo XXI. De hecho, algunos expertos predicen un alza total de la temperatura global de 3 a 4 °C grados en los próximos 50 años. Este aumento puede parecer pequeño a escala global, pero el promedio enmascara marcados extremos de temperatura que tienen implicaciones considerables (McMichael *et al.*, 1996; McMichael, 1993; Chivian *et al.*, 1993; WHO, 1992a; WHO, 1990b; Mungall y McLaren, 1990).

Estos cambios están ocurriendo mucho más rápido que nunca antes, incluso considerando los rápidos períodos de cambio en etapas de transición al final de las eras glaciales (Mungall y McLaren, 1990).

11.4.3 CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global probablemente producirá agudizaciones en las tendencias existentes en el clima y hará las condiciones extremas del mismo más frecuentes. No hay un pronóstico simple con respecto a qué efecto tendrán los cambios atmosféricos sobre el clima, excepto que no habrá una uniforme y estable tendencia ascendente en la temperatura. Ningún patrón climático predominará o envolverá el planeta.

Los pronósticos regionales sobre la temperatura promedio son mucho más difíciles que los pronósticos globales y son distorsionados por muchos factores

locales como el contorno terrestre, el predominio de los patrones del clima (que pueden desorganizarse) y la proximidad al océano. Es probable que el alza en la temperatura promedio sea menor en el ecuador y en latitudes altas, y más grande en las latitudes medias. Los inviernos podrían ser más fríos allí y los veranos apreciablemente más cálidos que en la actualidad (Hansen *et al.*, 1989; WHO, 1990b; WHO, 1992a). La Figura 11.4 muestra cómo se ha incrementado la temperatura promedio durante los últimos 140 años.

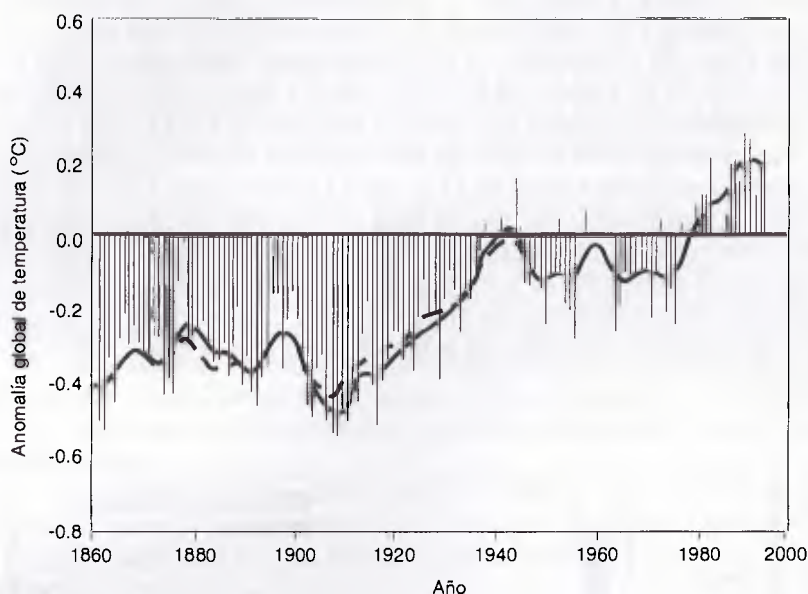


Figura 11.4 Temperaturas combinadas de mar y tierra 1861-1994.
(Reimpresa de McMichael *et al.*, 1996. Fuente: IPCC, 1992.)

11.4.4 EFECTOS DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

Los cambios en el clima de la magnitud que se anticipa, probablemente conduzcan a resultados importantes: problemas de la salud relacionados al estrés por calor, desastres naturales, cambios en la distribución de vectores y por consiguiente en los patrones de las enfermedades infecciosas, cosechas inconfiables e inundaciones (McMichael *et al.*, 1996). Sin embargo, es probable que muchos de los problemas de salud sean indirectos. A diferencia de anteriores períodos de rápido cambio en el clima, el género humano es ahora dependiente de un intrin-

cado sistema de agricultura, comercio y comunicación que amenaza ser desorganizado. La desorganización social conducente a comportamientos violentos también pueden ser un factor en situaciones de escasez alimentaria o prolongado estrés por calor. El comportamiento violento, como se ha demostrado, aumenta su frecuencia en el tiempo más cálido, trayendo la posibilidad de aumentos en los incidentes y perturbaciones civiles (Chivian *et al.*, 1993; Last, 1992).

En las ciudades más importantes del mundo podría haber aumentado el número de días muy calientes cada año, y las olas de calor podrían durar más. El efecto de esto sobre la mortalidad es probablemente difuso, afectando todas las causas de muerte y no simplemente las cardiovasculares. Una estimación del probable efecto de un aumento en las temperaturas veraniegas de sólo 2 °C se puede derivar de un estudio de vigilancia de las muertes relacionadas con el calor en ciudades importantes del estado de Missouri de 1979 a 1987. En julio de 1980, una prolongada ola de calor de esta magnitud ocurrió; la temperatura excedió el máximo diario normal de 31 °C por 21 días y superó los 38 °C en varias ocasiones. Aproximadamente uno de cada 4000 residentes desarrolló un golpe de calor y uno de cada 1400 desarrolló una enfermedad relacionada con el calor que era mortal o requería de hospitalización. Un exceso de aproximadamente 300 muertes relacionadas con las condiciones de calor se observó, algo menos de la mitad debido a síndromes de golpes de calor (Jones *et al.*, 1982). (Ver Figura 11.5.)

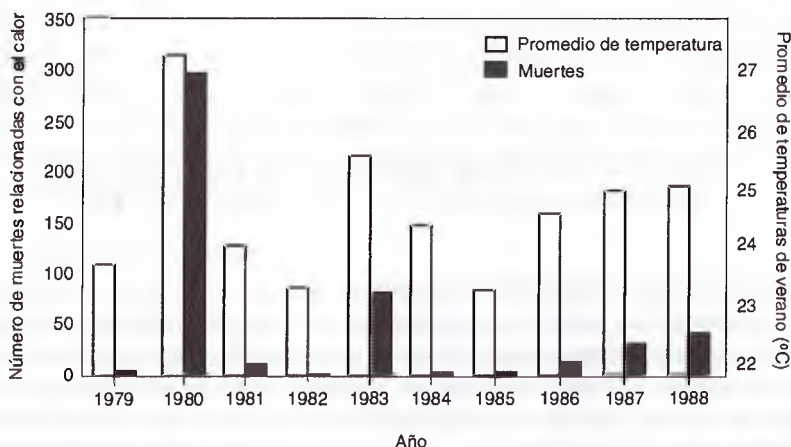


Figura 11.5. Fluctuaciones anuales en la temperatura estival promedio y salud relacionada al calor en Missouri, EUA, 1979-88. (Reimpresa de McMichael, 1993.)

El calentamiento global puede desorganizar las corrientes oceánicas y establecer corrientes anómalas de aire, comparable a los alisios y la corriente de chorro. Así como también puede ocasionar sequías más prolongadas, también puede aumentar la frecuencia de precipitación severa, especialmente en los trópicos. El resultado puede ser aumentar la frecuencia y severidad de perturbaciones violentas (eventos extremos) del clima tales como huracanes, tornados, tifones, inundaciones, ventiscas y sequías. En 1988, América del Norte experimentó una sequía importante asociada con el año previo de El Niño, que es una corriente periódica del océano en el sudeste del Pacífico. El área de presión alta desplazó la corriente de chorro (una corriente en la atmósfera) hacia el norte, y desvió los sistemas de lluvia lejos de su región usual de precipitación. No está claro si este episodio estuvo influido por una tendencia global al calentamiento. Las condiciones que se establecieron, sin embargo, eran muy parecidas a las que ocurrirían con el aumento de las temperaturas en el océano (Schneider, 1987; Mungall y McLaren, 1990).

La agricultura puede ser afectada significativamente. Una combinación de efectos del calentamiento global podría conducir a escasez de alimentos. Aunque los efectos negativos de los aumentos de la temperatura sobre la aridez y la productividad de las cosechas deben contraponerse al incremento en los rendimientos predichos en diversas cosechas como resultado del aumento en la disponibilidad de dióxido de carbono. Un efecto impredecible del cambio de clima es que puede tener sobre la ampliación territorial de la distribución de las plagas que afectan el rendimiento de las cosechas y el efecto subsiguiente sobre la calidad de los alimentos.

El calentamiento global pudiera ocasionar (para un escenario extremo) una elevación de hasta un metro sobre el nivel del mar en los próximos 50-100 años. Las mareas exageradas pueden amenazar zonas urbanas bajas y costeras. Muchas ciudades y grandes asentamientos están contruidos en zonas bajas y áreas costeras, comúnmente por razones históricas relacionadas al acceso marítimo. Los ejemplos incluyen a Shanghai, Londres, Bangkok, Nueva York, Vancouver, Río de Janeiro, Bombay, San Petersburgo, Dar es Salaam, Nueva Orleans, casi todo Bangladesh, y la mayoría de los Países Bajos. Estos centros poblacionales enfrentan una importante amenaza de inundación debido al calentamiento global (Chivian *et al.*, 1993; Last, 1992).

El clima, mediante su impacto sobre la temperatura y geoquímica de los océanos del mundo, puede alterar relaciones funcionales dentro de las cadenas alimentarias marinas. Así, hay evidencia creciente de eutroficación costera y alteraciones de la biomasa del fitoplancton y de la dominancia de especies, con incremento de intoxicaciones por toxinas biológicas a partir del consumo de es-

pecies tóxicas de peces o crustáceos, capaces de ocasionar síntomas tales como parálisis, diarreas, amnesia, así como también ciguatera y otras, todas relacionadas a biotoxinas de las algas, las que parecen estar esparciéndose en una epidemia global evidente del florecimiento de algas costeras (Anderson 1992; Smayda y Shimizu 1993). Estos efectos, conjuntamente con los ambientes cambiantes, tienen consecuencias directas para la alimentación y salud humana (Rapport 1995a, 1995b, 1997). (Ver Cuadro 11.2.)

Cuadro 11.2
Enfermedades emergentes posiblemente relacionadas a
cambios en el ambiente marino

Los ambientes marinos costeros están siendo alterados como resultado de la carga excesiva de desperdicios y nutrientes, así como también por la reestructuración física (p. ej., utilización de tierras anegadas, construcción de puertos), sobrecapturas de peces, y otras presiones. Estos cambios, en conjunción con alzas locales en las temperaturas de mar han conducido al surgimiento de nuevas enfermedades y el resurgimiento de viejas. Unos pocos ejemplos son ilustrativos de cambios durante la pasada década:

- *La emergencia de *Pfiesteria piscida*: el "depredador emboscado"*
Esta especie es responsable de la mayor mortalidad de peces en aguas de Carolina del Norte y en la costa de la Florida.
- *La asociación de brotes periódicos de vibrios con el florecimiento de las algas*
En Asia ha habido, durante mucho tiempo, una asociación entre la aparición estacional del cólera y los florecimientos anuales de algas, zooplancton y plantas marinas en aguas costeras. Recientemente fue descubierta una forma no cultivable de *Vibrio cholerae* en una amplia gama de vida marina. En condiciones desventajosas, el *V. cholerae* asume formas esporuladas inmóviles; con alimentación suficiente, pH y temperatura apropiados, las bacterias revierten fácilmente al estado transmisible e infeccioso. El *V. cholerae* y el *V. vulnificus* están presentes en aguas costeras de EUA. Lo anterior se asocia con una tasa de 67% de muertes entre los enfermos con enfermedad hepática pre-existente.
- *Aumento en la prevalencia de enfermedades bacteriológicas y virales*
Las enfermedades virales y bacteriológicas provenientes del ambiente marino están aumentando. La hepatitis A, y enfermedades bacteriológicas como las infecciones por *Salmonella* y *Campylobacter*, continúan siendo importantes problemas de salud en todo el mundo. Un reciente brote multiestatal de virus de gastroenteritis estuvo relacionado al consumo de ostras contaminadas en varios estados de EUA.

Contribución de D. Rapport. Vea también: Epstein y Rapport, 1996.

Si el calentamiento global ocurriera en una escala masiva la distribución de la vegetación cambiaría también drásticamente en un período corto de tiempo, en comparación con la tasa de cambio en el pasado. Una consecuencia probable de esta redistribución de rangos es la expansión en el alcance geográfico de insectos vectores de enfermedades humanas, incluyendo a los mosquitos anofeles y culícidos. Las enfermedades virales provocadas por artrópodos pueden extender su campo de acción, incluyendo fiebres hemorrágicas virales tales como la fiebre amarilla, el dengue y diferentes tipos de encefalitis virales. La malaria puede extenderse también. De hecho, la evidencia sugiere que esto ya está ocurriendo (ver Cuadro 11.3).

Cuadro 11.3

La malaria y el cambio de clima

Inclusive un cambio de sólo varios grados en la temperatura, conforme a lo predicho por el Panel Inter-Gubernamental sobre el Cambio Climático, puede traer efectos importantes sobre los vectores transmisores de enfermedades infecciosas. En Ruanda, las temperaturas aumentaron mucho entre 1961 y 1990, alcanzando un pico en 1987. A mediados de 1980, la malaria se estableció en áreas donde anteriormente era rara o no existía. Entre la gente en las zonas de altitudes altas, la incidencia de malaria aumentó en más de 500%. Los expertos han notado que las altas temperaturas y las grandes cantidades de precipitación hacen una diferencia del 80% en las incidencias mensuales. Con base en los modelos de cambios climáticos globales y la considerable ampliación de la zona geográfica de malaria, asociada con un aumento de 3 °C en la temperatura global, un estimado adicional apunta que para el año 2100 habrá un aumento en el número de casos de malaria, de los actuales 400 millones a 500 millones anuales. Por ejemplo, en el sur de Honduras, la erosión por el pastoreo y cultivos, unido con un aumento severo de la temperatura entre 1972 y 1990, forzó a muchos hondureños a migrar hacia regiones recientemente deforestadas en el norte. Los nuevos emigrantes, predominantemente no eran inmunes a la malaria. El aumento en la población, junto con grandes lluvias, ocasionaron que se cuadruplicara el número de casos de malaria en la región norteña.

Fuente: WRI/UNEP/PNUD/ Banco Mundial, 1996. Vea también McMichael *et al.*, 1996.

El Cuadro 11.4 ilustra cómo las enfermedades asociadas a la garrapata, como el tifo murino y la enfermedad de Lyme, pueden cambiar su distribución a causa del cambio en la distribución de las especies de mamíferos hospederos de la garrapata. La esquistosomiasis, que es ocasionada por un parásito acuático tro-

pical y subtropical que depende de un caracol como hospedero intermediario, también es probable que se esparza junto con la expansión de éste, particularmente ahora que hay más embalses para conservar agua en regiones áridas. Las zonas de enfermedades endémicas actualmente limitadas a los trópicos es probable que se extiendan a las actualmente zonas templadas. Es también posible que tales enfermedades extenderán su alcance verticalmente a grandes altitudes, especialmente en los trópicos (Chivian *et al.*, 1993; WHO, 1990; WRI/UNEP/PNUD/ Banco Mundial, 1996; McMichael *et al.*, 1996).

Cuadro 11.4

El cambio del clima y enfermedades relacionadas a la garrapata

Las garrapatas, que pertenecen a la familia Ixodidae, tienen una amplia distribución geográfica, incluyendo partes de las regiones subárticas. Estas garrapatas son vectores de varias enfermedades, tales como la enfermedad de Lyme y la encefalitis transmitida por la garrapata. Varios animales, como algunos pájaros, roedores y el ciervo, actúan como hospederos para la garrapata. Ellos pueden infectarse con el patógeno y pueden pasarlo al humano mediante una garrapata chupadora de sangre. Las garrapatas así como también sus animales anfitriones y su hábitat son dependientes de cambios en las condiciones locales del clima. Un futuro cambio climático afectaría las complicadas interacciones ecológicas asociadas con la transmisión de enfermedades relacionadas con la garrapata. Como resultado, enfermedades relacionadas con la garrapata pueden esparcirse en nuevas áreas que se ubican en las alturas y latitudes del hemisferio norte más altas que las regiones endémicas actuales.

11.4.5 CAUSAS DEL PROBLEMA

Las razones para este proyectado cambio en el clima son complejas pero todas se relacionan a la liberación de cantidades crecientes de *gases invernadero* en la atmósfera de la tierra. Estos son gases, como el vapor de agua y el dióxido de carbono, que exageran el efecto de invernadero (ver la Sección 11.4.1). Sin embargo, la razón subyacente para el aumento es el desarrollo industrial y el aumento en el consumo de combustibles fósiles, principalmente petróleo.

La rápida alza en la concentración de estos gases invernadero está ocurriendo en la troposfera. El dióxido de carbono está aumentando a 0.4% al año, el metano alrededor de 1% al año, los clorofluorocarbonos hasta recientemente a un 5% al año, óxidos de nitrógeno a 0.3% al año, así como también el ozono y otros. Este aumento es mayormente el resultado del desarrollo industrial y especialmente el uso de motores de combustión interna y generadores eléctricos con carbón. El metano también proviene de la agricultura y otras fuentes, tales como

la descomposición de la vegetación y desde las vías digestivas de animales hervíboros tales como el ganado. El vapor de agua, otro gas invernadero muy importante, no ha sido incrementado directamente por la actividad humana y no parece estar aumentando (Mungall y McLaren, 1990; National Academy of Sciences, 1992).

De estos gases invernadero, el dióxido de carbono es el más importante, y es el culpable de la mitad del efecto. Éste es también particularmente difícil de controlar, porque es generado por cualquier forma de combustión y es inevitable en el uso de combustibles fósiles. En cambio, los clorofluorocarbonos no están aumentando más en su concentración. Una moratoria en todo el mundo sobre su fabricación y su distribución en nuevos productos se negoció cuando se les identificó como los principales causantes del agotamiento del ozono estratosférico (ver arriba) (WHO, 1990b; WHO, 1992a). El apoyo para estas proyecciones de acumulación de gases invernadero proviene de una variedad de fuentes. Entre las más útiles están los estudios del aire atrapado en los hielos glaciares y en el sedimento de lagos. Las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera actual hacen pensar que son las más altas en 160 000 años, como se desprende de las burbujas atrapadas en el hielo glaciar Antártico. Los niveles de metano se han incrementado mucho también en recientes muestreos en núcleos de hielo. Una asociación estrecha entre los niveles de dióxido de carbono y los estimados de la temperatura promedio global a lo largo de este período (como indican la biota fósil y las concentraciones de isótopos de carbón) es discernible en la mayoría de estos estudios (Mungall y McLaren, 1990; WHO, 1992a). (Ver Figura 11.6.)

El dióxido de carbono es absorbido por las plantas y por lo tanto es removido de la atmósfera por el crecimiento natural y la agricultura. Cuando hay un mecanismo para la remoción ilimitada de un químico del ambiente éste se llama *sumidero*. Los sumideros más importantes para el dióxido de carbono parecen estar en los bosques lluviosos del Amazonas y las zonas templadas del hemisferio norte. La destrucción de los bosques Amazónicos y, potencialmente, los bosques boreales en el Canadá y Siberia, son una gran preocupación. La deforestación reduce la capacidad de la biosfera de eliminar el dióxido de carbono y de actuar como un mecanismo estabilizador ante el cambio del clima. De esta forma, hay un nexo directo entre los cambios globales en el clima y los cambios en los patrones en el uso de la tierra, tales como la deforestación como se discute más adelante.

11.4.6 SOLUCIONES AL PROBLEMA

La solución al problema es ilusoriamente simple: reducir la generación de gases invernadero, particularmente el dióxido de carbono, y aumentar la capacidad del

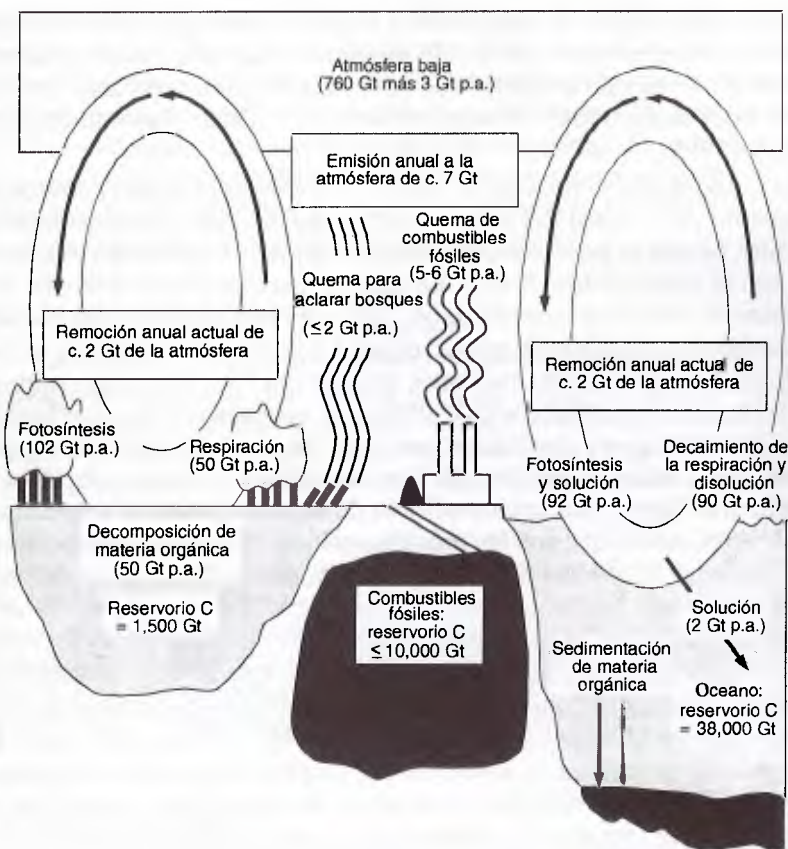


Figura 11.6 Ciclo del carbono. (Fuente: reimpresión de McMichael, 1993.)

sumidero para el dióxido de carbono deteniendo la deforestación y estimulando el crecimiento de los bosques (ver Figura 11.6). Aunque lo que se necesita hacer puede parecer obvio, es muy difícil en la práctica reducir el uso de combustibles fósiles y aumentar el crecimiento de los bosques.

El crecimiento económico en las sociedades industriales modernas está basado en abastecimientos de energía relativamente baratos. Las economías regionales, tales como el Medio Oriente, África occidental, y América del Norte, son altamente dependientes del petróleo y sus derivados para su estabilidad. Virtual-

mente el mundo desarrollado en su totalidad es dependiente de las importaciones de petróleo para sus necesidades de transporte y energéticas. Reducir la dependencia de los combustibles fósiles significaría el ahorro extensivo de energía y reducir la demanda de petróleo, creando privaciones económicas en muchas partes del mundo. Muchos de estos países, que se han desarrollado rápidamente, están, comprensiblemente, poco dispuestos a acordar límites sobre la producción de dióxido de carbono que restringiría su propio crecimiento económico, especialmente debido a que ellos se ven necesitados de alcanzar a los países desarrollados que ocasionaron el problema en primer lugar. De la misma manera, el abastecimiento de petróleo se encuentra limitado mundialmente, y la conservación extensiva tendría el efecto de demorar por una generación o más el agotamiento inevitable de las reservas de petróleo. Sin embargo, muchas naciones cuentan con la renta del petróleo para construir a corto plazo la infraestructura de una economía permanente y estable que continuaría después que el petróleo se acabe. Es por eso que los progresos hacia una reducción negociada de las emisiones de gases invernadero han sido mucho más lentos que para controlar los clorofluorocarbonos (WHO, 1992a).

Ejercicio para estudio

Su ministro de salud no fue invitado a reunión especial para discutir la respuesta de su país a recientes informes con respecto al cambio de clima. Le fue dicho que no hay incidencias de salud importantes en su jurisdicción, por lo tanto su aporte no es necesario. Él le ha preguntado si usted piensa que él debe asistir, teniendo en cuenta lo ocupado que está. Formule un memo corto (no más de 2 páginas ofreciendo su consejo). Exponga cómo el calentamiento global podría afectar la salud en su país.

11.5 Deforestación y desertificación

La actividad humana ha cambiado la faz del planeta apreciablemente. Enormes bosques una vez cubrieron Europa, el Medio Oriente y China; hoy sólo quedan remanentes. La Europa Central fue una vez un bosque denso y en tiempos romanos las arboledas de cedro del Líbano eran famosas. América del Norte solía ser mucho más densamente boscosa a lo largo de la costa oriental de lo que es hoy, aunque el bosque está renaciendo en muchas áreas de ésta. Grandes extensiones de bosques permanecen en áreas protegidas en América del Norte, en las montañas del oeste, a lo largo del Pacífico noroeste y lejos en el Norte. El sudeste de Asia, Sudamérica y África todavía tienen grandes extensiones de bosques lluviosos, pero enormes áreas no boscosas, dedicadas a la agricultura y la gana-

dería y al desarrollo industrial, reducen rápidamente el área total de cobertura boscosa.

La deforestación se emprende comúnmente sobre una base gradual por residentes locales que utilizan la tierra para la agricultura. Frecuentemente, como en la cuenca del Amazonas, los bosques son eliminados con incendios. A veces, como en el norte de África y China, los bosques se utilizan para leña. El agotamiento resultante de los bosques puede traer serias consecuencias ecológicas.

11.5.1 CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS BOSCOSOS

Los bosques protegen el suelo sobre el que están de muchas maneras. Los sistemas de raíces y la cubierta del suelo demoran el paso de agua sobre el terreno y lo mantienen en su lugar. El cascote del bosque y la cubierta del terreno reciclan nutrientes y proveen alimento para la fauna silvestre. Los árboles y los troncos caídos proveen refugio y hábitat para la fauna silvestre y reducen el impacto de los fuertes vientos.

En general, los bosques tienden a ser más fríos y más húmedos que los campos áridos y proveen una mucho mayor diversidad de nichos ecológicos en los que la fauna silvestre puede florecer. Esto es particularmente cierto en los bordes entre bosques y tierra abierta y entre bosques y tierras anegadas, donde la complicada interfase mantiene una gran diversidad. En los bosques tropicales lluviosos los suelos tienden a ser ácidos y relativamente pobres en nutrientes pero el bosque y su cubierta mantienen muchas formas de vida. En los bosques nortños o boreales el crecimiento tiende a ser muy lento a causa del clima frío, y la menos diversa fauna silvestre tiende a experimentar grandes ciclos de crecimiento y declinación de sus poblaciones.

Cuando los bosques son talados, estos complicados sistemas naturales se pierden y son reemplazados por un ambiente artificial mucho más simple, que es mucho menos estable ecológicamente y mucho menos productivo biológicamente, aunque puede haber una ganancia económica a corto plazo. En regiones áridas, cuando la destrucción es demasiado extensa se pierde la habilidad del bosque para recuperarse. En algunos lugares los bosques cortados pueden recuperarse mientras en otros los cambios en el suelo y la pérdida de su cubierta pueden crear un desierto donde antes hubo un bosque. Este último proceso es conocido como desertificación y ha sido un problema recientemente en el norte de África. La desertificación ocurrió mucho tiempo atrás en muchas partes del Medio Oriente y áreas que ahora son muy secas fueron una vez húmedas y muy boscosas.

La erosión por el viento y el agua es mucho más severa cuando los bosques y su cubierta son removidos. Los suelos desprotegidos pueden ser arrastrados

por los arroyos y ríos, donde el fango afecta a los peces y obstruye los canales pequeños. Los suelos que se ponen a disposición de la agricultura son rápidamente agotados una vez que se elimina la capa forestal; este problema afecta particularmente a los trópicos donde ciertos suelos se tornan duros cuando la cubierta del suelo es removida. Los nutrientes en el suelo pueden también ser arrastrados por el rápido paso del agua por la capa superficial del suelo. El viento puede ser aún más fuerte en los asentamientos humanos si no existen cortinas cortavientos forestales a la vez que puede haber cambios climáticos cuando los efectos moderadores de la floresta son eliminados. El hábitat para la vida salvaje es destruido y junto con él la estabilidad del ecosistema local. Esto conduce a la degradación de tierras que pudieran tener variados usos, tales como pastoreo, caza, turismo, cosechas madereras etc. La biodiversidad resulta reducida (como se describe abajo) y con ella buena parte del potencial económico de la región. La agricultura que se introduce en áreas deforestadas puede conducir a economías monoproductoras y a la dependencia de mercados subsidiarios mundiales o regionales.

11.5.2 ECOSISTEMAS BOSCOSOS Y CAMBIO GLOBAL

Los bosques también juegan un papel crítico en la remoción, almacenaje y liberación de dióxido de carbono de la atmósfera. El dióxido de carbono es absorbido por las plantas en la tierra y en los océanos, y por lo tanto se elimina de la atmósfera por la agricultura y el crecimiento natural. A lo largo de la historia, por lo menos desde la última glaciación, los sumideros globales para el dióxido de carbono habían tenido capacidad suficiente para absorber cualquier demasía ocasionada por incendios de bosques o erupciones volcánicas. Como resultado, el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera permaneció relativamente estable. Hoy, sin embargo, la producción de dióxido de carbono excede la capacidad de los sumideros globales, y la concentración del gas en la atmósfera constantemente aumenta, conduciendo finalmente al acrecentamiento del efecto invernadero descrito anteriormente (ver Mungall y McLaren, 1990; y los otros libros citados arriba).

La deforestación reduce la capacidad de los bosques del mundo para servir como un sumidero para el dióxido de carbono. El incendio de áreas forestales agrava la acumulación global de dióxido de carbono en la atmósfera. Cuando los bosques son cortados para usarlos como leña o se queman, el carbono almacenado en la madera se libera en la atmósfera nuevamente. Aun cuando la madera se use para la construcción y otros propósitos, algún dióxido de carbono se libera eventualmente.

Otra consecuencia de la deforestación, bastante inesperada, es el envenenamiento por mercurio, como se describe en el Cuadro 11.5.

Cuadro 11.5

Envenenamiento por mercurio en el Amazonas: efectos combinados de la deforestación y la minería del oro

La minería del oro en el Amazonas, que era considerada la única causa de la contaminación con mercurio de algunos de los ríos, comenzó hace aproximadamente tres décadas cuando millares de mineros empobrecidos, conocidos como garimpeiros, barrieron la selva en busca de minas oro usando un método minero a base de mercurio que aún se usa actualmente (ver Capítulo 10). Cerca de la mitad de las aproximadamente 130 toneladas de mercurio usadas al año se emiten al aire mientras la otra mitad se filtra en el agua, contaminando a los peces.

El equipo de científicos canadienses y brasileños que investigan la contaminación por mercurio y sus efectos en la salud sobre los aldeanos (ver Lebel *et al.*, 1995) comenzó a sospechar que había demasiado metilmercurio en el Amazonas para ser resultado únicamente de las actividades de los garimpeiros. En todos los lugares en donde se recolectaron muestras de sedimento fluvial ellos registraron de 1.5 a 3 veces más mercurio del que había habido hace cuarenta años, incluso a 400 km de las minas de oro río abajo. Pronto descubrieron que la deforestación era la otra fuente. Cuando la gente empobrecida del norte de Brasil coloniza la selva Amazónica comúnmente tala el bosque entre 10 y 20 kilómetros a ambos lados de un río y queman los restos. Después de la deforestación las fuertes lluvias se llevan los nutrientes del suelo a las aguas. Como la cuenca del Amazonas contiene una considerable cantidad de mercurio natural en su suelo, el mercurio liberado en el agua contamina a los peces y ocasiona envenenamiento en aquellos consumidores de grandes cantidades de pescado.

El equipo canadiense tuvo un interés particular en el mercurio porque en el área norteña de dos provincias canadienses, ocurrió un envenenamiento por mercurio en la comunidad aborigen debido a un proceso similar: los depósitos y diques hidroeléctricos elevaron el nivel del agua, el agua anegó los antiguos suelos, que entonces se degradaron y liberaron su mercurio natural.

Aunque Brasil ha prohibido oficialmente el uso del mercurio en la minería, esta técnica todavía se usa. Además, las reformas instituidas no han incluido el problema de los colonizadores sin tierra que queman árboles y destruyen el suelo, y por tanto liberan mercurio en el Amazonas. Mientras tanto, en discusiones de los resultados con la comunidad, se les aconsejó que debían variar su dieta y comer más "pescado que no come otro pescado".

Contribución del Dr. Mergler

Como se mencionó en la Sección 11.4.5, los sumideros más importantes del dióxido de carbono parecen estar en los bosques lluviosos del Amazonas y de las zonas templadas del hemisferio norte. La destrucción a gran escala de los bosques amazónicos y, potencialmente, el bosque boreal en el Canadá y Siberia reducirá la capacidad de la biosfera para eliminar el dióxido de carbono y para actuar como un mecanismo estabilizador del cambio de clima. Esto explica por qué se le ha dado tanta atención al desarrollo de la cuenca amazónica y tanta preocupación por las talas de los bosques lluviosos en Sudamérica y el hemisferio norte (Canadá y Siberia). No es sorprendente, que los pocos países con grandes áreas forestales no muestren ningún interés especial, particularmente Brasil. Esto conduce al conflicto entre el derecho de un país particular para llevar adelante una estrategia de desarrollo a corto plazo y el derecho del mundo, como un todo, a ser protegido del cambio masivo a largo plazo que afectará a todos. Los bosques en muchas partes del mundo, como Brasil, están siendo cortados en áreas remotas para la agricultura y el desarrollo económico por gente con oportunidades económicas limitadas y que no son fácilmente controlados por sus gobiernos. Aunque parezca claro que la deforestación puede ser una pobre estrategia económica a largo plazo, ésta provee trabajos necesarios y productividad agrícola a corto plazo para los residentes locales. Ha habido poco éxito en el cambio de las prácticas de deforestación al nivel local a causa de la carencia de alternativas disponibles para esta gente.

Reducir la deforestación e incrementar el crecimiento de los bosques es algo difícil de lograr. Algunos países han tenido éxito en conservar sus bosques aumentando las oportunidades económicas con los llamados intercambios equitativos. En estos negocios, los países con grandes deudas pueden renegociar su deuda a un valor más bajo, o ser condonadas las mismas, a cambio del acceso restrictivo y desarrollo de áreas ecológicamente críticas como los bosques. El problema con tales programas, obviamente, es que el país pierde algún control sobre su futuro económico aunque también reduce su deuda acumulada. Otros países, como China, han tenido éxito con programas masivos de reforestación para restaurar bosques en áreas que han sido muy dañadas.

11.6 Biodiversidad

La biodiversidad se refiere a la multiplicidad de especies de plantas y animales en una comunidad biológica y a los muchos nichos ecológicos que ellos pueden ocupar. Es un principio fundamental de la ecología que una mayor diversidad en las especies de plantas y animales conduce a una mayor estabilidad del ecosistema. Esto es en parte porque el ecosistema funciona más eficientemente, con diferentes especies que ocupan más nichos y extraen un beneficio total de la energía y

alimentos disponibles. Esto ocurre por una parte porque los sistemas más complicados tienen mayor flexibilidad para enfrentar cambios ambientales, y por otra parte porque los nichos ecológicos ocupados por especies diferentes se pueden sobreponer parcialmente y permitir sustituciones si uno o más se pierde. La pérdida de diversidad biológica significa por lo tanto un ecosistema menos estable, menos adaptable y menos autorrestaurable (Chivian *et al.*, 1993).

11.6.1 IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LA BIODIVERSIDAD

La diversidad biológica es también un medio para conservar la diversidad genética. Cada especie y subespecie contiene dentro de sus genes el resultado de centenares de miles, incluso millones de años de evolución. Esta constitución genética está escrita en el ADN, la molécula que conserva el código genético. La misma constituye una biblioteca de huellas para los seres vivos y para la adaptación biológica. Para todos los grupos de organismos reconocidos como especies, hay una constitución genética básica que consiste en características comunes a todos los miembros de las especies, y un conjunto de variaciones que han sido introducidas por mutaciones, cambios aleatorios en el gen introducido por equivocaciones en la repetición del ADN o el efecto de la radiación ionizante sobre el ADN. La mayoría de tales mutaciones son nocivas y no sobreviven; unas confieren nuevas características que pueden o no ser útiles al individuo que las porta. La variación en características genéticamente determinadas entre los miembros individuales de cualquier especie o subespecie es lo que controla la evolución: la selección natural favorece algunas variantes y a otras no, por tanto algunas características sobreviven y otras no. Muchas de las variantes representan características que sobrevivieron porque eran útiles; los individuos con estas características podían adaptarse a nuevas condiciones o explotar nuevos nichos ecológicos. La pérdida de diversidad biológica significa que aun si las especies como una totalidad sobreviven, la variación dentro de las especies se reduce, haciéndolas menos adaptables y, en efecto, deteniendo su evolución (Chivian *et al.*, 1993).

11.6.2 ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA BIODIVERSIDAD

Gran parte de la diversidad entre especies y subespecies y muchas de las variaciones entre individuos en unas especies tienen usos prácticos directos en la sociedad humana. Ellas han sido la base para desarrollar todas las cosechas agrícolas y criar todo el ganado, por ejemplo. La agricultura reduce la diversidad biológica a largo plazo: ciertas especies se eligen por su mayor productividad, resistencia a plagas, o capacidad para crecer con menos agua, por ejemplo, y estas especies se seleccionan o hibridizan a otras existentes. Las nuevas espe-

cies se siembran entonces como un monocultivo, un grupo uniforme de organismos genéticamente similares o incluso idénticos. Estos monocultivos tienden a ser muy susceptibles a nuevas plagas o enfermedades a las cuales son vulnerables. Una vez que se infecta, el grupo entero está en riesgo porque no hay resistencia propia. Los monocultivos se preparan para un ambiente particular y cuando el ambiente cambia, por ejemplo durante una sequía, es improbable que se adapten. A veces, las características genéticas que podían haber conferido resistencia, o que habrían permitido la adaptación a un ambiente cambiante, estaban presentes en la especie silvestre pero se perdieron durante la cría selectiva por otras características. Por esto, los científicos tratan de mantener la diversidad biológica en el laboratorio guardando existencias de semillas y cultivando representantes de plantas genéticamente inusuales, por ejemplo, para asegurar que ellas no se pierdan.

Entre las muchas formas de diversidad biológica está la variación en la síntesis de sustancias químicas entre especies y subespecies. Los venenos de serpiente, las feromonas que atraen a los insectos para el apareamiento, la tinta del calamar, y los compuestos productores de luz de las luciérnagas son simplemente algunos ejemplos. Las plantas, especialmente, producen una variedad amplia de sustancias químicas para propósitos especiales, por ejemplo para protegerse a sí mismas contra plagas e insectos. Muchas de estas sustancias tienen propiedades inusitadas que pueden o no estar relacionadas a las ventajas que confieren a la planta o animal. La medicina se aprovecha de esta diversidad para identificar las sustancias producidas por plantas y animales que tienen un efecto biológico y las convierten en drogas útiles. Con la pérdida de la diversidad biológica un depósito enorme de químicos potencialmente útiles puede perderse de forma irremediable (Chivian *et al.*, 1993).

La búsqueda de productos biológicos económicamente útiles que están disponibles a causa de la diversidad biológica se ha llamado bioprospección. Uno de los métodos más importantes ha sido el uso de los conocimientos de los pueblos indígenas, quienes han usado las plantas medicinales y los productos naturales durante milenios y quienes han acumulado a través del tiempo un profundo conocimiento de sus efectos mediante la experiencia. La ética y la economía de compartir los beneficios de la bioprospección y producción con los pueblos indígenas, quienes transmitieron sus conocimientos, ha llegado a ser uno de los puntos más importantes en años recientes. El futuro desarrollo económico de muchos de estos pueblos, y el control sobre su propia cultura y desarrollo, puede depender de cómo se resuelva este punto.

La biotecnología, usando métodos de ingeniería genética, está utilizando cada vez más genes selectos directamente para la producción agrícola. La di-

versidad biológica da a la biotecnología una biblioteca ilimitada de genes desde los cuales construir nuevos materiales. Sin embargo, la ingeniería genética puede acelerar también el proceso creciente de monocultivos, al permitir a los científicos agrícolas ser aún más selectivos al elegir las características específicas que quieren y permitir que desechen el resto que no parece tan importante en ese momento (WHO, 1992a).

11.6.3 PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

Los ecosistemas pueden perder su diversidad biológica de muchas maneras. Las especies individuales pueden extinguirse mediante la caza, pérdida de su hábitat o la reducción de las especies de las que ellos dependen para el alimento. Ecosistemas enteros o extensas áreas de grandes ecosistemas pueden cambiar o perderse por la urbanización y la agricultura. Los hábitats particulares de especies individuales con gamas limitadas pueden perderse del mismo modo: el área perdida esencialmente podría relacionarse con requerimientos alimentarios, territorialidad o cría. A veces especies extrañas son introducidas en un ecosistema estable, depredando y reduciendo el número de las especies locales que dan estabilidad al ecosistema. Frecuentemente todos estos mecanismos ocurren a la vez (Chivian *et al.*, 1993).

Incluso ecosistemas que parecen saludables pueden reflejar pérdidas de diversidad biológica. Los bosques viejos, por ejemplo, son los bosques que no han sido cortados. Ellos mantienen una diversidad mucho más rica de especies y son por lo tanto mucho más estables que los nuevos ecosistemas de bosques en crecimiento, que provienen de la sucesión ecológica donde otros bosques se han cortado. Esto es cierto incluso aunque el bosque pueda lucir igual. Las apariencias pueden ser muy engañosas. La pérdida de diversidad biológica es un indicador importante de la magnitud de estas tendencias. Ella muestra hasta qué punto el ecosistema está siendo simplificado. Debido a que la estabilidad del ecosistema depende de la complejidad y variabilidad, la simplificación es necesariamente degradación ambiental, sin considerar qué otra cosa suceda en el ambiente. Es por eso que es una equivocación concentrarse demasiado en la importancia ecológica o económica de algunas especies particulares cuando se habla de puntos locales de conservación y de la protección del ecosistema. La pérdida de algunas especies o subespecies particulares es importante en sí, pero es también otra amenaza para la ruptura de la cadena y refleja una tendencia hacia un ecosistema cada vez más simplificado e inestable.

La diversidad biológica es una parte crítica de la red de relaciones ecológicas que mantienen a la sociedad humana. La pérdida de diversidad biológica es un problema serio por derecho propio y una señal sensible del deterioro del ambiente en su totalidad.

11.7 Precipitación ácida

La precipitación ácida (lluvia ácida) ocurre cuando el agua de lluvia, nieve y otras formas de precipitación tienen un nivel inferior de pH que el natural, como resultado de la disolución de ácidos químicos debido a la contaminación del aire. Esto es ocasionado por el aumento en la producción de emisiones ácidas desde fuentes industriales, principalmente sulfatos y nitratos, y el transporte aéreo de estos contaminantes. Frecuentemente, estos contaminantes se llevan a grandes distancias y caen como precipitaciones ácidas a centenares o incluso miles de kilómetros del sitio original de producción. Cuando la precipitación alcanza el terreno, puede cambiar el pH de pequeños lagos y el suelo, ocasionando daños ecológicos. Este es un problema en áreas donde hay poca capacidad de asimilación natural en el suelo o el agua (WHO, 1992a).

En años recientes, monitoreos de la acidez del agua y el suelo en el hemisferio norte han mostrado incrementos de la acidez (o, más precisamente, reducciones en la capacidad de neutralizar ácidos) y cambios presumiblemente irreversibles en el pH de los suelos. El problema ha sido más severo y más documentado en Canadá (en su mayor parte como resultado de emisiones desde el medio oeste de EUA) y Escandinavia (por emisiones provenientes de Alemania y Bretaña). La situación en Rusia y Europa oriental todavía está siendo evaluada. Procesos similares probablemente están ocurriendo en China, la India y Asia central. El resultado ha sido cambios extensivos en la biología de pequeños cuerpos de agua. La precipitación ácida es altamente perjudicial para los delicados ecosistemas acuáticos, la *biota* marina y algunas especies terrestres de plantas y árboles. Se considera que los efectos severos y generalizados, en particular en los bosques de Escandinavia y Alemania se deben a la lluvia ácida (ver la Figura 11.7) (Mungall y McLaren de 1990; Berdén *et al.*, 1987; Chivian *et al.*, 1993; WHO, 1992a).

Los efectos directos de las precipitaciones ácidas sobre los humanos han sido difíciles de estudiar. El transporte transregional de contaminación, así como la depositación ácida y el largo alcance de las toxinas en el aire, puede resultar en un aumento del asma y de las reacciones respiratorias. El asma se ha observado como resultado de niveles incrementados de ácidos químicos, tales como los sulfatos, en el aire en el sur de Canadá (Franklin *et al.*, 1985). Algunos autores han especulado que si los metales son echados en el lecho marino en concentraciones excesivas, puede haber efectos tóxicos pero esto no está probado aún (Goyer *et al.*, 1985).

La estrategia obvia de control para la precipitación ácida sería reducir la generación de contaminantes del aire en la fuente. Un paso particularmente importante sería reducir el consumo de combustibles fósiles en la producción de

energía. Pero no todos los países están de acuerdo con el análisis científico del problema, ni están todos dispuestos a disminuir su propio desarrollo económico por la imposición de regulaciones o disminuyendo la producción. Un problema técnico más importante son las estrategias de control para la precipitación ácida sin una comprensión clara de las capacidades de carga, es decir, por ejemplo, las emisiones máximas que un ecosistema puede absorber antes de que su capacidad para neutralizar, transformar o diluir contaminantes sea excedida. Tal información se ha estimado para regiones en Europa del norte, pero no está disponible para la mayoría de las partes del mundo (Berdén *et al.*, 1987).

11.8 Movimiento transfronterizo de residuos peligrosos

Los tóxicos químicos peligrosos son cada vez más móviles en el mundo de hoy. No solamente son embarcados alrededor el mundo como mercancías para diversos propósitos en la producción, sino que los desperdicios químicos y radioactivos también se mueven, a la vez que crece el interés sobre la manipulación y el almacenamiento apropiado. En el mundo desarrollado, ha llegado a ser cada vez más inaceptable para los residentes locales permitir el almacenaje o la eliminación de desechos peligrosos. En muchos países desarrollados, las opciones para conseguir librarse de tales desechos desaparecen. Los sitios de eliminación de desechos peligrosos se cierran a causa de la oposición comunitaria, y las instalaciones de tratamiento químico llegan a ser cada vez más costosas debido a las medidas cada vez más estrictas para proteger el ambiente. Se ha estimado que aproximadamente 400 000 000 de toneladas al año de desechos peligrosos cruzan las fronteras internacionales, la mayor parte en movimientos ilegales hacia sitios de eliminación no autorizados.

El resultado es que frecuentemente se tienta a personas inescrupulosas a embarcar material peligroso a países donde las regulaciones ambientales son más suaves y su aplicación no es tan fuerte. Esto es frecuentemente aceptado por los países receptores a causa del dinero que la importación de desechos peligrosos trae en la forma de costos, instalaciones y a veces, sobornos. Sin embargo, estos países comúnmente no tienen medios efectivos de controlar los desechos peligrosos una vez llegados. En algunos casos, estos simplemente se descargan en lugares donde pueden contaminar el lecho marino, los océanos o la tierra. En unos pocos casos, los desechos pueden tratarse químicamente y disponerse de manera parecida a las buenas prácticas en el mundo desarrollado pero sin la verificación y supervisión estricta que se necesita para asegurar que el material no contamine el ambiente.

Tales prácticas no están restringidas al mundo en desarrollo. Algunos de los

peores incidentes documentados recientemente han involucrado a la antigua Alemania Oriental y a la antigua Unión Soviética. Sin embargo, los países en desarrollo son particularmente vulnerables a esta forma de chantaje tóxico. Desde 1989, ha habido un protocolo internacional sobre el movimiento de desechos peligrosos llamado la Convención de Basel, que rige la generación y la gestión de desechos peligrosos, con base en los seis principios parafraseados en la Tabla 11.2.

Tabla 11.2 Las previsiones de la Convención de Basel.

1. La generación y el movimiento de desechos debe reducirse al mínimo requerido y los desechos dispuestos tan cerca como sea posible al sitio de origen.
2. Cada país tiene el derecho para prohibir la importación de desechos peligrosos y los países firmantes no permitirán movimientos internacionales de desechos peligrosos a ningún país que haya prohibido su importación, sea firmante o no. También, los países firmantes no permitirán la exportación de desechos peligrosos si hay una razón para creer que ellos no se dispondrán de una manera apropiada y segura con respecto al medio ambiente.
3. Los países firmantes no permitirán la importación o exportación a países no firmantes de desechos peligrosos a menos que su movimiento sea regido por acuerdos que sean por lo menos tan estrictos como la Convención de Basel.
4. El país exportador no permitirá al desecho peligroso salir hasta que tenga por escrito confirmación de consenso por parte del país importador y cualquier país de tránsito, reflejando una decisión con base en el conocimiento de lo que el embarque contiene.
5. Cuando el desecho peligroso no pueda transportarse o manejarse sin riesgo, el país exportador tiene el deber de regresarlo.
6. Cualquier cosa no conforme a estos principios se considera tránsito ilegal y es castigada por sanciones que cada país firmante debe desarrollar y legislar.

11.9 Desastres

Los desastres, por definición, involucran muchos casos médicos que ocurren en un período corto de tiempo siguiendo a un suceso inusitado. Pueden ser naturales o el resultado de la actividad humana. En los tiempos modernos el énfasis en la respuesta a los desastres se hace en la preparación y la planificación de la misma. Una discusión completa de la preparación ante desastres está más allá del alcance de este texto pero hay disponibles guías completas de agencias internacionales.

11.9.1 ACCIONES DE EMERGENCIA

Dependiendo de la magnitud del desastre y su alcance, los desastres pueden

sobrecargar el sistema de salud pública en el área y desorganizar las operaciones contra incendio, el transporte y los servicios de rescate. En las primeras horas que siguen a un desastre, las prioridades son identificar y proveer atención médica a los heridos, ubicar y rescatar a las personas perdidas e identificar y controlar los peligros físicos, tales como líneas de gas rotas. En el caso de los accidentes químicos o radiactivos, la descontaminación es una prioridad urgente para impedir exposiciones futuras. Subsecuentemente, la provisión de servicios básicos, incluyendo refugio, agua potable, alimentos, instalaciones sanitarias tales como letrinas, y la intervención psicológica, llegan a ser una prioridad urgente si el desastre ha desorganizado los servicios en la comunidad. El entierro de los muertos, la provisión de ropa de abrigo, la evacuación de los heridos o vulnerables pueden llegar a ser prioridades de salud dependiendo de las circunstancias. El riesgo de aumentos en las enfermedades infecciosas en los días que siguen al desastre, así como la interrupción del abastecimiento de agua y el saneamiento llegan a ser un problema creciente. A largo plazo, la rehabilitación y la reconstrucción llegan a ser cada vez más importantes, cuando la comunidad se enfrenta con la devastación.

11.9.2 DESASTRES NATURALES Y TECNOLÓGICOS

Los desastres son de dos tipos generales y las respuestas de las comunidades tienden a diferir con cada tipo. Los *desastres naturales* ocurren como resultado de la acción de fuerzas naturales y tienden a ser aceptados como infortunios inevitables. Los *desastres tecnológicos* ocurren como resultado de alguna actividad humana y tienden a ser profundamente perturbadores en una comunidad, conducen a buscar culpables y producen un sentido de vergüenza. El capítulo 4 discute factores que afectan la percepción de riesgo; similarmente las respuestas a los desastres naturales tienden a ser muy diferentes de las respuestas a los desastres tecnológicos (ver Tabla 11.3). Cada uno se discutirá en forma detallada.

Tabla 11.3 Diferencias de percepción entre desastres naturales y tecnológicos.

	Desastres Naturales	Desastres Tecnológicos
Naturaleza del desastre	Limpia, inevitable	Sucia, contaminado
Responsabilidad	Ninguna	Parte culpable
Magnitud de la pérdida		
Objetiva	A menudo grande	Usualmente menor
Percibida	Usualmente minimizada	Usualmente maximizada
Apoyo comunitario a los afectados	No cuestionado	A menudo cuestionado, ambiguo

Los desastres naturales son los que resultan de las fuerzas naturales del clima y la geología. Aunque hay frecuentemente un historial de tales desastres en un área determinada, los desastres naturales son comúnmente impredecibles a corto plazo. Sin embargo, las circunstancias que preceden el suceso real pueden hacer el desastre mucho peor de lo que pudiera haber sido. Por ejemplo, la construcción sobre una falla sísmica o en una línea costera expuesta a tormentas puede aumentar mucho el número de decesos en lo que de otra manera sería un evento moderado. La construcción con materiales inadecuados y el no proveer accesos para la evacuación o salidas de emergencia pueden complicar mucho los esfuerzos de rescate. Los esfuerzos de rescate pueden ser inadecuados o pobremente organizados; si éste se demora por más de unas horas en un gran desastre, la agencia responsable de la evacuación frecuentemente cae bajo grandes críticas. Los esfuerzos de reconstrucción pueden prolongarse, ser poco coordinados, y complicados por la burocracia —este problema frecuentemente conduce a gran descontento público, aun cuando la respuesta inmediata al desastre se haya recibido con gratitud.

Los desastres naturales que resultan del clima, tales como huracanes, tornados e inundaciones debido a lluvias prolongadas, tienden a ocasionar más daño a propiedades que muertes. Estos desmoralizan profundamente a la gente desplazada de sus hogares, pero la comunidad afectada tiende a responder rápidamente, y las consecuencias a largo plazo son frecuentemente menores de lo que uno esperaría. Estos son peligros relativamente familiares, fácilmente comprendidos y a menudo lo suficientemente comunes en el área afectada como para ser tomados como parte de la vida. La interrupción del transporte y la destrucción de las instalaciones sanitarias tiende a ser menos severa que en otros tipos de desastres naturales, excepto en el caso de inundaciones. Una tormenta severa es realmente horrible y amenazante, pero las comunidades tienden a manejar este tipo de desastre más fácilmente que otros.

Los desastres naturales que resultan de la actividad geológica, tales como sismos, erupciones volcánicas, deslizamientos de lodo, tsunamis (olas de marea sísmicas), e inundaciones repentinas (que involucran la precipitación súbita en el terreno que se encauza velozmente hacia canales), tienden a resultar en más accidentes que aquellos debidos al clima y pueden desorganizar severamente la capacidad de la comunidad para ocuparse de sus propias necesidades en las horas y días que siguen al suceso. Los incendios de bosque comparten muchas de estas características. En ambos tipos de desastres, hay frecuentemente muchas personas perdidas y víctimas atrapadas que requieren rescate. El tipo de daño es comúnmente más severo y refleja el riesgo de derrumbes de edificios y la magnitud de las fuerzas involucradas; puede conducir a serios problemas de

salud pública aun con el tratamiento adecuado. Las tensiones psicológicas asociadas con el suceso parecen ser mayores que las de los desastres relativos al clima, y afectan tanto a víctimas como a rescatadores.

Los desastres tecnológicos resultan de alguna actividad humana: las explosiones ocasionadas por humanos, liberación de químicos tóxicos o materiales radioactivos, desplome de puentes o edificios, incendios y choques. Los desastres tecnológicos tienden a involucrar muchas más víctimas que los desastres naturales de la misma magnitud de energía liberada. Ellos son también mucho más difíciles de manejar por la comunidad y de aceptar por las víctimas. Los factores psicológicos que influyen en la percepción de los desastres tecnológicos son muy diferentes de los que influyen en los desastres naturales. En los desastres tecnológicos, hay responsabilidades involucradas y la comunidad invierte mucho tiempo discutiendo quién fue el responsable y cuáles fueron las equivocaciones. Frecuentemente hay envueltas complicadas demandas, investigaciones y reclamos por incapacidad. Si había anteriormente un sentimiento de que los propietarios de la instalación responsable abusaban de la comunidad o tenían ganancias excedentes, esto se agrega al odio de la respuesta de la comunidad. A veces las víctimas son evitadas por sus vecinos, que sienten que ellos están explotando la situación para beneficio personal o porque temen que la respuesta al incidente ocasionará pérdidas económicas a la comunidad. Como resultado, los desastres tecnológicos tienden a dividir la comunidad y a ocasionar traumas psicológicos duraderos en los residentes locales así como también en las víctimas.

Ejemplos de los desastres tecnológicos más importantes en tiempos recientes incluyen el escape de gases tóxicos de isocianato metilo en Bhopal, India, en 1984 y la explosión y escape de radiación del reactor nuclear de Chernobyl en Ucrania en 1986. Los incidentes a una escala mucho más pequeña no son raros pero no consiguen atraer mucha atención.

Una excepción importante a las generalizaciones hechas arriba, sobre desastres naturales y tecnológicos, es la sequía. La sequía está relacionada al clima y es relativamente lenta en su desarrollo. La consecuencia primaria en la salud pública de la sequía en las regiones menos desarrolladas, donde el alimento no puede importarse fácilmente, es la hambruna. Las enfermedades por inanición pueden ser muchas, como en la prolongada sequía en el África subsahariana (Sahelian) antes y después de 1970; se estima que más de 200 000 000 de personas fueron afectadas. Además, la sequía y la hambruna pueden ocasionar grandes y duraderas tensiones sociales, ya que ahondan la pobreza muy repentinamente y dividen a la sociedad entre aquellos que puede afrontarla y conseguir alimento a cualquier precio y aquellos que no pueden. La sequía y la hambruna se asocian también con los grandes movimientos poblacionales que complican la

atención médica y el aprovisionamiento de alimentos y agua a las comunidades afectadas. Por lo tanto, la combinación de la sequía y la hambruna es un tipo de desastre "natural" relacionado con el clima que tiene muchas de las peores características de los desastres tecnológicos.

11.9.3 EFECTOS PSICOLÓGICOS DE LOS DESASTRES SOBRE LOS SOBREVIVIENTES

Los síntomas psicológicos que siguen a los desastres tienden a ser similares entre los niños; entre los adultos ellos son algo más complicados y variables. Los niños son frecuentemente temerosos y muestran inquietud desproporcionada por la separación de sus amigos o padres. Ellos pueden perder la motivación, actuar de manera rebelde, y comenzar a retrasarse en la escuela. Los niños frecuentemente responden bien a las intervenciones inmediatas de salud mental que apuntan a hacerles expresar sus sentimientos y temores sobre el suceso. Los adultos son frecuentemente capaces de actuar razonablemente bien durante el suceso pero pueden desintegrarse después; una pequeña minoría puede llegar a ser incapaz de actuar durante la tensión de una crisis y tendrá que ser forzada a moverse. Los adultos que sobreviven a un desastre pueden experimentar una gama de efectos tales como pesadillas, pensamientos incontrolables que involucran el que vuelven a vivir los sucesos, problemas para dormir, pérdida de la emoción, y un sentimiento de indiferencia hacia la otra gente y el mundo en general. En los adultos, estos síntomas son característicos del síndrome de estrés post traumático. Los adultos pueden ser ayudados por profesionales de salud mental que discutan con ellos, en grupo, qué sucedió y el por qué de sus reacciones, un proceso conocido como resumen crítico del incidente. La parte útil es asegurarse de que estos sentimientos son naturales y que esos afectados no son enfermos mentales. El personal de rescate frecuentemente tiene los mismos síntomas y sentimientos que los sobrevivientes y las víctimas, y también necesita del resumen crítico del incidente.

La asistencia mutua y los programas de intervención ante desastres pueden limitar significativamente el impacto de un desastre sobre la comunidad. La asistencia internacional es difícil de administrar y de coordinar pero puede marcar una diferencia decisiva en el resultado, especialmente en países y áreas con recursos muy limitados.

11.10 Contaminación química global

El problema de la contaminación química global, conectado al agotamiento de la capa de ozono, se describió en la Sección 11.3. En este caso los químicos involucrados, los clorofluorocarbonos o CFC, no tienen incidencia directa en la salud

humana a las exposiciones típicas que ocurren durante su uso, pero son muy persistentes, se dispersan en la atmósfera y eventualmente alcanzan en la estratósfera la capa de ozono, donde reaccionan químicamente con el propio ozono. La reducción resultante de la concentración de ozono reduce el efecto bloqueante de la capa de ozono sobre de radiación UV y aumenta la que alcanza la superficie del globo. Como ya se discutió, el aumento en la exposición UV al nivel del terreno tiene efectos sobre los humanos y el ecosistema, algunos de los cuales son sumamente importantes para la productividad agrícola y pesquera.

Un punto al que se le ha dado atención creciente es al interés en el uso de químicos que persisten largo tiempo en el ambiente, a causa de la posibilidad de que una acumulación progresiva de estos químicos pueda eventualmente afectar la salud humana y al ecosistema. Una advertencia bien conocida sobre este problema se conoció en el decenio de 1960 en el libro *Primavera silenciosa* (Carson, 1962). Entonces una de las preocupaciones principales eran el DDT y otros plaguicidas de hidrocarburos clorados. Los efectos sobre las aves habían sido demostrados claramente, pero los efectos sobre humanos, a las relativamente bajas exposiciones que ocurren en el ambiente general, no estaban demostrados. Recientemente se ha probado que algunos de estos plaguicidas tienen efectos parecidos al estrógeno en experimentos con animales, y se han descubierto nexos con el cáncer de mama humano y daños en el esperma que conducen posiblemente a infertilidad masculina (ver Capítulo 2). El uso del DDT está prohibido actualmente en todos los países desarrollados, pero algunos países en desarrollo todavía producen y usan estos plaguicidas por ser más baratos y además constituir uno de los medios, en cuanto a costo-efectividad, adecuados para eliminar ciertos insectos, tales como los mosquitos de la malaria y las cigarras. Hay evidencias de que el DDT y otros contaminantes orgánicos persistentes (COP) se evaporan en el aire en los países tropicales donde se usan, son transportados con el viento a las latitudes más frías, y eventualmente depositados en estos países a través de las lluvias. Esto puede crear una situación a observar debido a la eventual acumulación progresiva de estos químicos en los países más fríos donde no se usan.

Capítulo 12

ACCIONES PARA PROTEGER LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

Objetivos de estudio:

Después de estudiar este capítulo usted debe ser capaz de:

- Describir lo que los profesionales de la salud pueden hacer para solucionar los problemas de salud ambiental.
- Aplicar el concepto de *pensar globalmente y actuar localmente* ante una situación específica
- Comprender los aspectos éticos de importancia para las acciones de salud ambiental.

12.1 Desde el conocimiento hasta la acción

Con frecuencia es difícil llegar a un acuerdo sobre las causas fundamentales de los problemas del medio ambiente debido a la diversidad de opiniones de diferentes culturas e individuos. Una sociedad puede ver los problemas a través de la arrogancia tecnológica y considerar como un hecho que los seres humanos pueden hacer cualquier cosa sin temor a las consecuencias. Otra sociedad puede ver los problemas ambientales como una representación del fracaso moral por parte del gobierno y la sociedad, y el deseo por parte de los individuos de vivir fácil sin trabajo arduo. Incluso, otra sociedad puede ver estos problemas como algo inevitable, como parte del precio que debe pagar por alcanzar un modo de vida decoroso y para eliminar la pobreza. Estas ideas diferentes acerca de las causas no son necesariamente verdaderas o falsas, y no pueden ser probadas, ni se puede ofrecer una guía práctica de acción. Resulta más productivo, a manera de materia práctica, concentrarse en lo que constituyen los problemas hoy y qué acciones se necesitan para que no empeoren.

Lo que no está muy claro es qué hacer con estas causas. Muchos individuos y grupos políticos tienen sus propios criterios acerca de los cambios radicales que podrían eliminar problemas específicos donde ellos perciben que están las

causas fundamentales. Sin embargo, estas causas (como por ejemplo, la sobrepoblación) para algunas personas constituyen un fenómeno secundario derivado de otros (por ejemplo, la falta de educación y el empobrecimiento de la mujer). Es fácil concebir soluciones radicales, pero resulta muy difícil ponerlas en práctica. Claro está que el mundo tiene mucho tiempo para debatir estas cuestiones antes de que el daño al medio ambiente sea constante, irreversible y esté lo suficientemente avanzado como para restringir las alternativas de vida y las libertades de la próxima generación. Existen muchas personas inteligentes y conscientes, que sin importarles las opiniones acerca de las causas de los problemas arriban a un punto de vista común acerca de los cambios urgentes que se necesitan para oxigenar la sociedad y el medio ambiente. En diversos países alrededor del mundo está emergiendo un consenso con un mínimo de pasos necesarios para lidiar con estos asuntos. Estos se encuentran resumidos en la Tabla 12.1, no necesariamente por orden de importancia.

Si existe un consenso emergente sobre el mínimo de lo que se debe hacer, el próximo paso será precisar quién deberá hacerlo. Claro está que muchas de estas acciones tienen un componente práctico y técnico que debe ser tratado con profesionales entrenados. Sin embargo, estos profesionales no deben actuar de forma aislada; debe existir ayuda por parte de las personas que son directamente afectadas, líderes nacionales, instituciones y líderes locales, quienes quizás tengan mayor influencia; sobre todo, si las reformas pueden incorporarse a la vida diaria y a la interacción social. Es esencial la alianza con los líderes de la comunidad.

Por esta razón entre otras, los profesionales de la salud ambiental no pueden ser sólo expertos en la técnica; también deben servir como *agentes de cambio* dentro de su sociedad, educar a las personas acerca de la importancia de estos problemas y movilizar a otras hacia acciones efectivas.

12.2 Principios éticos que guían la acción sobre la salud ambiental

Los profesionales de la salud ambiental deben tomar muchas decisiones en el trabajo diario que involucran no sólo los problemas científicos y técnicos, sino también los problemas éticos. Los principios *éticos* básicos en el trabajo de salud ambiental siguen los mismos principios que se han desarrollado para otros trabajos de salud, excepto que los pasos a seguir requieren profesionales que presten incluso una mayor atención a las consecuencias sociales externas de su labor. La Tabla 12.2 ofrece las guías éticas que deben ponerse en práctica por los epidemiólogos ambientales, aunque éstas también se aplican a otros miembros del equipo de salud ambiental.

Tabla 12.1 Componentes para enfrentar los problemas de salud ambiental.

-
- *Control de la contaminación*, en primer lugar, prevenir la contaminación del medio ambiente y crear una estructura económica y reguladora que contribuya a la vigilancia y control de la contaminación.
 - *Remediación*, limpiar áreas contaminadas y restaurarlas hasta casi su estado inicial, natural y aceptable.
 - *Conservación de los recursos*, incluye el reciclaje y la recuperación; reducción de la cantidad de materias primas que usan las industrias y usar con eficiencia estos recursos.
 - *Conservación del ecosistema*: asegurar que los hábitats de todas las especies del mundo conserven su productividad plena y se mantengan las prácticas humanas sostenibles.
 - *Compromiso de poner fin a la pobreza extrema*, apoyar los esfuerzos nacionales para alcanzar una economía estable, con el objetivo de ofrecer a los pueblos del mundo al menos un nivel comparable de seguridad económica y personal, igual al de los países desarrollados en la actualidad.
 - *Transferencia de tecnología*, que permita al mundo subdesarrollado la industrialización para alcanzar una mayor eficiencia, menos peligros y menos tecnologías contaminantes.
 - *Sistemas económicos sostenibles*, basar la productividad económica en lo que se pueda extraer del medio ambiente sin ocasionar daños por un periodo de tiempo prolongado.
 - *Control del crecimiento de la población*, que posibilite una adecuada calidad de vida familiar y seguridad individual.
 - *Aceptación de algún grado de riesgo* como parte de la vida diaria, pero con el compromiso por parte de la sociedad de moderar el efecto de estos riesgos sobre sus ciudadanos mediante la educación, medidas e incentivos económicos, de forma tal que los daños a la vida no sean una preocupación constante.
 - *Prevención de la guerra nuclear o convencional*, que las instituciones humanas puedan controlar las guerras por completo y que se utilicen los fondos dirigidos a armamentos para propósitos pacíficos, incluyendo la recuperación del medio ambiente.
-

Tabla 12.2 Lineamientos éticos para epidemiólogos ambientales

-
- I. Obligaciones de los investigadores participantes
 1. Respetar los derechos y la autonomía de todos.
 2. Sugerir tanto los beneficios como los daños individuales y colectivos de la investigación propuesta.
 3. Proteger el bienestar común.
 4. Obtener aprobación sobre la información a utilizar todas las veces que sea posible.
 5. Proteger la información / mantener su carácter confidencial.
 6. Usar datos y especímenes sólo para los propósitos que se dio consentimiento.
-

continúa...

Tabla 12.2 Continuación...

II. Obligaciones con la sociedad

1. Evitar la parcialidad.
2. Diferenciar el papel de científicos de aquel de defensores.
3. El interés público siempre tiene prioridad ante cualquier otro.
4. Ser objetivo al diseminar los descubrimientos de la investigación y ser explícito en debates públicos.
5. Involucrar a las comunidades propuestas para estudio en todas las etapas de la investigación y sus informes.
6. Comprometerse con otras disciplinas a desarrollar y maximizar la utilidad pública de la epidemiología ambiental.
7. Considerar las consecuencias sociales externas, incluyendo los logros de la salud, tanto psicosociales como físicos.
8. Tener en cuenta la equidad en el momento de ubicar los recursos utilizados en las diferentes áreas de la investigación, el estrato social y la jurisdicción.
9. Los descubrimientos epidemiológicos ambientales se basan en hipótesis, por lo que deben usarse de forma apropiada en su aplicación para, por ejemplo, desarrollar un análisis de riesgo, la política e intervenciones.
10. Ser diligentes al ejecutar las responsabilidades profesionales.

III. Obligaciones con los patrocinadores y empleadores

1. Asegurar que tanto el investigador como el patrocinador / empleador estén informados de las respectivas responsabilidades y expectativas de cada uno.
2. Enfatizar las obligaciones con las otras partes.
3. Proteger la información confidencial, pero mostrar los métodos, procedimientos y resultados de la investigación.

IV. Obligaciones con los colegas

1. Prometer rigor en el diseño de la investigación y neutralidad en su ejecución.
2. Reportar y publicar métodos y resultados de la literatura revisada en todos los estudios, aunque los descubrimientos sean positivos, negativos o no efectivos.
3. Enfrentar los comportamientos y conductas inadecuadas.
4. Comunicar los requerimientos éticos.

V. Obligaciones con todos los grupos antes mencionados

1. Consultar a líderes y miembros de la comunidad.
 2. Evitar los conflictos de intereses y la parcialidad.
 3. Dedicarse a las responsabilidades con la diligencia debida.
 4. Comunicar los descubrimientos de forma comprensible para el público.
-

Fuente: Soskolne y Light, 1996.

A nivel personal la puesta en práctica de los principios éticos abarca el estilo de vida propio y el consumo de recursos e incorpora los intereses de la salud ambiental que han sido tratados en este libro. En la actualidad, cada profesional de la salud ambiental debe realizar un balance entre sus propias convicciones y compromisos personales, y lo que se requiere para ser un profesional. Existen algunas guías útiles que se pueden sugerir, como muestra la Tabla 12.3.

Tabla 12.3 Principios éticos para los que practican la salud ambiental en su vida diaria.

- Evitar contradicciones obvias entre el estilo de vida y su función profesional, tales como poseer automóviles que contaminen en demasía.
- Mantener el hogar lo más limpio posible y evitar crear fuentes contaminantes.
- Cuando la contaminación no se puede evitar, redúzcala al mínimo, hágalo de forma abierta y use la oportunidad como un buen ejemplo para demostrar que ello puede cambiar.
- Nunca trate de ocultar algo de su vida personal que parezca una contradicción con la función que desempeña como profesional de la salud ambiental; esto podría dar lugar a una situación embarazosa en el futuro.
- Participar de forma visible y personal en los esfuerzos de la comunidad para mejorar el medio ambiente y hacerlo en horas no laborables para demostrar su compromiso personal.
- Centrar su atención en desarrollar un estilo de vida tal que ocasione el menor impacto ambiental comparado con el modo de vida de las personas a su alrededor.
- No trate de ser perfecto o erradicar por completo la contaminación, esto es imposible.

12.3 Función de los profesionales de la salud ambiental

Los profesionales de la salud ambiental son los encargados de renovar los conocimientos técnicos y son la primera fuente a quien pedir consejo técnico sobre cómo tratar los problemas de salud ambiental. Sin embargo, estos profesionales deben adoptar funciones diferentes al interactuar con distintos grupos y en ocasiones diferentes, porque puede que un método no funcione en todo momento y situaciones. Esto significa que todos los profesionales de la salud ambiental deben comprender a fondo las diferentes funciones que tienen que desempeñar y alcanzar las habilidades requeridas para que esas funciones resulten efectivas.

12.3.1 EXPERIENCIA TÉCNICA

El primer y más obvio desempeño de los profesionales de la salud ambiental es dominar los aspectos técnicos y el contexto de los problemas ambientales. Con el objetivo de resolver un problema, es necesario comprender qué lo hace dura-

dero. Este libro de texto contribuirá a alcanzar este nivel de maestría; pero su solo uso no es suficiente, ya que se requiere un desarrollo futuro de conocimientos y habilidades. En realidad el proceso de aprendizaje continúa a través de toda la vida profesional. Este proceso será más eficaz si cada problema enfrentado constituye una oportunidad de comprender cómo resolver el próximo problema. Para convertirse en un profesional eficiente en este terreno, se necesita estar actualizado con el conocimiento científico, así como desarrollar habilidades para hacer cosas y para trabajar como miembro de un grupo con otros profesionales y con la comunidad.

El proceso de aprendizaje *en servicio* puede facilitarse en gran medida mediante debates estructurados y resúmenes de experiencias durante el tratamiento de los problemas de salud ambiental. Si no existiese un programa para tales debates en su puesto de trabajo, usted debe considerar la iniciativa de comenzar-lo. El programa podría incluir resúmenes regulares de casos particularmente interesantes que usted y sus colegas tengan que tratar. Esto incluiría lecturas de artículos seleccionados en sus jornadas profesionales y científicas, o capítulos en libros de textos y discusiones cuyo contenido e implicaciones sean de interés para su trabajo.

Otra forma de desarrollar sus conocimientos y habilidades es mediante un nivel alto y formal de entrenamiento en temas de salud ambiental. La eficacia de estos entrenamientos varía de país en país. Las sociedades nacionales de profesionales siempre mantienen la información acerca de estos tipos de cursos. Se pueden encontrar cursos promovidos a nivel internacional; por ejemplo, en los catálogos y bases de datos ofrecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Los profesionales de la salud ambiental que en realidad quieren ser verdaderamente eficientes deben comprometerse a un esfuerzo por largo tiempo en la lectura, pensamiento y análisis para comprender los problemas y las posibles soluciones. Sobre todo se necesita una capacidad de juicio justa para saber qué funcionará en el mundo real, qué no, y cómo alcanzar una solución viable en un mundo o escenario imperfecto.

12.3.2 PRÁCTICA PROFESIONAL

Estrechamente vinculada a la función de los profesionales de la salud ambiental como expertos en la técnica, está la habilidad que ellos demuestren en la práctica. La práctica profesional en salud ambiental depende del trabajo y el ambiente; pero típicamente requiere de la maestría en un cierto número de indicadores de salud y pruebas de laboratorio estandarizadas (por ejemplo, para determinar la calidad del agua) y de la habilidad para interpretar los resultados y estructurar

conclusiones acerca de los problemas. Existen habilidades básicas de tipo tecnológico, y se supone que los profesionales de la salud ambiental sean altamente exactos y diestros en el desempeño de estas tareas. Algo importante es que los profesionales deben tener el juicio necesario para saber qué pruebas se necesitan, cuándo y cómo las piezas del rompecabezas engranan en el cuadro al definir el problema. Por lo tanto, los profesionales de la salud ambiental deben deducir las soluciones apropiadas y tienen que convencer a los demás de que un enfoque sea mejor que otro; o de que no se necesita ninguna medida. Esto significa que las habilidades comunicativas son tan importantes como las habilidades técnicas.

Una ayuda importante para mantener la calidad en la práctica profesional es el apoyo y el trabajo conjunto con asociaciones y sociedades de profesionales, lo que facilita un foro para discutir nuevos avances y compartir materiales educativos. Esto, además, crea una red de trabajo entre los profesionales que fortalece las normas apropiadas de acción y las expectativas acerca de una práctica adecuada.

12.3.3 EDUCACIÓN PÚBLICA

Una de las funciones más importantes para un profesional de la salud ambiental es la educación del público, y para esto es más útil pensar en términos de crear oportunidades para aprender, que desempeñar funciones de maestro. La educación tiende a ser mucho más eficaz si el énfasis se pone en el que aprende y sus necesidades; más que en el que enseña y lo que enseña. El aprendizaje se realiza de muchas formas y resulta muy importante que los profesionales de esta rama comprendan estas diferentes formas de educación.

Los encuentros educacionales más eficaces son con frecuencia aquellos que tienen lugar caso por caso, cuando se da la oportunidad de explicar algo. Generalmente esto ocurre cuando el profesional de la salud ambiental es consultado sobre un problema que quiere resolver el que aprende. En esta situación, éste se encuentra motivado, receptivo, aprende rápido detalles completos y concretos con respecto a cosas específicas. En un inicio, el estudiante parece impaciente con los detalles extraños y puede no comprender de manera plena el contexto del problema. El educador debe resistir a la tentación de ser incompleto y debe asegurarse que el estudiante no se marche con una idea distorsionada del problema. Además, este enfoque reduccionista de la ciencia ha sido condenado a causa del estado del medio ambiente, el cual necesita un enfoque más global para formular y poner en práctica soluciones acertadas y sostenibles. Así, cuando ofrecemos información técnica sobre un problema específico, debemos realizar esfuerzos para situarnos dentro de un contexto global. La mejor forma de hacer esto depende, desde luego, del caso específico.

Enseñar en una escuela es quizás la forma más común de educación. En esta situación, la educación está dirigida con frecuencia a enseñar los antecedentes de un problema y a comprenderlo a fondo. El formato habitual es el del maestro hablando a un gran grupo de personas con el contenido estructurado con frecuencia para explicar el problema desde sus inicios, o resumir cómo funciona algo. El problema de enseñar a adultos trabajadores consiste en que ellos están motivados por los problemas más que por el deseo de comprender todo acerca del tópico. Como los estudiantes adultos están orientados hacia los resultados, en general es más útil ofrecerles oportunidades para realizar preguntas y es necesario hacer la presentación tan concreta y práctica como sea posible. Con frecuencia, enseñar explorando los detalles de un caso es mucho más eficaz que dar una lectura sobre el mismo tema.

En cualquier caso, los principios básicos de un aprendizaje eficaz necesitan ser reconocidos por los profesionales de la salud ambiental en el momento de emprender estas tareas. De forma general, los educadores creen que enseñar a adultos trabajadores requiere la utilización de métodos de enseñanza diferentes a los de niños o estudiantes de tiempo completo. Sin embargo, algunos expertos señalan que muchos de los métodos desarrollados para enseñar a adultos trabajadores también desempeñan una función importante en situaciones tradicionales de aprendizaje. Los métodos efectivos para el aprendizaje que han sido aplicados con éxito en cada uno de estos grupos pueden verse en la Tabla 12.4.

Las presentaciones en la comunidad se ofrecen en respuesta a problemas específicos. Los residentes desean que el problema les sea explicado y saber en qué medida los afecta. Ellos quieren saber que acciones serán tomadas y en ocasiones son muy insistentes al responsabilizar a las autoridades para solucionar el problema. Los residentes de la comunidad pueden estar menos interesados en la explicación sobre los antecedentes del problema y menos motivados a escuchar debates elaborados de sus implicaciones más allá del efecto que causa en sus propias vidas y en la comunidad. Existen individuos que participan de estas reuniones con un propósito personal y aprovechan la oportunidad para preguntar y hacer planteamientos para cambiar las conductas comunitarias o comprometer a las autoridades a tomar medidas que puedan no ser del interés de todos. Los profesionales de la salud ambiental necesitan estar preparados para esta situación.

Al realizar las presentaciones en la comunidad es muy importante que el profesional de la salud ambiental mantenga un comportamiento y una actitud apropiada. Las presentaciones en las cuales los profesionales se muestren muy arrogantes, distantes y ocupados como para involucrarse en las situaciones de los residentes de la comunidad, están condenadas al fracaso y podrían causar

Tabla 12.4 Comparación entre métodos de aprendizaje efectivo para adultos, niños y jóvenes estudiantes.

	Niños y jóvenes estudiantes	Adultos
Métodos de enseñanza	Lecturas, seminarios, juegos y simulaciones	Proyectos especiales, soluciones de problemas.
Enfoque	Instrucciones sistemáticas, teoría, historia.	Comenzar con los intereses y problemas del estudiante e insistir en casos estudiados.
Como manejar lo fundamental	Partir de lo básico, ofrecer primero la teoría.	Estructurar las bases partiendo de exploraciones de materias prácticas, introducir teoría si es necesario.
Teoría y práctica	Insistir en la firme comprensión de la teoría para que el estudiante pueda aplicarla cuando sea necesario.	Insistir en las aplicaciones prácticas que ayuden al estudiante a comprender la teoría.
Lugar o situación	Aulas, sesiones regulares.	"La vida real", situaciones tales como puestos de trabajo, salas comunitarias.

gran hostilidad en la comunidad. Sin embargo, las presentaciones en que se muestren amables, preocupados, accesibles a las personas, honestos, bien informados, pero no abrumadores, se desarrollarán mejor. El capítulo 4 resume los elementos fundamentales en la percepción y comunicación del riesgo; estos siempre deben tenerse en cuenta al preparar una presentación.

La educación también debe realizarse a través de los *medios masivos de comunicación*. Los profesionales de la salud ambiental deben hablar con los periodistas, que deciden qué escriben, y con los editores, que deciden cómo aparece lo que se escribió, ya sea en los periódicos, la televisión o la radio. Los periodistas obtienen gran prestigio con sus escritos y no les gusta ser manipulados en el momento de la preparación de la historia. Por lo tanto, es muy difícil para los profesionales de la salud ambiental dirigir la forma en que la historia aparecerá en los medios masivos de comunicación y cualquier esfuerzo por hacerlo siempre tendrá resistencia por parte de los periodistas, que son los que realizan las entrevistas a los profesionales. En realidad, los esfuerzos por cambiar una historia provocan que los periodistas realicen una investigación posterior con el objetivo de mostrar que existe información encubierta. Por otro lado, la mayoría de las historias ambientales son complejas y requieren explicaciones detalladas para su comprensión a fondo.

Los periodistas en pocas ocasiones tienen el tiempo suficiente para investigar historias habituales antes que culmine su jornada, y en raras ocasiones tienen un entrenamiento científico especializado para comprender los detalles, lo que pone en desventaja a los profesionales de la salud ambiental al ser entrevistados. Con frecuencia lo que da resultado es ser honesto, abierto, utilizar un lenguaje simple y exponer de forma libre y rápida cualquier salvedad, dificultad o desconocimiento que se pueda tener al enfrentar el problema porque de todas formas saldrán a la luz e involucrarán a los profesionales de la salud y a la agencia que representan. Sin embargo, una vez que se admite el problema, éste deja de ser una noticia de primera plana, lo que permite preparar una corta y simple nota de prensa antes de aparecer ante los medios masivos de comunicación, de forma tal que no se escape detalle alguno. En ocasiones describir el problema en pocas palabras, con oraciones simples, ayuda a los periodistas a citar correctamente. Sin embargo, las citas equivocadas son inevitables. Todos los profesionales de la salud ambiental han tenido experiencias negativas con los medios masivos de comunicación, pero no hay otra forma mejor de informar a la mayoría de las personas de la comunidad. Las recomendaciones para trabajar con los medios masivos de comunicación se presentan en el capítulo 4 y deben consultarse antes de una conferencia de prensa.

Un buen enfoque en cuanto a la educación de la comunidad y la solicitud de información por los medios masivos de comunicación, lo constituye la creación de un servicio de información y un portavoz dentro de una asociación profesional. Se puede informar a las organizaciones comunitarias y a los medios de comunicación masiva que si quieren una explicación acerca de un problema particular o un interlocutor sobre un tema específico, pueden contactar con la organización y se les asignará un interlocutor calificado.

12.3.4 EL EJEMPLO PERSONAL

El modo de vida personal fue un punto tratado en la Sección 12.2, dentro del contexto de la ética. Una de las formas más ventajosas en que los profesionales de la salud ambiental pueden influenciar a otras personas es, sin duda, con el ejemplo de sus propias vidas. Vivir conservando los recursos, no contaminando (o al menos contaminando poco), respetando de manera plena a los otros y sin tener un consumo exagerado y notable, es una forma de demostrar a los demás un modo de vida que se responsabiliza por el medio ambiente y que puede resultar satisfactorio.

Las expectativas del público le confieren a los profesionales de la salud ambiental una gran responsabilidad. Las personas ven con rapidez las discrepancias

entre lo que uno dice y lo que hace. Por otro lado, es difícil ser eficiente como profesional cuando uno no puede usar los mismos instrumentos y sistemas que otros profesionales, en especial en sociedades donde existe un gran uso de recursos y el valor de las riquezas constituye un símbolo de autoridad y poder. Por ejemplo, las bicicletas son un medio de transporte eficaz y no contaminante, pero resulta difícil desempeñarse como una autoridad nacional de salud ambiental si uno no puede volar en aviones o manejar automóviles para trasladarse de un lugar a otro. Usar ropas modestas hechas de materiales locales puede ser una forma responsable y práctica de demostrar la preocupación a un nivel local, pero esta práctica podría ser contraproducente cuando se le habla a personas de negocios acerca de las medidas para evitar la contaminación o se trata de persuadir a un político nacional para que cambie su política por sus implicaciones para la economía.

Otra oportunidad para demostrar un compromiso con la calidad del medio ambiente es hacer que su propia agencia o puesto de trabajo tenga las condiciones ambientales tan adecuadas como sea posible. Dependiendo de la situación esto puede significar un aumento del reciclaje y la recuperación de materiales en la oficina o confeccionar un plan de trabajo que facilite a los trabajadores el uso de un transporte público menos contaminante y conservar energía en el edificio. Por ejemplo, algunos hospitales han formado grupos verdes (ecologistas) para revisar los procedimientos con el objetivo de reducir el gasto, mejorar la eficacia y promover el reciclaje y otras medidas ambientales adecuadas.

12.3.5 PROMOCIÓN

Una función de los profesionales de la salud ambiental es servir como *promotores* de políticas ambientales adecuadas y prácticas, de manera similar al papel del médico en su apoyo al paciente. Esta función está estrechamente ligada a las responsabilidades mencionadas con anterioridad para la educación pública y alienta hacia la toma de decisiones para adoptar políticas esclarecedoras.

Dentro de la función de los profesionales de la salud ambiental como técnicos expertos, resulta apropiado defender una solución racional y científica para resolver un problema después de presentar un resumen de soluciones potenciales y sus implicaciones. En general esto funciona mejor si se definen los aspectos a favor y en contra y se ofrece una justificación del porqué una opción es mejor que otra. Para problemas técnicos restringidos esto es usualmente suficiente. El análisis que realizarán los expertos decidirá el asunto. Sin embargo, la mayoría de las soluciones principales dependen del costo, la historia local, la percepción pública, la aceptación política y de la interrelación con otros problemas de la

sociedad. Para bien o mal, las organizaciones políticas son las que deciden el curso de la acción que tiene en cuenta todos los factores.

Aunque la decisión de qué tan lejos llegar en el intento de influir en los tomadores de decisiones es un asunto personal para cada profesional de la salud ambiental, es función de éste guiar a la sociedad hacia la búsqueda de soluciones apropiadas, lo que resultará más fácil o más difícil, de acuerdo con el país y el sistema político.

Un método es constituir o unir asociaciones o sociedades de profesionales y trabajar con ellas para desarrollar políticas que influyeran a los que toman las decisiones. Con frecuencia, un planteamiento sobre un asunto preparado por una gran organización tiene más peso que la opinión de un experto, lo que además demuestra que el problema se analizó en detalle.

Para las situaciones que son en extremo urgentes y serias se pueden crear coaliciones entre diferentes organizaciones. Estas coaliciones pueden emitir planteamientos, tomar posiciones y expresar opiniones en nombre de todos los miembros de las organizaciones. Los políticos toman muy en serio estas coaliciones porque ellas representan intereses diferentes entre sus miembros y muestran que existe un amplio consenso que apoya su posición. Sin embargo, las coaliciones sólo funcionan para asuntos específicos por tiempo limitado y resultan inestables a largo plazo porque los intereses de cada organización limitarán el grado de cooperación que se puede obtener.

12.3.6 REDES DE TRABAJO

Una forma muy eficaz en que los profesionales de la salud incrementan el trabajo y contribuyen con la sociedad, es crear *redes de trabajo* entre ellos y con otras organizaciones. Las redes pueden ser formales e informales, personales o institucionales. Ellas se crean cada vez que los profesionales quieren comunicarse y compartir recursos. Un profesional que no esté conectado a una red está en desventaja con los que sí lo están.

Las redes ofrecen una serie de opciones para tratar un problema, ya que resulta fácil obtener buenas ideas, compartir o prestar recursos necesarios, aprender y adaptarse a nuevas ideas o métodos y contribuyen a la educación constante acerca de los avances en esta esfera en la región. Las redes interdisciplinarias también resultan eficaces al mantener informados a los miembros sobre los adelantos más recientes en el campo de su experiencia.

La red más simple se establece entre colegas y amigos en la esfera en que se desempeñan y las organizaciones a las que pertenecen. Las redes más sofisticadas pueden incluir iniciativas de la OMS; tales como la *Red Global de Epidemiología*

Ambiental (GEENET) y la *Red Global de Bibliotecas de Ambiente y Salud*, que dan acceso a herramientas prácticas y educativas mediante publicaciones, por correo y mediante correo electrónico.

A pesar de que las redes nacionales e internacionales tienen gran uso e importancia, las redes locales y comunitarias pueden tener una potencia excepcional en el momento de resolver un problema local. Resulta de gran ayuda ser capaz de acercarse a líderes comunitarios, representantes de negocios, científicos e ingenieros cuando se necesita resolver un problema ya que ellos conocen su comunidad, y por tanto, las soluciones propuestas por ellos serán más prácticas y factibles que las propuestas por personas que no pertenecen a la comunidad. Además, ofrecen mayor apoyo a las soluciones propuestas.

12.3.7 INVESTIGACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

La mayor responsabilidad de los profesionales de la salud ambiental es documentarse en los problemas de sus comunidades y cuando sea necesario dirigir investigaciones para comprenderlos. Esto significa contar con laboratorios de nivel, tener un entrenamiento especial y acceso a las instalaciones; pero lo que tiene mayor significación es una investigación a fondo, con referencias para consultar a fin de determinar cómo surgió el problema, por qué continúa y qué alternativas existen para resolverlo.

La documentación puede ser inapreciable para proveer una evidencia sólida de que algo necesita hacerse, y es a menudo la motivación para la acción. Además ofrece la evidencia para que cualquier mejoría o deterioro subsiguiente pueda ser evaluado.

La investigación original de la naturaleza de los problemas ambientales es difícil y costosa, requiere un entrenamiento especial con un alto rigor técnico. Sin embargo, muchos de nuestros conocimientos en asuntos ambientales han surgido a partir de este difícil proceso y de los compromisos de dedicados investigadores que contribuyeron con hechos, ideas y análisis.

Aunque no siempre resulta práctico para un profesional de la salud ambiental dirigir personalmente una investigación, siempre es posible sustentar una buena investigación. Esto ocurre cuando se alienta a los estudiantes talentosos de la comunidad a optar por carreras científicas relacionadas con el medio ambiente, se aportan fondos para tales trabajos, se ofrecen investigadores con acceso a datos, se habla acerca de la necesidad de investigar en la comunidad y se pide apoyo al gobierno y a las sociedades profesionales.

El papel de apoyo de las sociedades profesionales a las buenas investigaciones no puede ser subestimado. No sólo aportan dinero para sus propias investi-

gaciones, sino además ofrecen redes para que los investigadores organicen sus estudios, son un foro para juzgar la calidad de las investigaciones (en muchas ocasiones ofreciendo la oportunidad de ser discutidas), y organizan reuniones científicas en las que los descubrimientos pueden ser presentados, e influenciar al gobierno y al sector privado para que apoyen la investigación de buena calidad.

Preguntas de estudio

Suponiendo que usted esté de acuerdo en que los profesionales “deben involucrarse” ¿qué puede hacer respecto a cada una de las categorías expuestas en la Sección 12.3? Sea tan concreto como sea posible y de ejemplos específicos de acciones que usted puede tomar.

REFERENCIAS

- ACOHOS (1983) *Principles and Procedures for the Interpretation of Epidemiological Studies*. Advisory Committee on Occupational Health and Occupational Safety. Advisory Memorandum 82-V to the Minister of Labour, Ontario, Canada.
- Ad Hoc Population Dose Assessment Group (1979) *Population Dose and Health Impact of the Accident at Three Mile Island Nuclear Station*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, and National Research Council.
- Anderson DM. (1992) The fifth international conference on toxic marine phytoplankton: A personal perspective. *Harmful Algae News (Suppl. to International Marine Science)*, 62; 6-7).
- Ajzen I. (1991) The theory of planned behaviour. *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*, 50:179-211.
- Ascherio A, Chase R, Cote T, Dehaes G, Hoskins E, Laaquej J, Passey M, Qaderi S, Shuqaider S, Smith MC, Zaidi S. (1992) Effect of the Gulf War on infant and child mortality in Iraq. *The New England Journal of Medicine*, 327 (13):931-936.
- ATSDR (1992) *Public Health Assessment Guidance Manual*. Michigan: Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. Lewis Publishers.
- Baker D, Landrigan P. (1993) *Occupational Exposures and Human Health. Critical Condition: Human Health and the Environment*, Chivian E, McCally M, Hu R, Haines A (eds). Cambridge: MIT Press.
- Baker SP, O'Neill B, Karpf FS. (1984) *The Injury Fad Book*. Lexington: Lexington Books, D.C. Health and Company.
- Beaglehole R, Bonita R, Kjellström T. (1993) *Basic Epidemiology*. Geneva: World Health Organization.
- Becklake MR. (1985) Chronic airflow limitation: its relationship to work in dusty occupations. *Chest* 4:608-617.
- Becklake MR. (1989) Occupational exposures: Evidence for a causal association with chronic obstructive pulmonary disease. *American Review Respiratory Disease*, 140:S85-S91.
- Beneson AS. (ed) (1995) *Control of Communicable Diseases Manual*. Baltimore: United Book Press.
- Berdén M, Nilsson SI, Rosén K, Tyler G. (1987) *Soil Acidification: Extent, Causes, and Consequences*. Solna (Sweden): National Swedish Environment Protection Board.
- Briggs D, Corvalan C, Nurminen M. (1996) *Linkage methods for Environment and*

- Health Analysis*. General guidelines. Document WHO/EHG/95.26. Geneva: World Health Organization.
- Brooks S., Gochfeld M, Herzstein J, Jackson R, Schenker MB. (1995) *Environmental Medicine*. St Louis: Mosby.
- Bryan FL. (1989) *HACCP: Hazard Analysis Critical Control Point Manual*. Washington, DC: Food Marketing Institute.
- Bryan FL. (1989) *HACCP: Hazard Analysis Critical Control Point Evaluations*. Geneva: World Health Organization.
- Carson R. (1962) *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin.
- CAMECO (1996) *McArthur River Mining Development Environmental Impact Statement*. Saskatoon: Cameco Corporation.
- Chivian E, McCally M, Hu R, Haines A. (1993) *Human Health and the Environment*. Boston: MIT Press.
- Clarkson TW, Friberg L, Nordberg GF, Sager PR (eds). 1988 *Biological Monitoring of toxic metals*. New York and London: Plenum Press.
- Clatworthy S, Stevens H. (1987) *An Overview of the Housing Conditions in Registered Indians in Canada*. Ottawa: Department of Indian Affairs and Northern Development.
- Colborn T, Dumanoski D, Peterson Myers J. (1996) *Our Stolen Future*. New York: Penguin Group.
- Corvalán C, Kjellström T. (1995) Health and environment analysis for decision making. *World Health Statistics Quarterly*, 48(2):71-77.
- Corvalán C, Nurminen M, Pastides H. (1997) *Linkage Methods for Environment and Health Analysis*. Technical guidelines document. WHO/EHG/ 97.11. Geneva: World Health Organization.
- Covello VT, Allen FW. (1988) *Seven Cardinal Rules of Risk Communication*. Washington, DC: US EPA.
- Covello VT. (1989) Informing people about risks from chemicals, radiation, and other toxic substances: A review of obstacles to public understanding and effective risk communication. En: *Prospects and Problems in Risk Communication*. Leiss W (ed). Ontario, Canada: University of Waterloo Press.
- Davies DL, Bradlow HL, Wolff M, Woodruff T, Hoel DG, Anton-Culver H. (1995) Medical hypothesis: Xenoestrogens as preventable cause of breast cancer. *Environmental Health Perspectives*, 101:372-377.
- Dean K, Hancock T. (1992) *Supportive Environments for Health*. Copenhagen: World Health Organization.
- Dhara R, Dhara VR. (1995) Bhopal - A case study of international disaster. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 1(1): 58-69.
- Dejoy DM. (1984) A report on the status of research on the cardiovascular effects of noise. *Noise Control Engineering Journal*, 23:32-9.
- de Koning HW. (1987) *Setting Environmental Standards. Guidelines for Decision-Making*. Geneva: World Health Organization.

- Dunser HJ, Howells H, Templeton WL. (1959) District surveys following windscale incident in October 1959. En: *Proceedings of the Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy*. Sept. 1-13, 1958. Geneva: United Nations.
- Elinder CG, Friberg L, Kjellström T, Nordberg G, Oberdoerster G. (1994), *Biological Monitoring of Metals*. Geneva: World Health Organization.
- Environment Canada (1976) *Criteria for Air Quality Objectives*. Report for the Federal/Provincial Committee on Air Pollution. Ottawa: Environment Canada.
- Epstein PR, Rapport DJ. (1996). Changing coastal marine environments and human health. *Ecosystem Health*, 2 (3):166-176.
- Ewetz L, Camner P (eds). (1983) *Motor Vehicles and Cleaner Air: Health Risks Resulting from Exposure to Motor Vehicle Exhaust*. A report to the Swedish Government Committee of Automotive Air Pollution Stockholm National Institute of Environmental Medicine.
- Falk H, Heath C. (1986) Vinyl Chloride and Cancer. En: *Teaching Epidemiology in Occupational Health*. Atlanta: US National Institute for Occupational Safety and Health and World Health Organization.
- FAO/WHO (1994) *Codex Alimentarius*. Geneva and Rome: Food and Agricultural Organization/World Health Organization.
- Federspiel JF. (1983) *The Ballad of Typhoid Mary*. New York: EP Dutton Inc.
- Fletcher RG, Fletcher SW, Wagner EH. (1982) *Clinical Epidemiology - the Essentials*. Baltimore/London: Williams & Wilkins.
- Foley G. (1992) Renewable energy in third world energy assistance. *Energy Policy*, 20(4):335-361.
- Folinsbee LJ. (1992) Human health effects of air pollution. *Environmental Health Perspectives*, 100:4556.
- Franklin CA, Burnett RT, Paolini RJ, Raizenne ME. (1985) Health Risks From Acid Rain: a Canadian Perspective. *Environmental Health Perspectives*, 63:155-68
- Garfield M, Neugut A (1997) The Human consequences of War. *War and Public Health*. Levy & Sidel (eds). New York: Oxford University Press.
- Goyer RA, Bachmann J, Clarkson TW, Ferris Bg, Graham J, Mushak P, Perl DP, Schlesinger R, Sharpe W. (1985) Potential human health effects of acid rain: Report of workshop. *Environmental Health Perspectives*, 60:355-368.
- Gregory K. (1992) The earth summit: Opportunity for energy reform. *Energy Policy*, 20(6):547
- Guidotti TL. (1986) Managing incidents involving hazardous substances. *American Journal of Preventive Medicine*, 2(3): 148-154.
- Guidotti TL. (1994) *Assessing the Health of Ecosystems*. Presentation to the First International Symposium on Ecosystem Health and Medicine. Ottawa.
- Guyer B, Gallagher SS. (1985) An approach to the epidemiology of childhood injuries. *Pediatric Clinics North America*, 32: 5-16.

Referencias

- Haglund BJA, Pettersson B, Finer D, Tillgren P. (1991) *The Sundsvall Handbook: "We Can Do It!"* 3rd International Conference on Health Promotion, Sundsvall, Sweden.
- Hallenbeck WH. (1993) *Quantitative Risk Assessment for Environmental and Occupational Health*. Michigan: Lewis Publishers.
- Hammond GW, Rutherford BE, Malazdrewicz R, MacFarlane N. (1988) *Haemophilus influenzae* meningitis in Manitoba and the Keewatin District NWT: Potential for Mass Vaccination. *Canadian Medical Association Journal*. 139: 743-747.
- Hansen J, et al. (1989) Regional greenhouse climate effects. En: *Coping with Climate Change* (Proceedings of the Second North American Conference on Preparing for Climate Change, 6-8 December 1988). Washington, DC: Climate Institute.
- HC (1992) Canadian Environmental Protection Act: First Edition. Ottawa, Environmental Health Directorate.
- HC (1993) *Investigating Human Exposure to Contaminants in the Environment: A Handbook for Exposure Calculations (DRAFT)*. Great Lakes Health Effects Division, Health Protection Branch.
- HC (1995) *Health and Environment: A Handbook for Health Professionals*. Ottawa and Toronto: The Great Lakes Health Effects Program, Health Canada and The Environmental Health and Toxicology Unit, Ontario Ministry of Health.
- Hespanol I, Helmer R. (1993) The importance of water pollution control for sustainable development presented at WHO Symposium on water use and conservation. Amman, Jordan.
- Huq A, Colwell RR. (1996) Vibrios in the marine and estuarine environment: tracking *Vibrio cholerae*. *Ecosystem Health*, 2(3):198-214
- HWC (1990) Nutrition Recommended, The Report of the Scientific Review Committee. Ottawa: Health and Welfare, Canada.
- ILO (1998) *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, 4th ed., Stellman JM (ed.) Geneva: International Labour Organization.
- Jacob M. (1989) *Safe Food Handling: A Training Guide for Managers of Food Service Establishments*. Geneva: World Health Organization.
- JBMC (1995) *Report of Activities 1994-1995* Montreal: James Bay Mercury Committee.
- Jedrychowski W, Krzyzanowski M (eds.) (1995) *Host Factors in Environmental Epidemiology*. Proceedings of the Conference and Workshop, Cracow, June 11-14, Central and Eastern European Chapter of ISEE/ISEA, WHO.
- Jeyaratnam J. (ed.) (1992) *Occupational health in developing countries*. Oxford: Oxford Medical Publications.
- Jones TS, Liang AP, Kilbourne EM, Griffin MR, Patriarca PA, Wassilak SG, Mulan RJ, Herrick RF, Donnel HD Jr., Choik Thacker SB. (1982) Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St. Louis and Kansas City, Mo. *JAMA*, 247:3327-3331.
- Jones RR. (1987) Ozone depletion and cancer risk. *Lancet*, 11:443-445.

- Kaferstein FK, Miyagishima K, Miyagawa S, Motarjemi Y, Moy G. (1995) What is food quality and safety? En: *Proceedings of Food Session, 39th EOQ Annual Congress*, Hochschulverlag.
- Kalimo R, El-Batawi MA, Cooper CL. (eds.) (1987) *Psychosocial Factors at Work and Their Relation to Health*. Geneva: World Health Organization.
- Kjellström T. (1986a) Itai-itai Disease En: *Cadmium and Health*. Vol. 2. Friberg L, Elinder CG, Kjellstrom T, Nordberg G *et al.* (eds.) Boca Raton: CRC Press Inc.
- Kjellström T. (1986b) Critical organs, critical concentrations, and whole body dose-response relationships. En: *Cadmium and Health* Vol 2. Friberg L, Elinder CG, Kjellstrom T, Nordberg G *et al.* (eds.) Boca Raton: CRC Press Inc.
- Kjellström T, Rosenstock L. (1990) The role of Environmental and Occupational Hazards in the Adult Health Transition. *World Health Statistics Quarterly*, 43: 188-196.
- Kjellström T, Hicks N. (1991) Atmospheric Fog in Greater London. En: *Problem-Based Training Exercises for Environmental Epidemiology*. Geneva: World Health Organization.
- Kjellström T, Yassi A. (1998) Linkages between environmental and occupational health. *ILO Encyclopaedia of Occupational and Safety*, 4th edition pp 532-534.
- Kraus JF, Robertson LS. (1992) Injuries and the public health. *Public Health and Preventive Medicine*, 13th ed. Last JM, Norwalk (eds): Appleton-Century-Crofts.
- Last JM. (1992) Global Environment, health, and health services. *Public Health and Preventive Medicine*, 13th ed. Last JM, Norwalk (eds): Appleton-Century-Crofts.
- Last JM. (ed). (1995) *A Dictionary of Epidemiology* 3rd ed. New York: Oxford University Press.
- Leaf A. (1989) Potential health effects of global climatic and environmental changes. *New England Journal of Medicine*, 321:1577-1583.
- Lebel J, Mergler D, Lucotte M, Amorim M, Dolbec J, Miranda D, Arantes G, Rheault I, Pichet P. (1996) Evidence of Early Nervous System Dysfunction in Amazonian Populations Exposed to Low Levels of Methylmercury. *Neurotoxicology*; 17:157-168.
- Levy BS, Sidel VW. (eds.) (1997) *War and Public Health*. New York: Oxford University Press.
- Levy BS, Wegman DH (eds). (1988) *Occupational Health: Recognising and Preventing Work-Related Disease*. 2nd. ed. Boston/Toronto: Little, Brown and Company.
- Lovelock J. (1998) *The Ages of Gaia. A Biography of our Living Earth*. London: Norton.
- Mage DT, Zali O. (1992) *Motor Vehicle Air Pollution: Public Health Impact and Control Measures*. Geneva: World Health Organization.
- Manitoba Labour (1991) *Guidelines for Work in Hot Environments*. Manitoba, Canada.
- Marrett LD, King WD. (1995) *Great Lakes Basin Cancer Risk Assessment: A Case-Control Study of Cancers of the Bladder, Colon and Rectum*. Ottawa, Canada: Laboratory Centre for Disease Control, Health Canada.
- McGuigan MA. (1992) Teratogenesis and reproductive toxicology. En: *Hazardous*

- Materials Toxicology: Clinical Principles of Environmental Health*. Sullivan Jr. JB, Krieger GR. (eds). Baltimore: Williams & Wilkins.
- McMichael AJ. (1993) *Planetary Overload: Global Environmental Change and The Health of the Human Species*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McMichael AJ, Haines A, Slooff R, Kovats S. (1996) *Climate Change and Human Health*. Geneva: World Health Organization.
- Meinhardt PL, Casemore DP, Miller KB. Epidemiologic Aspects of Human Cryptosporidiosis and the Role of Waterborne Transmission. *Epidemiol Rev*. 18 (2): 118-136.
- Michaels D, Barrera C., Gacharna MC. (1985) Economic development and occupational health in Latin America: new directions for public health in less developed countries. *American Journal Public Health*, 75(5):536-542.
- Moan J, Dahlback A, Larsen S, Henriksen T, Stamnes K. (1989) Ozone depletion and its consequences for the influence of carcinogenic sunlight. *Cancer Research*, 49: 4247-4250.
- Morgan WKC, Seaton A (eds). (1995) *Occupational Lung Diseases*. Third Edition. Toronto: W.B. Saunders Company,.
- Morrison WL. (1989) Effects of ultraviolet radiation on the immune system in humans. *Photochem. Photobiol*, 50: 515-524.
- Mungall C, McLaren D. (eds). (1990) *Planet Under Stress: The Challenge of Global Change*. Toronto: Oxford University Press/Royal Society of Canada.
- Murray CJI, Yang G, Qiao X. (1992) Adult Mortality: Levels, Patterns and Causes. En: *The Health of Adults in the Developing World*, Feachen RGA Kjellström T, Murray CJI, Over M. (Eds.) Oxford: Oxford University Press
- Murray CJI, Lopez AD. (1996) *The Global Burden of Disease*. Boston: Harvard University Press.
- Nafis S. (1990) *Investing in Women: The Focus of the '90's*. New York: United Nations Population Fund.
- National Academy of Sciences (1992) *Ozone Depletion, Greenhouse Gases, and Climate Change*. Washington DC: National Academy Press.
- NCIPC (1989) The National Committee for Injury Prevention and Control. Introduction: A history of injury prevention. *American Journal Preventive Medicine*, 5: 4-18.
- Nell J, Stewart K. (1994) *Death in Transition: The Rise in the Death Rate in Russia Since 1992*. Florence: United Nations Children's Fund, International Child Development Centre.
- Newman LS. (1992) Pulmonary toxicology. En: *Hazardous Materials Toxicology: Clinical Principles of Environmental Health*. Sullivan Jr. JB, Krieger GR. (eds). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Niesink, et al. (1996) *general Toxicology, Principles and Applications*. Florida: CRC Press.
- NIOSH (1988) *Proposed National Strategy for the Prevention of Disorders of Reproduction*. Cincinnati: US National Institute for Occupational Safety and Health.

- NIOSH (1995) *Cumulative Trauma Disorders in the Workplace: Bibliography*. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health.
- Nogueira DP. (1987) Prevention of accidents and injuries in Brazil. *Ergonomics*, 30(2): 387-393
- NRC (1991) *Human Exposure Assessment for Airborne Pollutants*. Washington DC: National Research Council.
- OECD (1991) *State of the Environment Report*. Paris: Organization of Economic Cooperation and Development.
- Ong CN, Jeyaratnam J, Koh D. (1993) Factors influencing the assessment and control of occupational hazards in developing countries. *Environmental Research*, 60(1): 112-123.
- Ostro B. (1996) *A Methodology for Estimating Air Pollution Health Effects*. Geneva: World Health Organization.
- OTA (1992) *Fueling Development: Energy Technology for Developing Countries*. Washington DC: Office of Technology Assessment.
- Pandey MR. (1984) Domestic smoke pollution and chronic bronchitis in a rural community of the hill region of Nepal. *Thorax*, 39: 339-339.
- Pisaniello DL, McMichael AJ, Woodward A. (1993) *Guidelines on Planning Education and Training for the Control of Environmental Health Hazards: A Contribution to Capacity-Building at National and Sub-national Levels*. Geneva: World Health Organization.
- Pless M. (1994) Editorial. Unintentional childhood injury - where the buck should stop. *American Journal Public Health*, 84(4): 537-539.
- Rapport DJ. (1995a) Ecosystem Health: Exploring the territory. *Ecosystem Health*, 1(1): 5-13.
- Rapport DJ. (1995b) Ecosystem Health: an emerging integrative science. En: *Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystems*.
- Rapport DJ. (1997) Gaining focus: Emerging Themes in Ecosystem Health. *Ecosystem Health*, 3: 1 (in press).
- Robock A. (1991) Nuclear Winter: Global Horrendous Death. En: *Horrendous Death, Health, and Well-Being*. Leviton D. (ed). Hemisphere Publishing Corporation, New York, US.
- Rundel RD, Nachtwey DS. (1983) Projections of increase non-melanoma skin cancer incidence due to ozone depletion. *Photochem Photobiol*, 38:577-591.
- Rylander R. (1992) Effects on humans of environmental noise particularly from road traffic. *Motor Vehicle Air Pollution: Public Health Impact and Control Measures*. Mage DT and Zali O (eds). Geneva: Ecotoxicology Service and Canton of Geneva and World Health Organization.
- Samet JM, Utell ML (1990) The risk of nitrogen dioxide: What have we learned from epidemiological and clinical studies. *Toxicology and Industrial Health* 26: 247-262.

Referencias

- Sandman P. (1986) *Explaining Environmental Risk*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Toxic Substances.
- Schaefer M. (1991) *Combating Environmental Pollution: National Capabilities for Health Protection*. Geneva: World Health Organization.
- SCHEP (1983) *The Swedish-Coal-Health-Environment Project*. Stockholm: The Swedish State Power Board.
- Schneider SH. (1987) Climate modeling. *Scientific American*, 256(5):72-80.
- Shah CP. (1994) *Public Health and Preventive Medicine in Canada*. Toronto: University of Toronto Press.
- Sharp RM, Skakkeback NE. (1993) Are oestrogens involved in the falling sperm counts and disorders of the male reproductive system. *Lancet*, 341:1392-1395.
- Sims J. (1994) *Women, Health and Environment. An Anthology*. Geneva: World Health Organization.
- Smayda TJ, Shimizu Y. (1993) *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*. Elsevier, Oxford, UK.
- Smith KR. (1987) *Biofuels, Air Pollution and Health: A Global Review*. New York: Plenum Press.
- Smith KR. (1991) *Biomass Cookstoves in Global Perspective: Energy, Health and Global Warming*. Geneva: World Health Organization.
- Soskoline CL, Light A. (1996) Towards ethics guidelines for environmental epidemiologists. *The Science of the Total Environment*, 137-147.
- Sparks PJ, Daniell WM, Black DW, Kipen WM, Altma LC, Simon GE, Terr AI. (1994) Multiple chemical sensitivity syndrome: A clinical perspective. *Journal of Occupational Medicine*, 36(7): 718-737.
- Spiegel J, Yassi A. (1991) Occupational disease surveillance in Canada: A framework for considering options and opportunities. *Canadian Journal of Public Health*, 82:294-299.
- Statistics Canada (1994) *Human Activity and the Environment 1994*. Ottawa, Canada.
- Stephens B, et al. (1985) Health and low-cost housing. *World Health Forum*, 6:59-62.
- Stephens C, Akerman M, Borlina Maia P. (1995) Health and Environment in Sao Paulo, Brazil: Methods of data linkage and questions of policy. *World Health Statistics Quarterly* 48(2):95-107.
- Stover E, Cobey JC, Fine J. (1997) The public health effects of land mines: long-term consequences for civilians. En: *War and Public Health*. Levy and Sidel (eds). New York: Oxford University Press.
- Thomas L. (1984) Scientific and national frontiers: A look ahead. *Foreign Affairs*, Spring, 62(4): 966-994.
- Turco RP et al. (1990) Climate and smoke: An appraisal of nuclear winter. *Science*, 247:166-176.
- UN (1993) *Agenda 21: The United Nations Programme of Action from Rio*. New York: United Nations.

- UNDP (1995) *Human Development Report*. New York: Oxford University Press, United Nations Development Programme.
- UNEP (1992a) *Saving Our Planet: The State of the Environment (1972-1992)* Nairobi: United Nations Environment Programme.
- UNEP (1992b) *Chemical Pollution: A Global Overview*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- UNEP (1993) *Environmental Data Report*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- UNEP/GEMS (1992) *Contamination of Food*. Geneva: United Nations Environment Programme and Global Environmental Monitoring System.
- UNEP/WHO (1984) *Urban Air Pollution 1973-1980*. Nairobi and Geneva: United Nations Environment Programme and World Health Organization.
- UNEP/WHO (1987a) *Improving Environmental Health Conditions In Low-Income Settlements*. Nairobi and Geneva: United Nations Environment Programme and the World Health Organization.
- UNEP/WHO (1987b) *Global Pollution and Health, Results of Health-Related Environmental Monitoring*. London: United Nations Environment Programme and World Health Organization.
- UNEP/WHO (1992a) *Introductory Guide to Human Exposure Field Studies: Survey Methods and Statistical Sampling*. Nairobi and Geneva: United Nations Environment Programme and the World Health Organization.
- UNEP/WHO (1992b) *Human Exposure to Pollutants*. Nairobi and Geneva: United Nations Environment Programme and the World Health Organization.
- UNEP/WHO (1992c) *Urban Air Pollution in Megacities of the World*. Oxford: Blackwell, United Nations Environment Programme and the World Health Organization.
- UNEP/WHO (1993) *Guidance on Survey Design for Human Exposure Assessment Locations (HEAL) Studies*. Nairobi: United Nations Environment Programme and World Health Organization.
- UNEP/ILO/WHO (1993) *How to Use the IPCS Health and Safety Guides*. Nairobi and Geneva: United Nations Environment Programme, International Labour Office and the World Health Organization.
- UNICEF (1994) *State of the World's Children*. New York: Oxford University Press.
- USEPA (1997) *1997 Declaration of the Environment Leaders of the Fight on Children's Environmental Health*. May 6, 1992, Miami, Florida. Washington: US Environmental Protection Agency.
- Uttel MJ, Samet JM. (1993) Particulate air pollution and health. New evidence on an old problem. *American Review of Respiratory Disease*, 147:1334-1335.
- Van Wijnen JH. (1990) Health risk assessment of soil contamination. PhD Thesis, University of Amsterdam, Rodopi, Amsterdam, The Netherlands.
- Vincent JH. (1993) Perspectives on international standards for health related sampling of airborne contaminants. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 8:233-238.

Referencias

- Waller JA. (1986) Prevention of premature death and disability due to injury. *Public Health and Preventive Medicine*, 12th ed. Last JM. Norwalk (eds). New York: Appleton-Century-Crofts, World Health Organization.
- Waldram D, Herring DA, Young TK. (1995) *Aboriginal Health in Canada: Historical, Cultural, and Epidemiological Perspectives*. Toronto: Buffalo. University of Toronto Press.
- WCE (1990) *Risk and the Energy Industries*. Watt Committee on Energy 27th Consultative Conference. United Kingdom, University of Birmingham.
- WCED (1987) *Our Common Future*. Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press.
- WHO (1980a) *Noise: Environmental Health Criteria No 12*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1980b) *Health Guidelines for the use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*. Geneva: World Health Organization
- WHO (1982) *The Epidemiology of Accident Traumas and Resulting Disabilities*. Copenhagen: World Health Organization
- WHO (1985) *Environmental Health Impact Assessment of Urban Development Projects: Guidelines and Recommendations*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- WHO (1986) *Health and Safety Component of Environmental Impact Assessment*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- WHO (1987a) *Air Quality Guidelines for Europe*, WHO European series No. 23. Copenhagen: World Health Organization.
- WHO (1987b) *Agrochemical Report*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1988) *Food Irradiation*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1988b) *Problem-Based Training Exercises For Environmental Epidemiology*. Document WHO/EHG/98.2. Geneva: World Health Organization
- WHO (1989) *Health Principles of Housing*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1990a) *Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1990b) *Potential Health Effects of Climatic Change: Report of a WHO Task Group*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1991a) *Investigating Environmental Disease Outbreaks. A Training Manual*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1991b) *Indoor Air Pollution from Biomass Fuel*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1992a) *Our Planet Our Health*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1992b) *Panel Report on Food and Agriculture*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1992c) *Panel Report on Urbanisation*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1992d) *Report of the Panel on Energy*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1992e) *Report of the Panel on Industry*. Geneva: World Health Organization.

- WHO (1993a) *Global Strategy: Health, Environment and Development: Approaches to Drafting Country-Level Strategies for Human Well-Being Under Agenda 21*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1993b) *The Urban Health Crisis: Strategies for Health for All in the Face of Rapid Urbanisation*. Report of the Technical Discussions at the Forty-fourth World Health Assembly. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1993c) *Air Quality Guidelines for Europe*, WHO European series No. 23. Copenhagen: World Health Organization.
- WHO (1993d) *Guidelines for Drinking Water Quality*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1994a) *Ultraviolet Radiation*. Environmental Health Criteria. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1994b) *Nuclear Power and Health: The Implications for Health of Nuclear Power Production*. WHO Regional Publications European Series No.51. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1995a) *World Health Report 1995: Bridging the Gap*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1995c) *Health Consequences of the Chernobyl Accident*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1996) *Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE) Fact Sheet N113*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1997) *Health and Environment in Sustainable Development*. Document WHO/EH6/97.8. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1998) *The World Health Report. Life in the 21st Century. A Vision for All*. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1998b) *Problem-Based Training Exercises For Environmental Epidemiology*. Document WHO/EHG/98.2. Geneva: World Health Organization
- WHO/CEMP (1992) *Environmental Impact Assessment of Development Projects. A Handbook for Practitioners*. World Health Organization and Centre for Environmental Management and Planning. London: Elsevier Applied Science. World Health Organization and Center for Environmental Management and Planning.
- WHO/UNEP (1989) *Global Freshwater Quality: A First Assessment*. Geneva and Nairobi: World Health Organization and Global Environmental Monitoring Programme.
- WHO/UNEP (1991) *An Introductory Guide to Human Exposure Field Studies Survey Methods and Statistical Sampling*. Nairobi and Geneva: World Health Organization and United Nations Environment Programme.
- Wilson R, Crouch EAC. (1987) Risk Assessment and Comparisons: An Introduction. *Science* 236(4799): 267-270.
- World Bank (1990) *World Development Report*. Washington, DC: World Bank.
- World Bank (1993) *World Development Report*. Washington, DC: World Bank.

Referencias

- WRI (1992) *World Resources (1992-93)*. Washington, DC: World Resources Institute.
- WRI (1994) *World Resources (1994-95)*. Washington, DC: World Resources Institute.
- WRI/UNEP/UNDP/World Bank (1996) *World Resources (1996-97)*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Yassi A. (1997) Repetitive Strain Injuries. *Lancet*. In press.
- Yassi A, Cheang M, Tennebein M, Bawden G, Spiegel J, Redekop T. (1991) An analysis of occupational blood lead trends in Manitoba, 1979 through 1987. *American Journal of Public Health*, 81(6): 736-740.
- Yassi A, Redekop T, Alberg N, Cheang M. (1996) Occupational blood lead trends in Manitoba, 1979-1994: Assessing the effectiveness of regulation and surveillance. Presented at *Lead in the Americas: A call for Action*. Howson CP, Hernández-Avila M, Rall DP. (eds). Conference held at the National Institute of Public Health, Cuernava, México.

Salud ambiental básica se terminó de imprimir
en el mes de mayo de 2002 en los talleres de
Grupo Editorial Formato, S.A. de C.V.

Toltecas 448 Col. Ajusco Coyoacan México, D.F.

Para su composición se utilizó tipo Times New Roman de
9, 10, 11, 14 y 24 puntos. El tiro fue de 1000 ejemplares.

En el contexto internacional actual ha sido reconocida la necesidad de que la docencia en Salud Ambiental adopte un enfoque interdisciplinario y que tome en consideración las relaciones entre la salud humana, el ambiente y el desarrollo económico. Resulta de gran importancia el estudio de temas tales como la urbanización la energía la industria y los cambios globales.

Atendiendo a este fin, en 1995 se comenzó a gestar la redacción de un texto docente en Salud Ambiental, mediante un proyecto colaborativo entre la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el cual contó con un apoyo financiero de la Comisión de Rectores de las Universidades Europeas para algunas pruebas piloto.

La contribución del PNUMA facilitó que se incorporaran al proyecto países en desarrollo para la elaboración de material, y permitió la incorporación del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología de Cuba (INHEM) desde las primeras etapas del proyecto.

A través del desarrollo de talleres en diversas ciudades como Budapest, Cape Town, Amman y Washington DC, el texto de Salud Ambiental Básica elaborado por la Dra. Annalee Yassi y colaboradores en 1998, fue editado en inglés como un documento de la OMS.

Paralelamente, un colectivo de investigadores del INHEM realizó una versión al español de esta obra, convirtiéndose de esa forma en un recurso muy útil para la docencia en la institución, y sin duda también para otros países de la Región. La versión elaborada permitió modificar algunos conceptos y términos de forma que resultaran más relevantes a los lectores de habla hispana.

El libro está estructurado en 12 capítulos y gracias a su enfoque integral e interdisciplinario, pero básico, puede beneficiar a personas con experiencia en ingeniería, ciencias naturales y sociales, además de a epidemiólogos, enfermeras, médicos y otros profesionales de la salud.

DESPACHO MINISTRA
Unidad de Documentación

I - 028 / 5C