

53

Directores del capítulo
Annalee Yassi y Tord Kjellström

Sumario

Conexiones entre la salud ambiental y la salud en el trabajo <i>Annalee Yassi y Tord Kjellström</i>	53.2
La alimentación y la agricultura <i>Friedrich K. Käferstein</i>	53.5
La contaminación industrial en los países en desarrollo <i>Niu Shiru</i>	53.9
Los países en desarrollo y la contaminación <i>Tee L. Guidotti</i>	53.10
La contaminación del aire <i>Isabelle Romieu</i>	53.11
La contaminación del suelo <i>Tee L. Guidotti y Chen Weiping</i>	53.14
La contaminación del agua <i>Ivanildo Hespagnol y Richard Helmer</i>	53.18
La energía y la salud <i>L. D. Hamilton</i>	53.22
La urbanización <i>Edmundo Werna</i>	53.25
El cambio climático mundial y el agotamiento del ozono <i>Jonathan A. Patz</i>	53.27
La extinción de especies, la pérdida de diversidad biológica y la salud humana <i>Eric Chivian</i>	53.32

● CONEXIONES ENTRE LA SALUD AMBIENTAL Y LA SALUD EN EL TRABAJO

Annalee Yassi y Tord Kjellström

El desarrollo, y en particular la industrialización, han contribuido de forma extremadamente positiva a la salud, así como a una mayor prosperidad personal y social, y a una enorme mejora de los servicios de salud y educación, los transportes y las comunicaciones. Es indudable que, a escala mundial, la gente vive más y tiene un estado de salud mejor que hace siglos o incluso decenios. Ahora bien, la industrialización ha tenido también consecuencias negativas para la salud, y no sólo para los trabajadores, sino para la población en general. Esos efectos se derivan directamente de la exposición a peligros para la seguridad y a agentes perjudiciales, o indirectamente del deterioro del medio ambiente local y mundial (véase en este capítulo "La contaminación industrial en los países en desarrollo").

En el presente artículo se esboza la naturaleza de los peligros para la salud de origen ambiental y las razones que justifican el establecimiento de una relación entre salud ambiental y salud en el trabajo.

Del mismo modo que los peligros derivados del trabajo, los peligros para la salud de origen ambiental pueden ser de carácter biológico, físico, biomecánico o psicosocial. Entre ellos se incluyen factores tradicionales como las deficiencias de saneamiento y vivienda, y la contaminación agrícola e industrial del aire, del agua, de los alimentos y del suelo. Estos peligros tienen gran cantidad de efectos sobre la salud, que pueden ser directos y catastróficos (por ejemplo, la reciente epidemia de cólera en América Latina y el episodio de intoxicación química en Bhopal, India), crónicos (por ejemplo, en Minamata, Japón) o sutiles e indirectos, discutidos incluso (por ejemplo, en Love Canal,

Estados Unidos). En la Tabla 53.1 se resumen algunas de las catástrofes más célebres de los últimos 50 años que han provocado episodios de "enfermedad de origen ambiental", pero es innegable que hay muchísimos otros ejemplos de este tipo, algunos de ellos no fácilmente detectables a nivel macroestadístico. Entre tanto, más de 1.000 millones de personas en el mundo carecen de acceso al agua potable (OMS 1992b), y más de 600 millones están expuestas a niveles ambientales de dióxido de azufre que superan en mucho los límites recomendados. Además, la presión sobre la agricultura y la producción de alimentos derivadas del incremento de la población y de la demanda "per cápita" conducirán probablemente a una mayor carga sobre el medio ambiente (véase en este capítulo "La alimentación y la agricultura"). Así pues, los efectos sobre la salud de origen ambiental comprenden los efectos nocivos indirectos de la industria sobre una alimentación y vivienda adecuadas y el deterioro de los sistemas mundiales de que depende la salud del planeta.

En muchos países, la agricultura a gran escala y el correspondiente uso intensivo de plaguicidas tóxicos representa un importante peligro para la salud tanto de los trabajadores como de sus familias. La contaminación por fertilizantes o desechos biológicos procedentes de la industria alimentaria, la industria del papel y otros sectores industriales puede tener también efectos perjudiciales sobre los cursos de agua, con la consiguiente reducción de la pesca y del suministro de alimentos. Es posible quienes se dedican a la pesca y a la recolección de otros productos marinos tengan que desplazarse largas distancias para obtener su captura diaria, con el incremento del riesgo de naufragio y de otras desgracias. Otro tipo de riesgo para la salud de origen ambiental es la difusión de enfermedades tropicales por los cambios ambientales asociados a avances como la construcción de presas, carreteras y otras infraestructuras. Una nueva presa puede crear un terreno abonado para la esquistosomiasis, enfermedad debilitadora que afecta a los cultivadores de

Tabla 53.1 • Algunos episodios importantes de "enfermedad de origen ambiental".

Lugar y año	Peligro ambiental	Tipo de enfermedad	Número de afectados
Londres, RU 1952	Grave contaminación del aire por dióxido de azufre y partículas en suspensión	Más manifestaciones de enfermedades cardíacas y pulmonares	3.000 muertos y muchos enfermos
Toyama, Japón déc. 1950	Cadmio en el arroz	Renal y ósea ("enfermedad de Itai-itai")	200 graves, muchos más leves
Sudeste de Turquía 1955-61	Hexaclorobenceno en cereales	Porfiria; neurológica	3.000
Minamata, Japón 1956	Metilmercurio en el pescado	Neurológica ("enfermedad de Minamata")	200 graves, 2.000 posibles afectados
Ciudades EE.UU 1960-80	Plomo en pinturas	Anemia, efectos en la mente y en el comportamiento	Muchos miles
Fukuoka, Japón 1968	Bifenilos policlorados (PCB) en aceite comestible	Cutánea, debilidad general	Varios miles
Irak 1972	Metilmercurio en cereales	Neurológica	500 muertos, 6.500 hospitalizados
Madrid, España 1981	Anilina u otra toxina en aceite comestible	Síntomas varios	340 muertos, 20.000 afectados
Bhopal, India 1985	Isocianato de metilo	Pulmonar aguda	2.000 muertos, 200.000 intoxicados
California, EE.UU. 1985	Plaguicida con carbamato en sandías	Efectos sobre los sistemas gastrointestinal, óseo, muscular y nervioso autónomo y central (enfermedad del carbamato)	1.376 casos notificados por consumo, 17 graves
Chernóbil, URSS 1986	Yodo-134, Cesio-134 y -137 por explosión de un reactor	Radiación (incluidos incrementos del cáncer y las enfermedades tiroideas en los niños)	300 heridos, 28 muertos en tres meses, más de 600 casos de cáncer de tiroides
Goiania, Brasil 1987	Cesio-137 de un aparato (abandonado) para radiar a enfermos de cáncer	Radiación (continúa el seguimiento de las exposiciones <i>in utero</i>)	Alrededor de 240 contaminados y dos muertos
Perú 1991	Epidemia de cólera	Cólera	139 muertos, muchos miles de afectados

arroz, que han de andar por el agua. Una nueva carretera puede facilitar la rápida comunicación entre una zona con malaria endémica y otra que hasta ese momento se había visto libre de la enfermedad.

Hay que señalar que el factor más importante para un medio ambiente nocivo, ya sea en el lugar de trabajo o en general, es la pobreza. Entre las amenazas para la salud tradicionales de los países en desarrollo o de los sectores pobres de cualquier país figuran la escasez de saneamiento, de suministro de agua y de alimentos, que contribuyen a la propagación de enfermedades transmisibles, y la mala calidad de la vivienda, con una elevada exposición al humo de cocinar y un elevado riesgo de incendios, así como el alto riesgo de accidentes en la agricultura a pequeña escala o en las pequeñas industrias rurales. La reducción de la pobreza y la mejora de las condiciones de vida y de trabajo constituyen una prioridad fundamental a la hora de mejorar la salud en el trabajo y la salud ambiental de miles de millones de personas. A pesar de los esfuerzos realizados en materia de conservación de la energía y desarrollo sostenible, la falta de tratamiento de las desigualdades subyacentes en la distribución de la riqueza representa una amenaza para el ecosistema mundial. Los bosques, por ejemplo, que constituyen la culminación de sucesivos procesos ecológicos, se están destruyendo a un ritmo alarmante debido a la tala comercial y al desmonte por poblaciones empobrecidas que buscan suelo para la agricultura y leña. Entre los efectos de la despoblación forestal cabe destacar la erosión de los suelos, que en su versión extrema puede llevar a la desertización. Una consecuencia importante de este proceso es la pérdida de diversidad biológica (véase en este capítulo "La extinción de especies, la pérdida de diversidad biológica y la salud humana"). Se estima que una tercera parte de las emisiones totales de dióxido de carbono procede de la quema de bosques tropicales (la importancia del dióxido de carbono como factor de calentamiento de la Tierra se examina en otra parte de este capítulo, "El cambio climático mundial y el agotamiento del ozono"). Resulta, pues, imprescindible abordar el problema de la pobreza al tratar de la salud ambiental mundial y del bienestar de los individuos, las comunidades y las regiones.

Razones para vincular la salud ambiental y la salud en el trabajo

La principal conexión existente entre el lugar de trabajo y el medio ambiente general es que la fuente de peligro suele ser la misma, ya se trate de una actividad agrícola o industrial. Para controlar el peligro sobre la salud, puede resultar eficaz en ambos casos un enfoque común. Así ocurre especialmente a la hora de elegir tecnologías químicas para la producción. Si se puede obtener un resultado o un producto aceptable con una sustancia química menos tóxica, la elección de dicha sustancia química puede reducir o incluso eliminar el riesgo para la salud. Un ejemplo es la utilización de pinturas al agua, más seguras, en vez de las que contienen disolventes orgánicos tóxicos. Otro es elegir, cuando es posible, métodos no químicos de lucha contra las plagas. De hecho, en muchos casos, sobre todo en el mundo en desarrollo, no hay separación entre el hogar y el lugar de trabajo, de modo que el entorno es en realidad el mismo.

Está ampliamente aceptado que los conocimientos científicos y la capacitación que se requieren para evaluar y controlar los peligros para la salud de origen ambiental son en su mayoría los mismos que se precisan para abordar los peligros para la salud en el lugar de trabajo. La toxicología, la epidemiología, la higiene en el trabajo, la ergonomía, la ingeniería de la seguridad —que son de hecho las disciplinas que se incluyen en la presente *Enciclopedia*— son los instrumentos básicos de la ciencia del medio ambiente. El proceso de evaluación y gestión de riesgos es también el mismo: identificación de los peligros, clasificación de

los riesgos, evaluación de la exposición y estimación del riesgo. Los pasos siguientes son evaluar las opciones de control, controlar la exposición, dar a conocer el riesgo al público y establecer un programa continuo de vigilancia de la exposición y el riesgo. Así pues, la salud en el trabajo y la salud ambiental están estrechamente ligadas por metodologías comunes, especialmente en materia de evaluación de la salud y control de la exposición.

En muchas ocasiones se han identificado peligros para la salud de origen ambiental a partir de observaciones de consecuencias adversas sobre la salud de los trabajadores, y es indudable que en el lugar de trabajo es donde mejor se comprende el efecto de las exposiciones industriales. La documentación de los efectos sobre la salud se realiza generalmente por una de las tres vías siguientes: experimentos con animales u otros experimentos de laboratorio (tanto sin seres humanos como con seres humanos bajo control), exposiciones accidentales de alto nivel o estudios epidemiológicos realizados tras dichas exposiciones. Para llevar a cabo un estudio epidemiológico es necesario poder determinar tanto la población expuesta como la naturaleza y el nivel de la exposición, así como comprobar el efecto perjudicial sobre la salud. Suele ser más fácil definir los miembros de una población laboral que los componentes de una comunidad, especialmente en una comunidad muy cambiante; la naturaleza y el nivel de la exposición a que están sometidos los distintos miembros de la cohorte suelen estar más claros en una población laboral que en una comunidad; y los resultados de altos niveles de exposición son casi siempre más fáciles de delimitar que cambios más sutiles atribuibles a un bajo nivel de exposición. Aunque hay algunos ejemplos de exposición "fuera de fábrica" cercanos a las peores exposiciones en el lugar de trabajo (por ejemplo, la exposición al cadmio por la minería en China y Japón; las emisiones de plomo y cadmio procedentes de fundiciones en la Silesia superior, Polonia), la población laboral suele estar sometida a niveles de exposición mucho más altos que la comunidad de su entorno (OMS 1992).

Dado que los resultados negativos para la salud son más evidentes en los trabajadores, se ha utilizado la información sobre los efectos de la exposición en el trabajo a sustancias tóxicas (por ejemplo, a metales pesados como el plomo, el mercurio, el arsénico y el níquel, así como a carcinógenos muy conocidos como el amianto) para calcular el riesgo que presentan esos factores para la salud de la comunidad en general. En el caso del cadmio, por ejemplo, ya en 1942 empezaron a notificarse casos de osteomalacia con fracturas múltiples en trabajadores de una fábrica francesa que producía pilas alcalinas. Durante los decenios de 1950 y 1960, la intoxicación por cadmio se consideró una enfermedad estrictamente laboral. Sin embargo, los conocimientos obtenidos en el lugar de trabajo contribuyeron a que se reconociera que la osteomalacia y la enfermedad renal que se estaba observando en Japón por aquella época, la enfermedad de "Itai-itai", se debían en realidad a la contaminación del arroz por regar los cultivos con agua contaminada por cadmio procedente de fuentes industriales (Kjellström 1986). Así pues, la epidemiología en el trabajo ha contribuido en gran medida al conocimiento de los efectos de la exposición ambiental, lo que constituye una razón más para vincular estos dos ámbitos.

A escala individual, la enfermedad profesional afecta al bienestar en el hogar y en la comunidad y, en general, una persona que tiene problemas de salud por insuficiencias en el hogar y en la comunidad no puede ser productiva en el lugar de trabajo. Desde un punto de vista estrictamente científico, para realizar una auténtica evaluación de efectos sobre la salud y establecer las relaciones dosis-respuesta es necesario tener en cuenta las exposiciones totales (ambientales más profesionales). Un ejemplo clásico es la exposición a plaguicidas: la exposición

en el lugar de trabajo puede verse considerablemente incrementada por la exposición en el medio ambiente, a través de la contaminación de los alimentos y las fuentes de agua, y de la exposición no profesional transmitida por el aire. Tomando únicamente los episodios de más de 100 intoxicados por alimentos contaminados, la OMS (1990c) ha documentado más de 15.000 casos de afectados y 1.500 fallecidos debido a una intoxicación por plaguicidas. En un estudio realizado sobre cultivadores de algodón de Centroamérica que utilizaban plaguicidas, no sólo muy pocos de los trabajadores tenían acceso a ropa protectora, sino que prácticamente todos vivían en un radio de 100 metros de los campos de algodón, muchos en viviendas temporales sin paredes que les protegieran de la vaporización aérea de los plaguicidas. Además, los trabajadores solían lavarse en canales de regadío que contenían residuos de plaguicidas, lo que incrementaba aún más la exposición (Michaels, Barrera y Gacharna 1985). Para comprender la relación existente entre la exposición a plaguicidas y cualquiera de los efectos sobre la salud notificados se han de tener en cuenta todas las fuentes de exposición. En consecuencia, la evaluación simultánea de la exposición en el lugar de trabajo y la exposición ambiental mejora la precisión de la misma en los dos ámbitos.

Los problemas de salud derivados de los riesgos profesionales y ambientales son especialmente graves en los países en desarrollo, donde es menos probable que se apliquen métodos ya consolidados de control de los peligros a causa del limitado conocimiento de su existencia, la poca prioridad política concedida a las cuestiones de salud y medio ambiente, la escasez de recursos o la falta de sistemas adecuados de gestión de la salud ambiental y en el lugar de trabajo. En muchos lugares del mundo, la falta de recursos humanos con una formación adecuada representa un importante obstáculo para el control de los peligros de origen ambiental. Se ha documentado que los países en desarrollo padecen una grave escasez de expertos en salud en el trabajo (Noweir 1986). En 1985 un comité de expertos de la OMS llegó también a la conclusión de que había una necesidad urgente de personal capacitado en cuestiones de salud ambiental; y en el Programa 21, la estrategia internacionalmente acordada que adoptó la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Naciones Unidas 1993), se identifica la capacitación ("creación de capacidad" nacional) como un elemento clave para la promoción de la salud humana por medio del desarrollo sostenible. Cuando los recursos son limitados, no es viable capacitar a un grupo de personas para que se ocupe de las cuestiones de salud en el lugar de trabajo y a otro grupo distinto para que aborde los peligros existentes más allá de las puertas de la fábrica.

Incluso en los países desarrollados se observa una tendencia clara a una utilización más eficiente de los recursos formando y empleando a profesionales en "salud en el trabajo y salud ambiental". En la actualidad, las empresas deben buscar el modo de gestionar su actividad con lógica y eficiencia dentro de su marco empresarial de obligaciones, legislación y política financiera. Una forma de conseguir ese objetivo es combinar en un mismo ámbito la salud en el trabajo y la salud ambiental.

Al diseñar los lugares de trabajo y decidir la estrategias de control en materia de higiene industrial se han de tener en cuenta cuestiones ambientales de carácter general. Sustituir una sustancia por otra que no sea tan tóxica puede tener sentido desde el punto de vista de la salud en el trabajo, pero si esa nueva sustancia no es biodegradable o daña la capa de ozono no será una solución adecuada para controlar la exposición —lo único que se haría es trasladar el problema a otro sitio. El empleo de los clorofluorocarbonos, que hoy se utilizan mucho como refrigerantes en lugar del amoníaco, sustancia más peligrosa, es el ejemplo clásico de lo que hoy sabemos que fue una

sustitución inadecuada desde el punto de vista ambiental. Así pues, al vincular la salud en el trabajo y la salud ambiental se reduce el riesgo de adoptar decisiones erróneas en materia de control de las exposiciones.

Del mismo modo que la comprensión de los efectos sobre la salud de diversas exposiciones perjudiciales ha partido muchas veces del lugar de trabajo, el efecto sobre la salud pública de las exposiciones ambientales a esos mismos agentes ha constituido un importante factor de estímulo para la limpieza tanto en el lugar de trabajo como en la comunidad de su entorno. Por ejemplo, el descubrimiento de elevados niveles de plomo en la sangre de los trabajadores por un higienista industrial en una fundición de plomo en Bahía, Brasil, llevó a que se investigara la presencia de plomo en la sangre de los niños de zonas residenciales próximas. La comprobación de que los niños también presentaban elevados niveles de plomo contribuyó considerablemente a que la empresa adoptara medidas para reducir las exposiciones en el lugar de trabajo así como las emisiones de plomo de la fábrica (Nogueira 1987), aunque las exposiciones profesionales siguen siendo notablemente más altas de lo que toleraría la comunidad general.

De hecho, las normas de salud ambiental suelen ser mucho más estrictas que las de salud en el trabajo. Tenemos un ejemplo de ello en los valores de referencia recomendados por la OMS para determinadas sustancias químicas. La diferencia suele justificarse con el argumento de que la comunidad comprende poblaciones sensibles, como personas de edad avanzada, enfermos, niños pequeños y mujeres embarazadas, mientras que la población laboral goza al menos de una salud suficientemente buena para trabajar. También suele aducirse que el riesgo es más "aceptable" para una población laboral, pues son personas que se benefician de tener un empleo, y por consiguiente están más dispuestas a aceptar el riesgo. La cuestión de las normas o criterios suscita vivos debates de carácter político, ético y científico. Vincular la salud en el trabajo y la salud ambiental puede contribuir de forma positiva a resolver esas controversias. A este respecto, estrechar la relación entre los dos ámbitos puede redundar en una mayor coherencia a la hora de establecer las normas.

Probablemente inspiradas, al menos en parte, por el activo debate sobre medio ambiente y desarrollo sostenible propuesto por el Programa 21, muchas organizaciones de profesionales de la salud en el trabajo han cambiado su denominación por la de organizaciones de "salud en el trabajo y salud ambiental" como una forma de reconocer que sus miembros dedican cada vez más atención a los peligros para la salud de origen ambiental tanto dentro como fuera del lugar de trabajo. Además, como se señala en el capítulo dedicado a la ética, en el Código internacional de ética para los profesionales de salud en el trabajo se afirma que proteger el medio ambiente es una de las obligaciones éticas de dichos profesionales.

En resumen, la salud en el trabajo y la salud ambiental están estrechamente ligadas por:

- el hecho de que la fuente de la amenaza para la salud suele ser la misma;
- sus metodologías comunes, especialmente en materia de evaluación de la salud y control de las exposiciones;
- la contribución aportada por la epidemiología del trabajo al conocimiento de los efectos de las exposiciones ambientales;
- los efectos de las enfermedades profesionales sobre el bienestar en el hogar y la comunidad, y, a la inversa, los efectos de las patologías ambientales sobre la productividad de los trabajadores;
- la necesidad científica de tener en cuenta las exposiciones totales para determinar las relaciones dosis-respuesta;

- la eficiencia en el perfeccionamiento y aprovechamiento de los recursos humanos resultante de dicha vinculación;
- la mejora en las decisiones sobre control de las exposiciones derivada de esta visión más amplia;
- mayor coherencia a la hora de establecer las normas,
- el hecho de que vincular la salud ambiental y la salud en el trabajo es un incentivo más para rectificar los peligros a que están expuestas tanto la población laboral como la comunidad.

Aunque es deseable unir la salud en el trabajo y la salud ambiental, cada una de ellas tiene una orientación propia y específica que no debe perderse. La salud en el trabajo debe seguir centrándose en la salud de los trabajadores, y la salud ambiental atender a la salud del público general. Ahora bien, aunque es conveniente que los profesionales actúen estrictamente en sólo uno de estos dos campos, comprender bien el otro incrementa la credibilidad, la base de conocimientos y la eficacia del empeño global. Este es el espíritu que anima la presentación del presente capítulo.

● LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA¹

Friedrich K. Käferstein

Las necesidades de producción frente a la presión demográfica y otras fuerzas

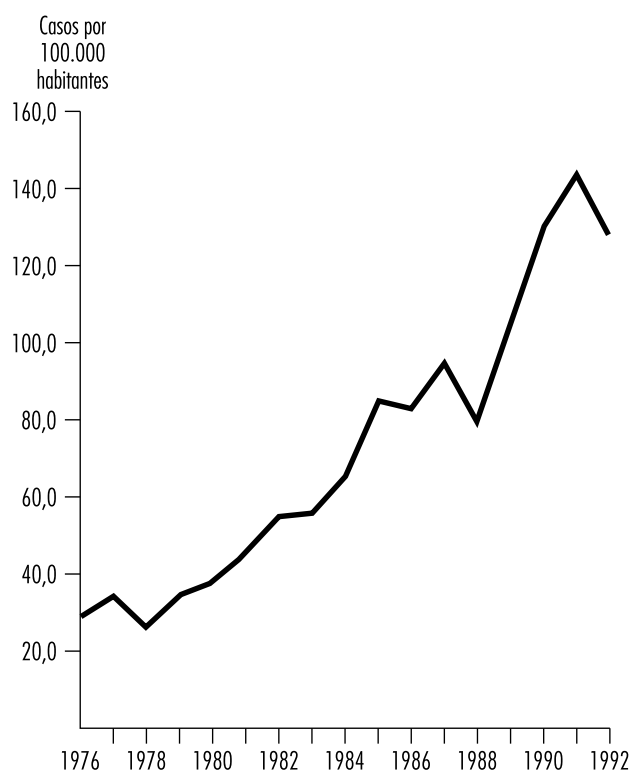
En algunas regiones del mundo la población sigue creciendo con rapidez. Con respecto a la situación de 1990, en el año 2010 habrá 1.900 millones de personas más que alimentar, lo que supone un incremento del 36 % (de 5.300 a 7.200 millones de habitantes).

Se estima que el 90 % del crecimiento total previsto para los próximos 20 años se va a producir en países que actualmente se clasifican de naciones en desarrollo. Se asiste a una urbanización progresiva de la sociedad. La población urbana del mundo llegará a los 3.600 millones personas, lo que representa un incremento del 62 % con respecto a los 2.200 millones de habitantes urbanos que había en 1990. Además, la población urbana de los países en desarrollo se incrementará en un 92 % (de 1.400 a 2.600 millones) en 20 años a partir de 1990, lo que significa que se habrá multiplicado por cuatro desde 1970. Aunque la planificación familiar reciba la urgente atención que requiere en todas las poblaciones en rápido crecimiento, el aumento demográfico y la urbanización seguirán dominando el panorama durante al menos dos decenios.

En los próximos 20 años será necesario incrementar en un 36 % la cantidad de alimentos, otros productos agrícolas y agua potable simplemente para seguir el ritmo de ese aumento de la población; la necesidad de alimentar adecuadamente a 500 millones de personas para que no sigan estando malnutridas, y el aumento de la demanda procedente de poblaciones con ingresos cada vez mayores, son factores que conducirán a un enorme incremento de la producción total de alimentos. En los grupos de ingresos más altos, la población seguirá caracterizándose por una demanda excesiva de alimentos de origen animal, lo que provocará un aumento de la producción de piensos.

¹ Este artículo ha sido elaborado por el Dr. F. Käferstein, Jefe de Seguridad Alimentaria de la Organización Mundial de la Salud. Se basa en su integridad en el informe de un grupo de trabajo de la OMS sobre alimentación y agricultura que prestó apoyo a la Comisión de Salud y Medio Ambiente de la OMS en su tarea de preparar un informe para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), celebrada en Río de Janeiro en 1992. Ambos informes pueden solicitarse a la OMS.

Figura 53.1 • Enfermedades transmitidas por los alimentos en Venezuela.



La presión sobre la agricultura y la producción de alimentos, así como el crecimiento demográfico y el incremento de la demanda "per cápita" harán recaer sobre el medio ambiente una carga mayor. Dicha carga se generará de manera desigual y tendrá efectos ambientales desiguales, pero en términos mundiales sus efectos serán negativos y exigirán una acción concertada.

Este incremento de la demanda se hará notar sobre unos recursos en tierra y agua que son finitos, teniendo en cuenta además que las zonas más productivas ya se han utilizado y que el coste de poner en producción tierras marginales y utilizar agua no fácilmente disponible será elevado. Es posible que gran parte de esas tierras marginales sean fértiles sólo temporalmente, a menos que se adopten medidas específicas para evitarlo, y la productividad de las pesquerías naturales está también sumamente limitada. La superficie de tierra cultivable descenderá debido a la erosión de los suelos por el exceso de pastoreo, el arrastre de tierras en zonas taladas, la salinización de los suelos y otros tipos de degradación de la tierra, así como por la expansión del desarrollo urbano, industrial y de otros tipos.

La disponibilidad de agua y su calidad, que son ya totalmente insuficientes en gran parte del mundo, seguirán constituyendo un problema importante en las zonas rurales de los países en desarrollo y también en muchas poblaciones urbanas, que pueden enfrentarse al problema adicional de tener que pagar elevadas tarifas por su utilización. Las necesidades de agua registrarán un importante incremento, y en algunas grandes ciudades satisfacer la demanda será cada vez más caro, pues habrá que traer el agua de zonas distantes. La reutilización del agua exige unas normas más estrictas en materia de tratamiento. La creciente producción de aguas residuales y de desecho obligará a ampliar las instalaciones de tratamiento, así como a realizar grandes desembolsos de capital.

Tabla 53.2 • Agentes de importantes enfermedades transmitidas por los alimentos y principales características epidemiológicas.

Agentes	Reservorio/portador importante	Transmisión ^a por			Multiplicación en el alimento	Ejemplos de alimentos que intervienen
		Agua	Comida	Persona a persona		
Bacterias						
<i>Bacillus cereus</i>	Suelo	-	+	-	+	Arroz cocido, carnes cocidas, verduras, budines con fécula
Especies de <i>Brucella</i>	Ganado bovino, caprino y ovino	-	+	-	+	Leche cruda, productos lácteos
<i>Campylobacter jejuni</i>	Pollos, perros, gatos, ganado bovino, cerdos, aves silvestres	+	+	+	- ^b	Leche cruda, aves de corral
<i>Clostridium botulinum</i>	Suelo, mamíferos, aves, pescado	-	+	-	+	Pescado, carne, verduras (conservas caseras), miel
<i>Clostridium perfringens</i>	Suelo, animales, humanos	-	+	-	+	Carnes y aves de corral cocidas, salsas, judías
<i>Escherichia coli</i>						
Enterotoxigénicos	Humanos	+	+	+	+	Ensalada, verduras crudas
Enteropatógenicos	Humanos	+	+	+	+	Leche
Enteroinvasivos	Humanos	+	+	0	+	Queso
Enterohemorrágicos	Ganado bovino, aves de corral, ovejas	+	+	+	+	Carne poco cocinada, leche cruda, queso
<i>Listeria monocytogenes</i>	Medio ambiente	+	+	- ^c	+	Queso, leche cruda, col cruda
<i>Mycobacterium bovis</i>	Ganado bovino	-	+	-	-	Leche cruda
<i>Salmonella typhi</i> y <i>paratyphi</i>	Humanos	+	+	±	+	Productos lácteos y cárnicos, mariscos, verduras crudas
<i>Salmonella</i> (no <i>typhi</i>)	Humanos y animales	±	+	±	+	Carnes, aves de corral, huevos, productos lácteos, chocolate
<i>Shigella</i> spp.	Humanos	+	+	+	+	Ensaladas de patata/huevos
<i>Staphylococcus aureus</i> (enterotoxinas)		-	+	-	+	Jamón, ensaladas de aves de corral y huevos, productos de repostería con relleno de crema, helados, queso
<i>Vibrio cholerae</i> , 01	Humanos, especies marinas	+	+	±	+	Ensaladas, mariscos
<i>Vibrio cholerae</i> , no 01	Humanos, especies marinas	+	+	±	+	Mariscos
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Agua marina, especies marinas	-	+	-	+	Pescado, cangrejos y otros mariscos crudos
<i>Vibrio vulnificus</i>	Agua marina, especies marinas	+	+	-	+	Mariscos
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Agua, animales salvajes, cerdos, perros, aves de corral	+	+	-	+	Leche, carne de cerdo y aves de corral
Virus						
Virus de la hepatitis A	Humanos	+	+	+	-	Mariscos, frutas y verduras crudas
Agentes de Norwalk	Humanos	+	+	-	-	Mariscos, ensaladas
Rotavirus	Humanos	+	+	+	-	0
Protozoos						
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Humanos, animales	+	+	+	-	Leche cruda, salchichas crudas (no fermentadas)
<i>Entamoeba histolytica</i>	Humanos	+	+	+	-	Verduras y frutas
<i>Giardia lamblia</i>	Humanos, animales	+	±	+	-	Verduras y frutas
<i>Toxoplasma gondii</i>	Gatos, cerdos	0	+	-	-	Carnes poco cocinadas, verduras crudas
Helmintos						
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Humanos	+	+	-	-	Alimentos contaminados por el suelo
<i>Clonorchis sinensis</i>	Pescados de agua dulce	-	+	-	-	Pescados poco cocidos/crudos
<i>Fasciola hepatica</i>	Ganado bovino y caprino	±	+	-	-	Berros
<i>Opisthorchis viverrini/felinus</i>	Pescados de agua dulce	-	+	-	-	Pescados poco cocinados/crudos
<i>Paragonimus</i> sp.	Cangrejos de río	-	+	-	-	Cangrejos poco cocinados/crudos
<i>Taenia saginata</i> y <i>T. solium</i>	Ganado bovino y porcino	-	+	-	-	Carne poco cocinada
<i>Trichinella spiralis</i>	Cerdos, carnívoros	-	+	-	-	Carne poco cocinada
<i>Trichuris trichiura</i>	Humanos	0	+	-	-	Alimentos contaminados por el suelo

^a Casi todas las infecciones entéricas agudas se transmiten con más facilidad durante el verano y en los meses húmedos, excepto las infecciones debidas a rotavirus y *Yersinia enterocolitica*, cuya transmisión es mayor en los meses más frescos. ^b En determinadas circunstancias se ha observado una multiplicación, pero está clara la importancia epidemiológica de esta observación. ^c Es frecuente la transmisión vertical de la madre embarazada al feto.

+ = Sí; ± = Raro; - = No; 0 = Sin información.

Adaptado de OMS/FAO 1984.

La permanente necesidad de desarrollo industrial a largo plazo para producir bienes, servicios y puestos de trabajo llevará a una producción de alimentos más intensiva, que a su vez estará más industrializada. En consecuencia, y especialmente debido al proceso de urbanización, aumentará en volumen e importancia la demanda de servicios de envasado, elaboración, almacenamiento y distribución de alimentos, y se incrementarán también los recursos dedicados a estas actividades.

El público se está sensibilizando mucho con respecto a la necesidad de producir, proteger y comercializar los alimentos de forma que se reduzcan al mínimo los cambios ambientales negativos, y es más exigente a ese respecto. La aparición de instrumentos científicos revolucionarios (por ejemplo, los avances de la biotecnología) ofrece la posibilidad de incrementar notablemente la producción alimentaria reduciendo los desechos y mejorando la seguridad.

El reto más importante es afrontar la creciente demanda de alimentos, otros productos agrícolas y agua de un modo que contribuya a mejorar la salud a largo plazo y que sea también sostenible, económico y competitivo.

Aunque a escala mundial hay actualmente alimentos suficientes para todos, se han de superar grandes dificultades para garantizar la disponibilidad y distribución equitativa de alimentos seguros, nutritivos y asequibles con los que satisfacer las necesidades de salud en muchas partes del mundo, y sobre todo en las zonas de rápido crecimiento demográfico.

Muchas veces no se tienen plenamente en cuenta las posibles consecuencias sobre la salud a la hora de diseñar y aplicar políticas y programas agrícolas y pesqueros. Un ejemplo es la producción de tabaco, que tiene consecuencias muy graves y negativas sobre la salud humana y los escasos recursos en tierras y leña. Además, la falta de un enfoque de desarrollo integrado para los sectores agrícola y forestal conduce a que no se reconozca la importante relación existente entre esos sectores y la protección de los hábitat de especies silvestres, la diversidad biológica y los recursos genéticos.

Si no se adoptan medidas oportunas y adecuadas para mitigar las repercusiones ambientales de la agricultura, la pesca, la producción de alimentos y el uso del agua, se producirán las situaciones siguientes:

- Con el incremento de la población urbana aumentará también la dificultad para mantener y desarrollar un sistema eficiente de distribución de alimentos. Ello puede agravar el problema de la inseguridad alimentaria en los hogares, la malnutrición a ella asociada y los consiguientes riesgos para la salud entre las crecientes masas de pobres urbanos.
- Las enfermedades microbianas, víricas y parasitarias debidas a alimentos y agua contaminados seguirán constituyendo graves problemas de salud. Seguirán apareciendo nuevos agentes de importancia para la salud pública. Se incrementarán las enfermedades diarreicas relacionadas con los alimentos y el agua, que producirán una elevada mortalidad infantil y una morbilidad generalizada.
- Se incrementarán notablemente las enfermedades transmitidas por vectores derivadas del riego, de otras formas de aprovechar los recursos hídricos y de la falta de control de las aguas residuales. La malaria, la esquistosomiasis, la filariasis y las fiebres arbovíricas seguirán constituyendo problemas de primera magnitud.
- Los problemas que hemos esbozado se reflejarán en la estabilización o el aumento de los niveles de malnutrición y mortalidad neonatal y de niños de corta edad, así como de los niveles de morbilidad a todas las edades, aunque predominantemente entre los pobres, las personas muy jóvenes o muy ancianas y los enfermos.

- Las enfermedades crónicas asociadas a formas de vida inadecuadas, al hábito de fumar y a la dieta (por ejemplo, la obesidad, la diabetes o la enfermedad coronaria), que son características de los países más prósperos, están apareciendo ya y convirtiéndose en problemas importantes también para los países en desarrollo. La creciente urbanización acelerará esa tendencia.
- A medida que la producción de alimentos vaya haciéndose más intensiva, se incrementará notablemente el riesgo de enfermedades y accidentes profesionales para los que trabajen en ese sector y sectores conexos, a menos que se realicen esfuerzos suficientes en materia de seguridad y prevención.

Consecuencias para la salud de la contaminación biológica y de la presencia de sustancias químicas en los alimentos

A pesar de los avances de la ciencia y la tecnología, la contaminación de los alimentos y del agua sigue siendo hoy un importante problema de salud pública. Las enfermedades transmitidas por los alimentos son quizás el problema sanitario más extendido del mundo contemporáneo y una causa importante de la reducción de la productividad económica (OMS/FAO 1984). Se deben a muy diversos agentes y abarcan todos los grados de gravedad, desde indisposiciones leves a enfermedades que pueden ser mortales. Ahora bien, sólo una pequeña proporción de los casos llega a conocimiento de los servicios de salud, y los que se investigan son aún menos. Así, se estima que en los países industrializados se notifican únicamente alrededor del 10 % de los casos, mientras que en los países en desarrollo los casos notificados probablemente no van más allá del 1% del total.

Pese a estas limitaciones, los datos de que disponemos indican que las enfermedades transmitidas por alimentos van en aumento en todo el mundo, tanto en los países en desarrollo como en los países industrializados. Como ejemplo de esta tendencia puede citarse el caso de Venezuela (OPS/OMS 1989) (Figura 53.1).

Contaminación biológica

Países en desarrollo

Según la información disponible está claro que los contaminantes biológicos (bacterias, virus y parásitos) constituyen las causas principales de las enfermedades transmitidas por alimentos (Tabla 53.2).

En los países en desarrollo son responsables de muy diversas enfermedades de este tipo (por ejemplo, cólera, salmonelosis, shigelosis, fiebres tifoideas y paratifoideas, brucelosis, poliomielitis y amebiasis). Las enfermedades diarreicas, en especial la diarrea infantil, representan el problema más importante, y se trata verdaderamente de un problema de enormes proporciones. Cada año padecen diarrea alrededor de 1.500 millones de niños menores de cinco años, y mueren por causa de la enfermedad más de tres millones. Antes se pensaba que el agua contaminada era la fuente principal de patógenos que provocan la diarrea, pero hoy está demostrado que hasta el 70 % de los episodios de diarrea pueden deberse a patógenos transmitidos por los alimentos (OMS 1990c). No obstante, la contaminación de los alimentos tiene su origen en muchos casos en el agua contaminada que se utiliza para regar y otros fines similares.

Países industrializados

Aunque la situación en materia de enfermedades transmitidas por los alimentos es muy grave en los países en desarrollo, el problema no se limita a ellos, y en los últimos años los países industrializados han sufrido una serie de epidemias importantes. En Estados Unidos se estima que se producen alrededor

de 6,5 millones de casos al año, con 9.000 fallecimientos, pero según la Food and Drug Administration de ese país esta cifra está subestimada y la realidad puede llegar hasta 80 millones de casos (Cohen 1987; Archer y Kvenberg 1985; Young 1987). En la antigua Alemania occidental la estimación era de un millón de casos en 1989 (Grossklaus 1990). En un estudio realizado en los Países Bajos se comprobó que hasta el 10 % de la población podía verse afectada por enfermedades transmitidas por los alimentos o por el agua (Hoogenboom-Vergedaal y cols. 1990).

Con las actuales mejoras en los niveles de higiene personal, desarrollo del saneamiento básico, suministro de agua potable, infraestructuras eficaces y creciente aplicación de tecnologías como la pasteurización, muchas de estas enfermedades se han eliminado o reducido considerablemente en algunos países industrializados (como la salmonelosis transmitida por la leche). Sin embargo, en la mayoría de los países están aumentando de modo importante otras enfermedades transmitidas por los alimentos. Como ejemplo de este fenómeno puede citarse el caso de la antigua Alemania occidental (1946-1991) (Figura 53.2) (Statistisches Bundesamt 1994).

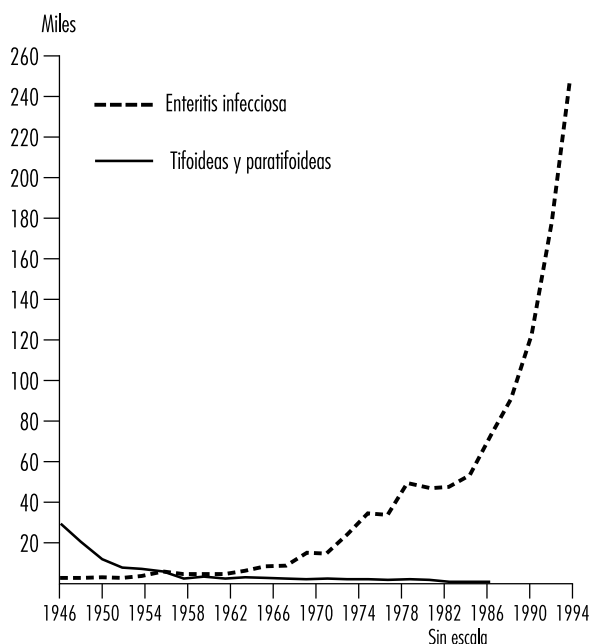
Más en concreto, la salmonelosis se ha incrementado enormemente a ambos lados del Atlántico en los últimos años (Rodríguez 1990). En muchos casos se debe a la *Salmonella enteritidis*. En la Figura 53.3 se muestra el incremento de este microorganismo con respecto a otras cepas de *Salmonella* en Suiza. En muchos países se han identificado como fuentes principales de este patógeno la carne de aves de corral, los huevos y los alimentos que contienen huevos. En algunos países está contaminada con *Salmonella* spp. del 60 % al 100 % de la carne de aves de corral, y se ha citado también la participación de la carne, las ancas de rana, el chocolate y la leche (Notermans 1984; Roberts 1990). En 1985 de 170.000 a 200.000 personas se vieron afectadas en Chicago por un brote de salmonelosis provocado por leche pasteurizada contaminada (Ryzan 1987).

Sustancias químicas y tóxicas en los alimentos

A escala nacional e internacional se han realizado considerables esfuerzos para garantizar la seguridad química de los alimentos. A lo largo de un periodo de tres decenios dos comisiones conjuntas de la FAO y la OMS han evaluado gran número de sustancias químicas alimentarias. El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) evalúa los aditivos, contaminantes y residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos, y la Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de plaguicidas (JMPR) evalúa los residuos de plaguicidas. Se formulan recomendaciones sobre la ingesta diaria aceptable y sobre los niveles máximos de residuos y otros niveles máximos. Tomando como base esas recomendaciones, la Comisión del Codex Alimentarius y los gobiernos establecen las normas y los niveles de seguridad relativos a esas sustancias en los productos alimentarios. Además, el Programa mixto PNUMA/FAO/OMS sobre vigilancia de la contaminación de los alimentos (SIMUVIMA/Alimentos) proporciona información sobre los niveles de contaminantes en los alimentos y sobre las tendencias cronológicas de la contaminación, lo que permite adoptar medidas preventivas y de control.

Aunque la información sobre la mayoría de los países en desarrollo es escasa, estudios realizados en los países industrializados sugieren que el abastecimiento alimentario es en gran parte seguro desde el punto de vista químico gracias a la amplia infraestructura existente a este respecto (es decir, legislación, mecanismos para imponer su cumplimiento, sistemas de supervisión y vigilancia) y al nivel general de responsabilidad de la industria alimentaria. No obstante, sí se producen situaciones de contaminación o adulteración accidentales, casos en los que las consecuencias sobre la salud pueden ser graves. Por ejemplo, en

Figura 53.2 • Enteritis infecciosa y fiebres tifoideas y paratifoideas (A, B y C) en Alemania.

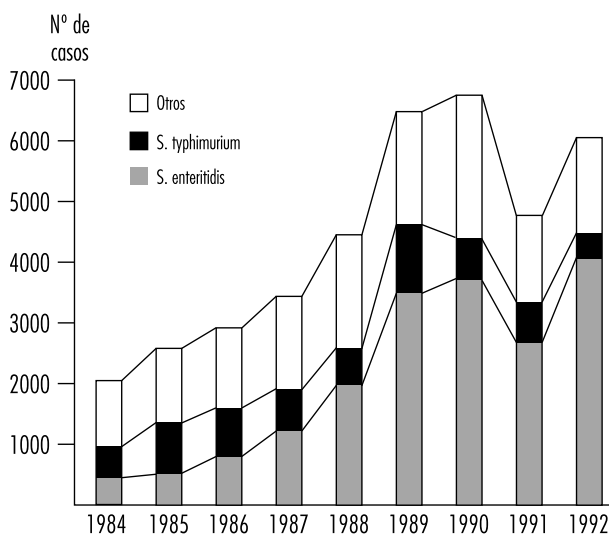


España aceite de cocinar adulterado acabó en 1981-1982 con la vida de unas 600 personas y ocasionó minusvalías —temporales o permanentes— a otras 20.000 (OMS 1984). A pesar de las intensas investigaciones aún no se ha determinado cuál fue el agente responsable de esta intoxicación masiva.

Sustancias químicas de origen ambiental

Hay algunas sustancias químicas que pueden estar presentes en los alimentos como resultado de la contaminación ambiental. Sus efectos sobre la salud pueden ser sumamente graves, y en los últimos años han motivado una gran preocupación.

Figura 53.3 • Serotipos de *Salmonella* en Suiza.



Fuente: Oficina Federal de Salud.

Se han notificado consecuencias de gravedad tras la ingestión a lo largo de un tiempo prolongado de alimentos contaminados con metales pesados como el plomo, el cadmio o el mercurio.

El accidente de Chernóbil dio lugar a una gran preocupación en cuanto a los riesgos para la salud de las personas expuestas a emisiones accidentales de radionucleidos. La gente que vivía en las cercanías del lugar donde se produjo el accidente estuvo expuesta, y esa exposición incluía la presencia de contaminantes radiactivos en los alimentos y el agua. En otros lugares de Europa y en otros continentes, a cierta distancia del accidente, esa preocupación se centró en los alimentos contaminados como fuente de exposición. En la mayoría de los países, la dosis media estimada derivada de la ingestión de alimentos contaminados representaba sólo una fracción muy pequeña de la dosis recibida normalmente por la radiación de fondo (OIEA 1991).

Otras sustancias químicas ambientales de interés son los bifenilos policlorados (PCB). Los PCB se utilizan en diversas aplicaciones industriales. Se empezó a facilitar información sobre los efectos de los PCB sobre la salud humana a raíz de dos accidentes a gran escala que se produjeron en Japón (1968) y en Taiwán, China (1979). La experiencia adquirida en esos episodios demostró que, además de efectos agudos, los PCB pueden tener también efectos carcinogénicos.

El DDT se utilizó mucho entre 1940 y 1960 como insecticida para aplicaciones agrícolas y para la lucha contra enfermedades transmitidas por vectores. En la actualidad está prohibido o restringido en muchos países por el riesgo potencial que presenta para el medio ambiente. En muchos países tropicales, el DDT sigue siendo una sustancia química importante que se utiliza para luchar contra la malaria. No se han notificado efectos nocivos debidos a los residuos de DDT en los alimentos (PNUMA 1988).

Micotoxinas

Las micotoxinas, que son los metabolitos tóxicos de algunos hongos microscópicos (mohos), pueden tener graves efectos perjudiciales para los humanos y también para los animales. Estudios con animales demuestran que, además de la intoxicación aguda, las micotoxinas pueden tener efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos.

Biotoxinas

También es motivo de preocupación la intoxicación por biotoxinas marinas (lo que se conoce como "intoxicación por pescado"). Son ejemplos de ello la ciguatera y diversos tipos de intoxicación por consumo de mariscos.

Sustancias tóxicas vegetales

Las sustancias tóxicas presentes en las plantas comestibles y las plantas venenosas que se parecen a las comestibles (setas, algunas plantas silvestres de hoja verde) son causas importantes de trastornos de la salud en muchas zonas del mundo y plantean un difícil problema en materia de seguridad de los alimentos (OMS 1990b).

● LA CONTAMINACION INDUSTRIAL EN LOS PAISES EN DESARROLLO

Niu Shiru

Aunque la industrialización es un elemento esencial del crecimiento económico en los países en desarrollo, la actividad industrial puede tener también consecuencias negativas sobre la salud

ambiental como resultado de la liberación de contaminantes en el aire y el agua y de la eliminación de residuos peligrosos. Es algo que sucede con frecuencia en los países en desarrollo, donde se presta menos atención a la protección del medio ambiente, las normas ambientales suelen ser inadecuadas o no se aplican eficazmente y aún no están plenamente desarrolladas las técnicas de lucha contra la contaminación. Con el rápido desarrollo económico, muchos países en desarrollo, como China y otros países asiáticos, se enfrentan a nuevos problemas ambientales. Uno de ellos es la contaminación del medio ambiente procedente de industrias o tecnologías peligrosas transferidas por los países desarrollados, industrias y tecnologías que ya no son aceptables en esos países por razones de salud en el trabajo y salud ambiental, pero que pueden seguir utilizándose en los países en desarrollo porque su legislación ambiental es menos estricta. Otro problema es la rápida proliferación de empresas no estructuradas a pequeña escala en aldeas o zonas rurales, que muchas veces producen una importante contaminación del aire y el agua por carecer de los conocimientos necesarios o de medios financieros suficientes.

Contaminación del aire

En los países en desarrollo, la contaminación del aire se deriva no sólo de la emisión de contaminantes por industrias relativamente grandes, como la siderúrgica, la de metales no ferrosos o la de productos del petróleo, sino también de la emisión esporádica de contaminantes por fábricas de pequeñas dimensiones, como cementeras, refinerías de plomo, fábricas de fertilizantes y plaguicidas químicos y otras similares, donde no se toman medidas suficientes de lucha contra la contaminación y se permite que los contaminantes escapen a la atmósfera.

Como las actividades industriales comportan siempre una generación de energía, la combustión de combustibles fósiles es una de las principales fuentes de contaminación del aire en los países en desarrollo, donde se utiliza mucho el carbón, no sólo para el consumo industrial sino también para el doméstico. En China, por ejemplo, más del 70 % del consumo total de energía se basa en la combustión directa de carbón, que genera grandes cantidades de contaminantes (partículas en suspensión, dióxido de azufre, etc.) en condiciones de combustión incompleta e insuficiente control.

La naturaleza de los contaminantes del aire varía según la industria de que se trate. También la concentración de los distintos contaminantes en la atmósfera varía mucho dependiendo del proceso y el lugar en que se produzca, por las diversas condiciones geográficas y climáticas. Al igual que en otros lugares, en los países en desarrollo es difícil estimar los niveles concretos de exposición de la población general a los diversos contaminantes procedentes de las distintas industrias. En términos generales, los niveles de exposición en el lugar de trabajo son mucho más elevados que los que sufre la población general, pues en el ambiente general las emisiones se diluyen con rapidez y son dispersadas por el viento. Sin embargo, la duración de la exposición es mucho mayor para la población general que para los trabajadores.

Los niveles de exposición de la población general en los países en desarrollo suelen ser más altos que en los países desarrollados, donde la contaminación del aire se controla con más rigor y las zonas residenciales suelen estar alejadas de las industrias. Como se trata con más detalle en este mismo capítulo, muchos estudios epidemiológicos han puesto ya de manifiesto una estrecha asociación entre la reducción de la función pulmonar y la mayor incidencia de enfermedades respiratorias crónicas entre personas que por el lugar en el que viven están expuestas a largo plazo a los contaminantes atmosféricos comunes.

Un estudio de caso relativo a los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de 480 alumnos de primaria en Cubatao, Brasil, donde 23 industrias (siderurgia, industrias químicas, cementera, fábricas de fertilizantes, etc.) emitían gran cantidad de contaminantes combinados, demostró que el 55,3 % de los niños presentaban una reducción de la función pulmonar. Otro ejemplo de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud se comprobó en la zona industrial especial de Ulsan/Onsan, en la República de Corea, donde se concentran muchas fábricas de gran tamaño (sobre todo petroquímicas y de refinado de metales). La gente que vivía en la zona se quejaba de diversos problemas de salud, sobre todo del trastorno del sistema nervioso denominado “enfermedad de Onsan”.

Las liberaciones accidentales de sustancias tóxicas a la atmósfera con graves riesgos para la salud suelen ser más frecuentes en los países en desarrollo. Ello puede deberse entre otras razones a una planificación insuficiente en materia de seguridad, a la falta de personal técnico cualificado para el mantenimiento de instalaciones adecuadas, a las dificultades para obtener piezas de repuesto, etc. Uno de los peores de accidentes de este tipo fue el que se produjo en Bhopal, India, en 1984, donde los escapes de isocianuro de metilo causaron la muerte a 2.000 personas.

Contaminación del agua y el suelo

La eliminación inadecuada y a menudo negligente de los residuos industriales —el vertido incontrolado a los cursos de agua y a la tierra, contaminando agua y suelo— constituye otro grave problema de salud ambiental, aparte de la contaminación del aire de origen industrial, en los países en desarrollo, especialmente aquellos que poseen muchas empresas de aldea de pequeñas dimensiones como las de China. Algunas fábricas a pequeña escala, como las de teñido de textiles, pasta de papel y papel, curtiduría de cuero, galvanoplastia, lámparas fluorescentes, baterías de plomo y fundición de metales, producen siempre gran cantidad de residuos, que contienen sustancias tóxicas o peligrosas como cromo, mercurio, plomo, cianuro, etc., que cuando no son tratadas pueden contaminar ríos, arroyos y lagos, y también el suelo. A su vez, la contaminación del suelo puede contaminar los recursos de aguas subterráneas.

En Karachi, el río Lyan, que atraviesa la ciudad, se ha convertido en un desagadero al aire libre de aguas residuales y efluentes industriales no tratados procedentes de unas 300 industrias de diversos tamaños. Algo similar ocurre en Shanghai. Alrededor de 3,4 millones de metros cúbicos de residuos industriales y domésticos afluyen al arroyo Suzhou y al río Huangpu, que atraviesan el centro de la ciudad. Como resultado de esta grave contaminación, el río y el arroyo han perdido prácticamente todos los seres vivos, y por su olor y aspecto resultan desagradables y ofensivos para la población que vive en las zonas circundantes.

Otro problema en materia de contaminación del agua y el suelo en los países en desarrollo lo plantea la transferencia de desechos tóxicos o peligrosos desde los países desarrollados a estos últimos. El coste de transportar estos desechos a sencillos lugares de almacenamiento situados en los países en desarrollo es muy inferior al que exige almacenarlos con seguridad o incinerarlos en sus países de origen de conformidad con las normativas oficiales aplicables. Así ha ocurrido en Tailandia, Nigeria, Guinea Bissau y otros países. En el transporte suelen producirse escapes que contaminan el aire, el agua y el suelo, lo que representa un riesgo potencial para la salud de las personas que viven en las proximidades.

Así pues, los problemas de salud de origen ambiental que se examinan en el presente capítulo tienden a afectar en una medida aún mayor a los países en desarrollo.

LOS PAISES EN DESARROLLO Y LA CONTAMINACION

Tee L. Guidotti

La contaminación industrial es un problema más complejo en los países en desarrollo que en las economías desarrolladas. Los obstáculos estructurales que dificultan la prevención y limpieza de la contaminación son mayores. Esos obstáculos son en gran parte económicos, pues los países en desarrollo no poseen los recursos necesarios para controlar la contaminación en la misma medida en que lo hacen los países desarrollados. Por otra parte, los efectos de la contaminación pueden ser muy costosos para una sociedad en desarrollo en términos de salud, residuos, degradación del medio ambiente, reducción de la calidad de vida y coste de limpieza en el futuro. Un ejemplo extremo es la preocupación por el futuro de los niños expuestos al plomo en algunas megaciudades de países donde aún se utiliza la gasolina con plomo, o que viven en las proximidades de fundiciones. Se ha comprobado que algunos niños tienen niveles de plomo en sangre lo suficientemente elevados para afectar a su inteligencia y sus facultades cognitivas.

En los países en desarrollo, la industria suele funcionar con poco capital en comparación con los países desarrollados, y los fondos de inversión de que dispone se dedican en primer lugar a la adquisición del equipo y los recursos necesarios para la producción. Los economistas consideran “improductivo” el capital destinado a la lucha contra la contaminación, pues no genera un incremento de la producción ni de los rendimientos financieros. Pero la realidad es más compleja. Es posible que invertir en la lucha contra la contaminación no produzca un rendimiento directo evidente para la empresa o el sector, pero ello no significa que sea una inversión no rentable. En muchos casos, como por ejemplo, en el refinado del petróleo, la lucha contra la contaminación reduce también la cantidad de residuos e incrementa la eficiencia de la explotación, de modo que la empresa sí obtiene un beneficio directo. Allí donde la opinión pública tiene peso y a una empresa le interesa mantener buenas relaciones públicas, la industria debe hacer un esfuerzo por controlar la contaminación en su propio interés. Por desgracia, en muchos países en desarrollo la estructura social no propicia esta situación, ya que la gente más duramente afectada por la contaminación tiende a pertenecer a las capas más empobrecidas y marginadas de la sociedad.

La contaminación puede causar daños al medio ambiente y a la sociedad en general, pero se trata de “deseconomías externas” que no afectan sustancialmente a la empresa misma, o al menos no la afectan desde el punto de vista económico. Lo que ocurre más bien es que los costes de la contaminación tienden a ser soportados por la sociedad en su conjunto, y la empresa se libera de ellos. Así sucede especialmente cuando la industria de que se trate es crítica para la economía local o las prioridades nacionales, lo que propicia una gran tolerancia hacia los daños que causa. Una solución sería “internalizar” esas deseconomías externas incorporando a los costes de explotación de la empresa los costes de limpieza o los costes estimados del daño ambiental bajo la forma de impuestos. La empresa tendría así un incentivo financiero para controlar la contaminación. Pero prácticamente ningún gobierno de países en desarrollo está en condiciones de establecer este impuesto.

En la práctica, raras veces se dispone de capital para invertir en equipos de control de la contaminación, a menos que la normativa oficial presione en ese sentido. Sin embargo, es muy infrecuente que los gobiernos se sientan motivados a regular la industria si no tienen razones apremiantes para ello y se ven

presionados por sus ciudadanos. En la mayoría de los países desarrollados, la población tiene una razonable seguridad en materia de salud y de vida, y esperan mejorar su calidad de vida, algo que asocian con un entorno más limpio. Como hay más seguridad económica, esos ciudadanos están más dispuestos a aceptar un aparente sacrificio económico para conseguir un medio ambiente más limpio. En cambio, y para ser competitivos en los mercados mundiales, muchos países en desarrollo se muestran reacios a imponer normas a sus industrias. Al contrario, esperan que el crecimiento industrial de hoy conduzca a una sociedad del mañana suficientemente rica para corregir la contaminación. Por desgracia, el coste de la limpieza se incrementa al mismo ritmo o a un ritmo superior que los costes asociados al desarrollo industrial. En una fase temprana del desarrollo industrial, a un país en desarrollo le costaría en teoría muy poco prevenir la contaminación, pero esos países casi nunca poseen los recursos de capital necesarios para hacerlo. Posteriormente, cuando el país sí posee los recursos necesarios, los costes suelen ser increíblemente altos y el daño ya se ha producido.

En los países en desarrollo, la industria tiende a ser menos eficiente que en los desarrollados. Esa falta de eficiencia es un problema crónico de las economías en desarrollo, que refleja la falta de capacitación de los recursos humanos, el coste de la importación del equipo y la tecnología y el inevitable despilfarro que se produce cuando algunas partes de la economía están más desarrolladas que otras.

Esa ineficacia se debe también en parte a la necesidad de recurrir a tecnologías anticuadas que pueden obtenerse con facilidad, que no requieren una licencia muy cara o que no tienen un coste de utilización alto. Esas tecnologías suelen ser más contaminantes que las tecnologías de punta de que dispone la industria de los países desarrollados. Un ejemplo es la industria de la refrigeración, en que se utilizan clorofluorocarbonos (CFC) como refrigerantes químicos por ser mucho más baratos que las demás opciones, a pesar de que estas sustancias contribuyen en gran medida a agotar el ozono de la parte alta de la atmósfera y con ello a reducir la protección de la tierra frente a la radiación ultravioleta; algunos países eran muy reacios a aceptar la prohibición del uso de los CFC porque les resultaría económicamente imposible fabricar y adquirir frigoríficos. La solución evidente es la transferencia de tecnología, pero las empresas de los países más adelantados que han desarrollado esa tecnología o que poseen su licencia son lógicamente reacias a compartirla. Y son reacias porque se han gastado sus propios recursos en desarrollar la tecnología, porque desean conservar la ventaja adquirida en sus mercados y porque sólo pueden obtener un rendimiento utilizando o vendiendo la tecnología durante el tiempo limitado de la patente.

Otro problema al que se enfrentan los países en desarrollo es la falta de conocimientos especializados sobre los efectos de la contaminación, los métodos de vigilancia y la tecnología de control de la misma, así como la escasa sensibilización al respecto. En los países en desarrollo hay relativamente pocos expertos de campo, en parte porque, aunque las necesidades son en realidad mayores, hay menos puestos de trabajo y un mercado más restringido para sus servicios. Como el mercado para los equipos y servicios de control de la contaminación puede ser reducido, es posible que haya que importar conocimientos especializados y tecnología, con el consiguiente incremento de costes. Es posible también que los directivos y supervisores de la industria no sean conscientes del problema o lo sean en muy pequeña medida. Aun cuando un ingeniero, un directivo o un supervisor de la industria sea consciente de que una operación es contaminante, le puede resultar difícil convencer a otras personas de la empresa, a sus jefes o a los propietarios de que existe un problema que ha de resolverse.

En la mayoría de los países en desarrollo, la industria está compitiendo en el extremo inferior de los mercados internacionales, lo que significa que sus productos son competitivos por su precio y no por su calidad o por sus características especiales. Por ejemplo, son muy pocos los países en desarrollo que están especializados en la producción de acero de muy alta calidad para instrumentos quirúrgicos o maquinaria de precisión. Fabrican acero de calidades inferiores para la construcción y la industria manufacturera porque el mercado es mucho mayor, porque necesitan muchos menos conocimientos técnicos especializados para producirlo y porque pueden competir en precio siempre que la calidad sea aceptable. El control de la contaminación reduce la ventaja de precio incrementando los costes aparentes de la producción sin mejorar el producto o las ventas. El problema básico que se plantea en los países en desarrollo es cómo equilibrar esa realidad económica con la necesidad de proteger a sus ciudadanos, la integridad de su medio ambiente y su futuro, en el entendimiento de que una vez alcanzado el desarrollo los costes serán aún más elevados y el daño puede ser permanente.

LA CONTAMINACION DEL AIRE

Isabelle Romieu

El problema de la contaminación del aire se ha ido agravando sin cesar desde que se inició hace 300 años la Revolución Industrial. Ello se ha debido a cuatro factores principales: una mayor industrialización, el incremento del tráfico, el rápido desarrollo económico y unos niveles más altos de consumo de energía. La información disponible nos indica que en muchos grandes centros urbanos se superan habitualmente las recomendaciones de la OMS respecto de los principales contaminantes de la atmósfera. Aunque en los dos últimos decenios se ha avanzado en muchos países industrializados en el control de los problemas de la contaminación del aire, la calidad de éste —especialmente en las grandes ciudades del mundo en desarrollo— es cada vez peor. Especial preocupación despiertan los efectos negativos sobre la salud de los contaminantes del aire en muchas zonas urbanas, donde los niveles son suficientemente altos para incrementar la mortalidad y la morbilidad, la insuficiencia pulmonar y los efectos cardiovasculares y neuroconductuales (Romieu, Weizenfeld y Finkelmann 1990; OMS/PNUMA 1992). La contaminación del aire interior como resultado de la combustión doméstica es también un problema de importancia en los países en desarrollo (OMS 1992b), pero no lo abordaremos en este estudio, pues sólo consideraremos las fuentes, la dispersión y los efectos sobre la salud de la contaminación del aire exterior, incluido un estudio de caso de la situación en México.

Origen de los contaminantes del aire

Entre los contaminantes del aire más habituales en el medio urbano figuran el dióxido de azufre (SO₂), las partículas en suspensión (PES), los óxidos de nitrógeno (NO y NO₂, denominados conjuntamente NO_x), el ozono (O₃), el monóxido de carbono (CO) y el plomo (Pb). La combustión de combustibles fósiles en fuentes estacionarias produce SO₂, NO_x y partículas, entre ellas aerosoles de sulfatos y nitratos que se forman en la atmósfera tras la conversión de los gases en partículas. Los vehículos a motor de gasolina son las principales fuentes de NO_x, CO y Pb, mientras que los motores diesel emiten cantidades significativas de partículas, SO₂ y NO_x. El ozono, oxidante fotoquímico y componente principal de la bruma fotoquímica, no se desprende directamente de las fuentes de combustión, sino que se

Tabla 53.3 • Principales fuentes de contaminantes del aire exterior.

Contaminantes	Fuentes
Oxidos de azufre	Combustión de carbón y petróleo, fundiciones
Partículas en suspensión	Productos de la combustión (combustibles, biomasa), humo del tabaco
Oxidos de nitrógeno	Combustión de fuel y gas
Monóxido de carbono	Combustión incompleta de gasolina y gas
Ozono	Reacción fotoquímica
Plomo	Combustión de gasolina y carbón, baterías, cables, soldadura, pintura
Sustancias orgánicas	Disolventes petroquímicos, vaporización de combustibles sin quemar

Fuente: Adaptado de PNUMA 1991b.

forma en la parte baja de la atmósfera a partir de los NO_x y de compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar (PNUMA 1991b). En la Tabla 53.3 se presentan las principales fuentes de contaminantes del aire exterior.

Dispersión y transporte de los contaminantes del aire

Los dos factores que más influyen en la dispersión y el transporte de las emisiones de contaminantes del aire son la meteorología (incluidos efectos de microclima como los "islotos de calor") y la topografía en relación con la distribución de la población. Muchas ciudades están rodeadas por colinas que pueden actuar como barrera para los vientos, de tal modo que la contaminación queda atrapada en ellas. Las inversiones térmicas pueden dar lugar a un problema similar en los climas templados y fríos. En condiciones de dispersión normales, los gases de contaminantes

Tabla 53.4 • Resumen de la relación entre exposición de corta duración y respuesta a las PM_{10} , con diversos indicadores de efectos sobre la salud.

Efectos sobre la salud	Cambios porcentuales por cada incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM_{10}	
	Media	Intervalo
<i>Mortalidad</i>		
Total	1,0	0,5–1,5
Cardiovascular	1,4	0,8–1,8
Respiratoria	3,4	1,5–3,7
<i>Morbilidad</i>		
Ingresos hospitalarios por afecciones respiratorias	1,1	0,8–3,4
Visitas a urgencias por afecciones respiratorias	1,0	0,5–4
Agravamiento de síntomas en asmáticos	3,0	1,1–11,5
Cambios en el flujo expiratorio máximo	0,08	0,04–0,25

Tabla 53.5 • Consecuencias para la salud asociadas a cambios en la concentración máxima diaria del ozono ambiental en estudios epidemiológicos.

Consecuencias para la salud	Cambios en 1-h O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cambios en 8-h O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Agravamiento de síntomas en niños y adultos sanos o asmáticos-actividad normal		
25 % más	200	100
50 % más	400	200
100 % más	800	300
Ingresos hospitalarios por afecciones respiratorias ^a		
5 %	30	25
10 %	60	50
20 %	120	100

^a Habida cuenta del alto grado de correlación que se ha observado entre las concentraciones 1-h y 8-h O_3 en estudios sobre el terreno, la mejora del riesgo para la salud asociada a un descenso de los niveles de 1- o 8-h O_3 debe ser casi idéntica.

Fuente: OMS 1995.

calientes ascienden al entrar en contacto con masas de aire más frías a medida que aumenta la altura. Sin embargo, en determinadas circunstancias la temperatura puede aumentar con la altura, y se forma una capa de inversión que impide que los contaminantes se alejen de su fuente de emisión y que retrase su difusión. El transporte de la contaminación del aire a largas distancias desde las grandes zonas urbanas puede tener repercusiones a escala nacional y regional. Los óxidos de nitrógeno y azufre pueden contribuir a que se depositen ácidos en zonas muy alejadas de la fuente de emisión. Las concentraciones de ozono suelen ser altas a sotavento de las zonas urbanas debido al desfase de tiempo que se produce en los procesos fotoquímicos (PNUMA 1991b).

Efectos de los contaminantes del aire sobre la salud

Los contaminantes y sus derivados pueden tener efectos negativos al interactuar con moléculas que son decisivas para los procesos bioquímicos o fisiológicos del cuerpo humano o al dificultar su acción. Hay tres factores que influyen en el riesgo de daño tóxico derivado de esas sustancias: sus propiedades químicas y físicas, la dosis que llega a los lugares críticos de los tejidos y la capacidad de respuesta a la sustancia que tengan esos lugares. Los efectos negativos de los contaminantes del aire sobre la salud pueden diferir también en función del grupo de población de que se trate; en particular, las personas más jóvenes y las de edad avanzada pueden ser especialmente sensibles a los efectos nocivos y las que previamente padecen asma u otras enfermedades respiratorias o cardíacas pueden sufrir un agravamiento de los síntomas por la exposición (OMS 1987).

Dióxido de azufre y partículas

Durante la primera mitad del siglo XX, episodios de notable estancamiento del aire tuvieron como resultado un incremento de la mortalidad en zonas donde la combustión de combustibles fósiles producía niveles muy altos de SO_2 y PES. Al estudiar sus efectos sobre la salud a largo plazo se han relacionado también con la mortalidad y la morbilidad las concentraciones medias anuales de SO_2 y PES. En estudios epidemiológicos recientes se

Estudio de caso: La contaminación del aire en Ciudad de México

La zona metropolitana de Ciudad de México (ZMCM) está situada en la cuenca mexicana, a una altitud media de 2.240 metros. La cuenca consta de 2.500 kilómetros cuadrados y está rodeada de montañas, dos de las cuales tienen más de 5.000 metros de altura. Su población total se estimó en 17 millones en 1990. Por estas peculiares características geográficas y dada la escasez de vientos, hay poca ventilación, con una elevada frecuencia de inversiones térmicas, especialmente en invierno. Las más de 30.000 industrias existentes en la ZMCM y los tres millones de vehículos de motor que circulan cada día por ella son responsables del 44 % del consumo total de energía. La contaminación del aire se vigila desde 1986, midiéndose el SO_2 , los NO_x , el CO , el O_3 , las partículas y los hidrocarburos que no contienen metano. Los principales problemas en este ámbito se relacionan con el ozono, sobre todo en la parte suroccidental de la ciudad (Romieu y cols. 1991). En 1992 el límite establecido en el país a este respecto (110 ppmm de máximo en una hora) se superó en la zona durante más de 1.000 horas y alcanzó un máximo de 400 ppmm. En la parte nororiental de la ciudad, cerca del parque industrial, se registran niveles elevados de partículas. En 1992, el promedio anual de partículas inhalables (PM_{10}) fue de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Desde 1990, el Gobierno viene adoptando importantes medidas de control para reducir la contaminación del aire, entre ellas un programa que prohíbe el uso del automóvil un día a la semana (conforme al último número de la matrícula), el cierre de una de las refinerías más contaminantes de las situadas en Ciudad de México y la introducción de la gasolina sin plomo. Con estas medidas se ha conseguido reducir la presencia de varios contaminantes, sobre todo el SO_2 , las partículas, el NO_2 , el CO y el plomo, pero el nivel de ozono sigue constituyendo un problema de gran importancia (véanse las Figuras 53.4, 53.5 y 53.6).

ha sugerido un efecto perjudicial de las partículas inhalables (PM_{10}) a concentraciones relativamente bajas (inferiores a las recomendaciones habituales) y se ha demostrado que existe una relación dosis-respuesta entre la exposición a PM_{10} y la mortalidad y morbilidad respiratorias (Dockery y Pope 1994; Pope, Bates y Razienne 1995; Bascom y cols. 1996), como se indica en la Tabla 53.4.

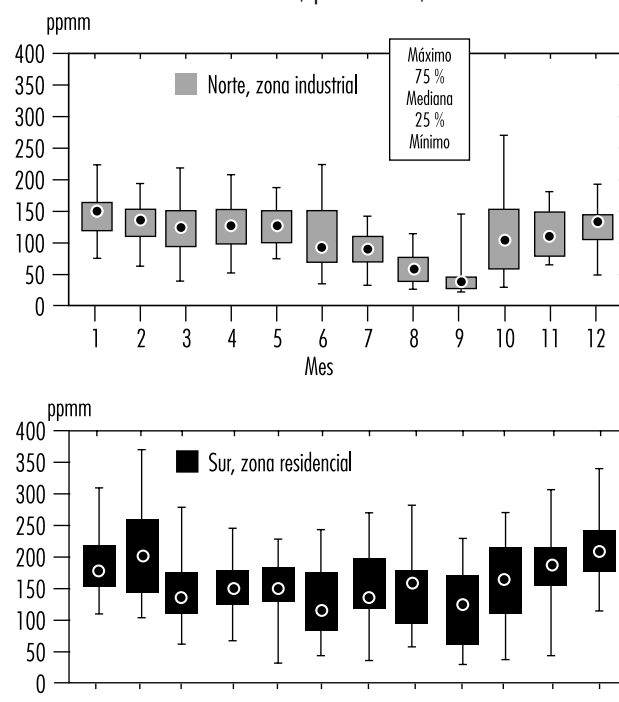
Oxidos de nitrógeno

En algunos estudios epidemiológicos se notifican efectos nocivos sobre la salud del NO_2 , entre ellos un aumento de la incidencia y la gravedad de las infecciones respiratorias y un incremento de los síntomas respiratorios, especialmente en exposiciones de larga duración. Se ha descrito también un empeoramiento de la situación clínica de las personas que padecen asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y otros trastornos respiratorios crónicos. No obstante, en otros estudios los investigadores no han observado efectos adversos del NO_2 sobre las funciones respiratorias (OMS/ECOTOX 1992; Bascom y cols. 1996).

Oxidantes fotoquímicos y ozono

Los efectos sobre la salud de la exposición a oxidantes fotoquímicos no pueden atribuirse únicamente a los oxidantes, pues la bruma fotoquímica está compuesta típicamente de O_3 , NO_2 , ácido y sulfato y otros agentes reactivos. Estos contaminantes pueden tener efectos aditivos o sinérgicos sobre la salud humana, pero parece que el O_3 es el de mayor actividad biológica. Entre los efectos que tiene sobre la salud la exposición al ozono figuran

Figura 53.4 • Niveles de ozono en dos zonas de Ciudad de México. Máximo diario en una hora, por meses, 1994.



el descenso de la función pulmonar (con una mayor resistencia de las vías respiratorias, reducción del flujo de aire y reducción del volumen pulmonar) debido a la constricción de las vías, síntomas respiratorios (tos, silbido, falta de aire, dolores torácicos), irritación de los ojos, nariz y garganta y perturbación de determinadas actividades (como el rendimiento atlético) por la menor disponibilidad de oxígeno (OMS/ECOTOX 1992). En la Tabla 53.5 se resumen los principales efectos agudos del ozono sobre la salud (OMS 1990a, 1995). Los estudios epidemiológicos sugieren una relación dosis-respuesta entre la exposición a niveles crecientes de ozono y la gravedad de los síntomas respiratorios y la disminución de las funciones respiratorias (Bascom y cols. 1996).

Figura 53.5 • Partículas (PM_{10}) en dos zonas de Ciudad de México, 1988-1993.

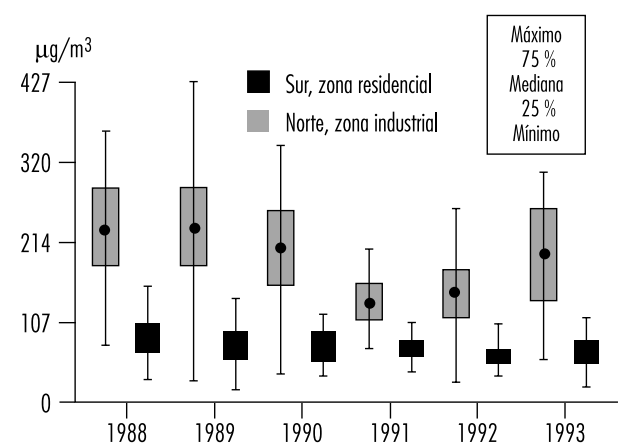
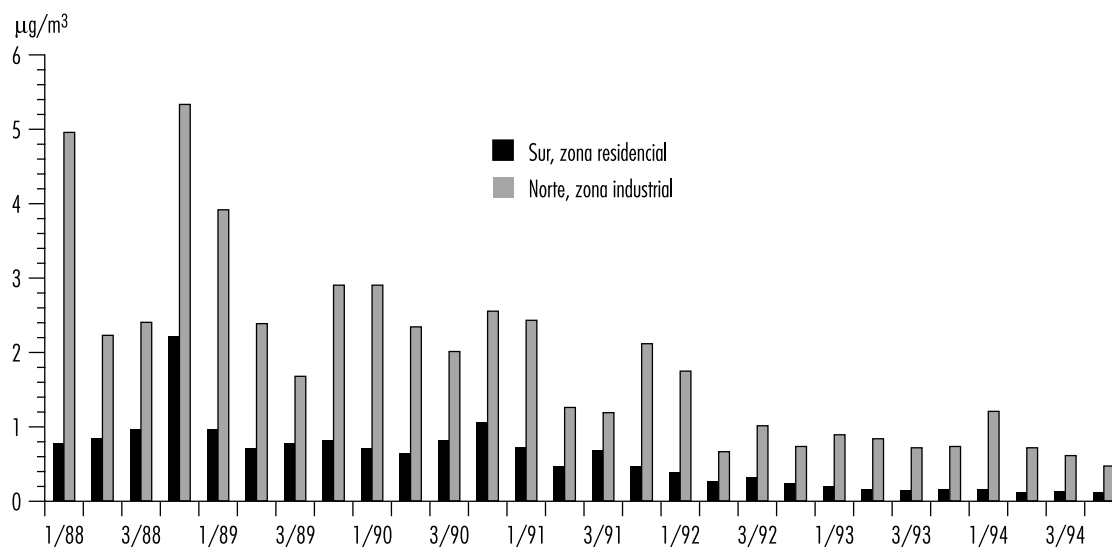


Figura 53.6 • Niveles de plomo en el aire en dos zonas de Ciudad de México, 1988-1994.



Monóxido de carbono

El principal efecto del CO es que se reduce el transporte de oxígeno a los tejidos mediante la formación de carboxihemoglobina (COHb). Al aumentar los niveles de COHb en la sangre pueden observarse los siguientes efectos: efectos cardiovasculares en personas con angina de pecho previa (3 % a 5 %); deterioro de las tareas de vigilancia (>5 %); cefalea y vértigo (≥ 10 %); fibrinólisis y muerte (OMS 1987).

Plomo

La exposición al plomo afecta principalmente a la biosíntesis del hemo, pero puede actuar también sobre el sistema nervioso y otros sistemas, como el cardiovascular (presión sanguínea). Los niños recién nacidos y menores de cinco años son especialmente sensibles a la exposición al plomo por sus efectos sobre el desarrollo neurológico a niveles en sangre próximos a 10 µg/dl (CDC 1991).

En varios estudios epidemiológicos se ha investigado el efecto de la contaminación del aire, especialmente de la exposición al ozono, sobre la salud de la población de Ciudad de México. Estudios ecológicos han puesto de manifiesto el incremento de la mortalidad asociado a la exposición a partículas finas (Borja-Arburto y cols. 1995) y un incremento de las visitas a urgencias por asma infantil (Romieu y cols. 1994). Estudios sobre los efectos perjudiciales de la exposición al ozono realizados en niños sanos han demostrado un incremento del absentismo escolar por enfermedades respiratorias (Romieu y cols. 1992), así como un descenso de la función pulmonar tras exposiciones tanto agudas como subagudas (Castillejos y cols. 1992, 1995). Estudios realizados entre niños asmáticos han puesto de manifiesto un incremento de los síntomas respiratorios y un descenso de la tasa de expiración máxima tras la exposición al ozono (Romieu y cols. 1994) y a partículas finas (Romieu y cols. en prensa). Aunque parece clara la asociación entre la exposición aguda al ozono y los efectos nocivos sobre la salud de la población de Ciudad de México, es necesario evaluar el efecto crónico de dicha exposición, en particular dados los elevados niveles de fotooxidantes observados en esa ciudad y la ineficacia de las medidas de control.

LA CONTAMINACION DEL SUELO

Tee L. Guidotti y Chen Weiping

La sociedad humana produce cada vez más desechos. Los desechos sólidos comerciales y domésticos representan un gran problema práctico para muchas autoridades locales. Por su parte, los residuos industriales suelen tener un volumen mucho menor, pero pueden contener materiales peligrosos, como sustancias químicas tóxicas, líquidos inflamables y amianto. Aunque la cantidad total es menor, la eliminación de los residuos industriales peligrosos ha generado una preocupación mayor que los desechos domésticos, pues se entiende que suponen un peligro para la salud y constituyen un riesgo de contaminación ambiental.

La generación de residuos peligrosos se ha convertido en un gran problema mundial, cuyo origen se encuentra en la producción y la distribución industrial. Hay contaminación cuando los residuos peligrosos llegan al suelo y a las aguas subterráneas como resultado de la inadecuación o la irresponsabilidad en las medidas de eliminación. Los vertederos abandonados o mal atendidos plantean a la sociedad un problema especialmente difícil y costoso. En ocasiones, los residuos peligrosos se eliminan ilegalmente y con métodos aún más peligrosos porque el propietario no encuentra una forma asequible de deshacerse de ellos. Una de las grandes cuestiones sin resolver en cuanto al tratamiento de los residuos peligrosos es encontrar métodos de eliminación que sean a un tiempo seguros y baratos. La preocupación pública a este respecto se centra en los efectos que puede tener sobre la salud la exposición a sustancias químicas tóxicas, y en particular el riesgo de cáncer.

El Convenio de Basilea es un acuerdo internacional adoptado en 1989 para controlar el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos y evitar que puedan enviarse para su eliminación a países que no posean las instalaciones necesarias para tratarlos de forma segura. El Convenio exige que la generación de residuos peligrosos y su movimiento transfronterizo se mantengan a un nivel mínimo. El tráfico está sujeto a la autorización informada del país receptor y a su legislación. El movimiento transfronterizo debe responder a buenas prácticas ambientales y a la garantía de que el país receptor tiene capacidad para tratarlos de modo seguro. Todas las demás formas de tráfico se

consideran ilegales y por tanto de intención delictiva, y están sujetas a las legislaciones y códigos penales de los respectivos países. El Convenio constituye un marco esencial para el control del problema a escala internacional.

Propiedades peligrosas de las sustancias químicas

Las sustancias peligrosas son compuestos y mezclas de los mismos que representan una amenaza para la salud y los bienes por su toxicidad, inflamabilidad, potencial explosivo, radiación u otras propiedades peligrosas. La atención pública se ha centrado mayormente en los peligros de los carcinógenos, los residuos industriales, los plaguicidas y la radiación. Sin embargo, son innumerables los compuestos no incluidos en esas categorías que pueden suponer una amenaza para la salud y la seguridad públicas.

Las sustancias químicas peligrosas pueden constituir un riesgo físico, como en los casos de accidentes industriales y de transporte. Los hidrocarburos pueden incendiarse e incluso explotar, y los incendios y explosiones pueden generar sus propios peligros tóxicos dependiendo de las sustancias químicas inicialmente presentes en ellos. Los incendios en lugares de almacenamiento de plaguicidas constituyen una situación especialmente peligrosa, pues estos últimos pueden convertirse en productos de combustión aún más tóxicos (como los paraoxones en el caso de los organofosfatos) y, cuando la combustión se produce en presencia de compuestos de cloro, pueden generarse cantidades significativas de dioxinas y furanos, que son nocivos para el medio ambiente.

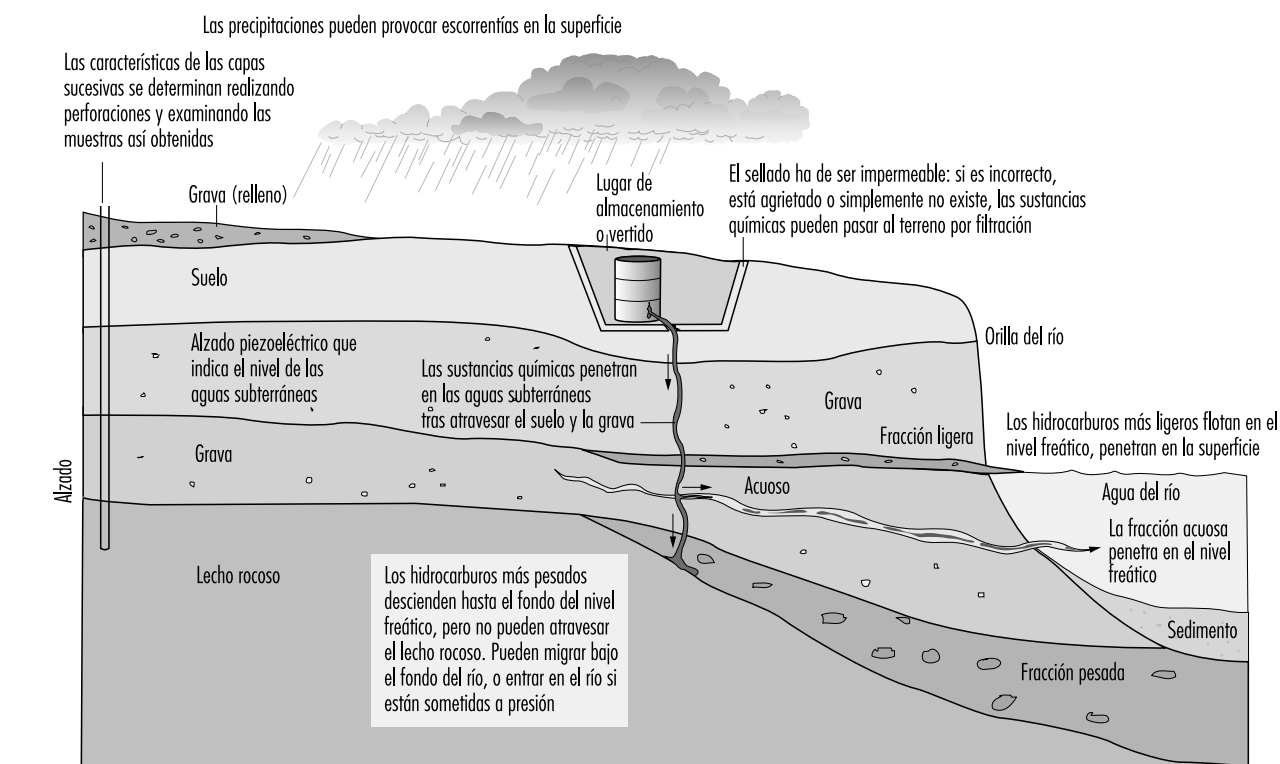
No obstante, lo que más preocupa a la mayoría de la gente con respecto a los residuos peligrosos es su toxicidad. Las sustancias químicas pueden ser tóxicas para los seres humanos y ser nocivas también para el medio ambiente a través de su toxicidad

para las especies animales y vegetales. Son motivo de especial preocupación las que no se degradan fácilmente en el medio ambiente (característica que se denomina *biopersistencia*) o que se acumulan en él (característica que se denomina *bioacumulación*).

El número de sustancias químicas de uso común y su peligrosidad se han modificado radicalmente. En la última generación, la investigación y desarrollo en química orgánica e ingeniería química han introducido miles de nuevos compuestos destinados a un amplio uso comercial, incluidos compuestos persistentes como los bifenilos policlorados (PCB), plaguicidas más potentes, aceleradores y sustancias para dar plasticidad, de efectos inusuales y aún mal conocidos. La producción de sustancias químicas se ha elevado enormemente. Por ejemplo, en 1941 la producción total de compuestos orgánicos sintéticos en Estados Unidos no llegaba a los 1.000 millones de kg. Hoy supera con mucho los 80.000 millones. Muchos compuestos que son hoy de uso común no fueron suficientemente ensayados y no los conocemos bien.

Las sustancias químicas tóxicas han entrado en nuestra vida diaria mucho más que en el pasado. Son muchas las fábricas o los vertederos de sustancias químicas que antes estaban aisladas o en los lindes de las poblaciones y que hoy se han incorporado a las zonas urbanas por el crecimiento de los alrededores de las grandes ciudades. Las poblaciones están hoy más cerca del problema que antes. Algunas comunidades se han construido directamente encima de antiguos vertederos. Aunque los accidentes con sustancias peligrosas pueden adoptar muchas formas y ser sumamente singulares, parece que en la gran mayoría interviene un grupo relativamente reducido de sustancias: disolventes, pinturas y revestimientos, soluciones metálicas, bifenilos policlorados (PCB), plaguicidas y ácidos y álcalis. En estudios realizados en Estados Unidos, las diez sustancias peligrosas que se encontraban con más frecuencia en los vertederos que oxigian

Figura 53.7 • Sección transversal de un hipotético vertedero de desechos peligrosos.



una intervención oficial eran el plomo, el arsénio, el mercurio, el cloruro de vinilo, el benceno, el cadmio, los PCB, el cloroformo, el benzo(a)pireno y el tricloroetileno. No obstante, el cromo, el tetracloroetileno, el tolueno y el di-2-etilhexilftalato también ocupaban un lugar destacado entre las sustancias que podían migrar o provocar una exposición humana. El origen de estos residuos químicos varía considerablemente y depende de la situación local, pero fuentes características de ese flujo de residuos son las soluciones para galvanoplastia, las sustancias químicas desechadas, los productos secundarios de procesos de fabricación y los disolventes desechados.

Contaminación de las aguas subterráneas

En la Figura 53.7 se presenta una sección transversal de un hipotético vertedero de residuos peligrosos para ilustrar los problemas que pueden surgir. (En la práctica, un vertedero de ese tipo no se situaría nunca junto a una masa de agua ni sobre un lecho de grava.) Las instalaciones de eliminación (contención) de residuos peligrosos bien diseñadas poseen un cerramiento sellado impermeable que impide que las sustancias peligrosas escapen y penetren en el terreno subyacente. Cuentan también con medios para tratar las sustancias químicas que pueden neutralizarse o transformarse y reducir así el volumen de residuos depositados en el vertedero; las sustancias químicas que no pueden tratarse se encierran en contenedores impermeables. (No obstante, y como se verá más adelante, la permeabilidad es relativa.)

Las sustancias químicas pueden escapar por filtración cuando el contenedor se encuentra en mal estado, por lixiviación si entra agua en su interior o por derramamiento durante su manipulación o cuando el vertedero se ve alterado por alguna causa. Una vez que atraviesan el revestimiento interior del vertedero, o si ese revestimiento está roto o no existe, penetran en el suelo y migran hacia abajo por efecto de la gravedad. La migración es mucho más rápida en los suelos porosos, y más lenta cuando tiene que atravesar arcilla o un lecho rocoso. Aun bajo tierra, el agua fluye cuesta abajo y sigue el camino de menor resistencia, por lo que el nivel de las aguas subterráneas se inclina ligeramente en la dirección de la corriente, y ésta es mucho más rápida cuando atraviesa arena o grava. Si hay una capa freática bajo el suelo, las sustancias químicas acabarán por llegar a ella. Las sustancias más ligeras tienden a flotar en el agua y formar en ella una capa superior. Las más pesadas y los compuestos hidrosolubles tienden a disolverse o ser transportados por las aguas subterráneas en su lento desplazamiento a través de rocas porosas o grava. La región contaminada, que es lo que se llama *penacho*, puede determinarse cartográficamente efectuando perforaciones o pozos de sondeo. El penacho se va extendiendo lentamente, avanzando en la misma dirección que las aguas subterráneas.

La contaminación de las aguas superficiales puede producirse por escorrentía desde el vertedero, cuando la capa superior de suelo está contaminada, o por las aguas subterráneas. Cuando las aguas subterráneas desembocan en una masa de agua local, como un río o un lago, la contaminación pasa a esa masa de agua. Algunas sustancias químicas tienden a depositarse en el sedimento del fondo, mientras que otras son transportadas por la corriente.

La contaminación de las aguas subterráneas puede tardar siglos en desaparecer. Si la población que vive en la zona utiliza como fuente de agua pozos superficiales, existe la posibilidad de exposición por ingestión y por contacto cutáneo.

Problemas para la salud humana

Las personas entran en contacto con las sustancias tóxicas de muchas maneras y la exposición puede producirse en distintos

momentos de su vida útil. Puede ocurrir que personas que trabajan en una fábrica cuyo proceso industrial produce como residuos esas sustancias no se cambien de ropa ni se laven antes de ir a casa. Otras pueden vivir cerca de vertederos de residuos peligrosos ilegales o mal diseñados o dirigidos, produciéndose exposiciones como resultado de accidentes, de una manipulación negligente o de la falta de contención de la sustancia, o porque la zona no está suficientemente cerrada para impedir la entrada de los niños. La exposición puede producirse también en el hogar, como resultado de productos de consumo que están mal etiquetados, que han sido mal almacenados o que no contienen advertencias sobre su consumo por los niños.

Hay tres vías de exposición que son, con mucho, las más importantes a la hora de examinar la toxicidad de los residuos peligrosos: la inhalación, la ingestión y la absorción por la piel. Una vez absorbidas, y dependiendo de la ruta de exposición, las sustancias tóxicas pueden afectar a las personas de muchos modos. Evidentemente, la lista de posibles efectos tóxicos asociados a los residuos peligrosos es muy larga, pero la preocupación pública y los estudios científicos han tendido a centrarse en el riesgo de cáncer y en los efectos sobre el sistema reproductivo. En general, ello refleja el perfil de los peligros químicos presentes en los vertederos.

Se han efectuado numerosos estudios sobre personas que viven alrededor o cerca de esos lugares. Con escasas excepciones, los estudios demuestran más bien poco en cuanto a problemas de salud verificables y clínicamente importantes. Las excepciones suelen referirse a casos de contaminación excepcionalmente grave y cuando existe una ruta de exposición clara de personas que viven inmediatamente al lado del vertedero o han bebido agua procedente de aguas subterráneas contaminadas por el vertedero. Esta sorprendente ausencia de efectos documentados sobre la salud se explica probablemente por varias razones. Una de ellas es que, a diferencia de la contaminación del aire y de las aguas superficiales, la gente no tiene fácil acceso a los contaminantes químicos del suelo. Es posible vivir en zonas muy contaminadas por sustancias químicas, pero a menos que se entre realmente en contacto con ellas por una de las vías de exposición antes mencionadas no se producirá toxicidad. Otra razón es que los efectos crónicos de la exposición a esas sustancias químicas tóxicas tardan mucho en desarrollarse y son muy difíciles de estudiar. Otra razón, por último, puede ser que esas sustancias sean menos potentes como causantes de efectos crónicos sobre la salud de lo que generalmente se supone.

Dejando al margen los efectos sobre la salud humana, la contaminación del suelo puede ocasionar graves daños a los ecosistemas. Especies vegetales y animales, bacterias del suelo (que contribuyen a la productividad agrícola) y otros componentes de los ecosistemas pueden verse irreversiblemente dañados por unos niveles de contaminación que no vayan asociados a ningún efecto visible sobre la salud humana.

Control del problema

Debido a las formas de distribución de la población, a las restricciones sobre el uso de la tierra, a los costes de transporte y a la preocupación social por los efectos ambientales, existe una gran presión para que se halle una solución al problema de la eliminación económica de los residuos peligrosos. Ello ha incrementado el interés por métodos como la reducción en la fuente, el reciclado, la neutralización química y los vertederos de eliminación (contención) segura de los residuos peligrosos. Los dos primeros reducen la cantidad de residuos producida y la neutralización química su toxicidad, convirtiéndolos a veces en un sólido de más fácil manejo. Siempre que es posible, se prefiere realizar esta operación en el lugar de producción de los residuos, para reducir

el volumen que se ha de trasladar. Para los desechos residuales se necesitan instalaciones de eliminación bien diseñadas, dotadas de las mejores tecnologías de transformación química y contención disponibles.

La construcción de vertederos de contención seguros es relativamente costosa. Hay seleccionar cuidadosamente el lugar para garantizar que no se producirá rápidamente una contaminación de las aguas superficiales y de los principales acuíferos (aguas subterráneas). El vertedero ha de diseñarse y construirse con barreras impermeables para impedir la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas. Dichas barreras suelen consistir en gruesos revestimientos de plástico y capas de relleno a base de arcilla prensada bajo las zonas de contención. En realidad, la barrera actúa para retrasar el inicio de la filtración, que acaba produciéndose, y para hacerla más lenta, reduciéndola a un ritmo aceptable que no produzca acumulación o contaminación significativa de las aguas subterráneas. La permeabilidad es una propiedad de los materiales que se define como su resistencia a ser penetrados por un líquido o gas en determinadas condiciones de presión y temperatura. Hasta la barrera menos permeable, como los revestimientos plásticos o la arcilla prensada, acabarán permitiendo el paso de alguna sustancia química líquida a través de la barrera, lo que puede tardar años o incluso siglos en producirse, y una vez iniciada la salida el flujo se mantendrá continuo, aunque puede ser que a una velocidad muy baja. Esto significa que las aguas subterráneas que se hallen inmediatamente debajo de un vertedero de residuos peligrosos corren siempre un determinado riesgo de contaminación, por pequeño que sea. Una vez contaminadas las aguas subterráneas, la descontaminación es muy difícil y con frecuencia imposible.

Muchos vertederos de residuos peligrosos se vigilan regularmente mediante sistemas de recogida de muestras y a través de pruebas en pozos cercanos para comprobar que la contaminación no se esté extendiendo. Los más avanzados se construyen con instalaciones de reciclado y transformación "in situ" o en las proximidades para reducir aún más los residuos que finalmente se depositan en el contenedor.

Los contenedores de residuos peligrosos no constituyen una solución perfecta al problema de la contaminación del suelo. En su diseño intervienen costosos conocimientos especializados, su construcción es cara y pueden exigir una vigilancia que represente un coste permanente. No garantizan que no se vaya a producir en el futuro una contaminación de las aguas subterráneas, aunque pueden reducir al mínimo esa posibilidad. Un importante inconveniente es que es inevitable que alguien viva en sus cercanías. Las comunidades en que se sitúan o se proyecta situar vertederos de residuos peligrosos suelen oponerse a ellos con energía, lo que dificulta a los gobiernos la concesión de la autorización. Es lo que se denomina el síndrome de "no en mi patio", y es una respuesta habitual al emplazamiento de instalaciones que se consideran indeseables. En el caso de los vertederos de residuos peligrosos, este síndrome tiende a ser especialmente acentuado.

Por desgracia, sin vertederos de contención de los residuos peligrosos, la sociedad puede perder por completo el control de la situación. Cuando no se dispone de un vertedero o cuando es demasiado caro utilizarlo, los residuos peligrosos suelen eliminarse ilegalmente. Entre las prácticas ilegales figuran el vertido de residuos líquidos al suelo en lugares distantes o en desagües que desembocan en los cursos de agua locales y su traslado a jurisdicciones que tienen una legislación más laxa en materia de manipulación de sustancias peligrosas. Ello puede provocar una situación más peligrosa aún de la que se derivaría de la existencia de un vertedero mal gestionado.

Pueden utilizarse varias tecnologías para eliminar los residuos restantes. Una de las más limpias y eficaces es la incineración a

altas temperaturas, pero el coste de las instalaciones es muy elevado. Uno de los enfoques más prometedores consiste en la incineración de residuos tóxicos líquidos en hornos de cemento, que funcionan a las altas temperaturas necesarias y existen tanto en el mundo en desarrollo como en el mundo desarrollado. La inyección en pozos profundos, por debajo del nivel freático, es una posibilidad para las sustancias químicas que no pueden eliminarse de otro modo. No obstante, la migración a las aguas subterráneas es una cuestión delicada, y a veces unas condiciones inusuales de presión bajo tierra o filtraciones en los pozos llevan a su contaminación. La deshalogenación es una tecnología química que despoja a los hidrocarburos halogenados, como los PCB, de los átomos de cloro y bromo, de manera que luego pueden eliminarse fácilmente por incineración.

Una importante cuestión sin resolver en el ámbito de la manipulación municipal de los desechos sólidos es la contaminación por residuos peligrosos vertidos de forma accidental o voluntaria. Este riesgo puede reducirse al mínimo desviando esos materiales por una vía distinta. En su mayoría, los sistemas municipales de manipulación de desechos sólidos desvían los residuos químicos y peligrosos de modo que no contaminen el flujo de desechos sólidos. Lo ideal es que ese nuevo flujo de desechos se desvíe a un vertedero seguro.

Existe una necesidad apremiante de instalaciones para recoger y eliminar adecuadamente pequeñas cantidades de residuos peligrosos con un coste mínimo. Una persona que tiene en su poder una botella o una lata de disolvente, plaguicida o algún polvo o líquido desconocido por lo general no puede permitirse el elevado coste de una eliminación adecuada, y no es consciente del riesgo. Se necesita algún sistema para recoger esos residuos peligrosos a los consumidores antes de que los viertan en el suelo, los tiren por el inodoro o los quemen y liberen en la atmósfera. Hay ayuntamientos que patrocinan los denominados "días de recogida de tóxicos", en los que los vecinos llevan pequeñas cantidades de materiales tóxicos a un lugar central para una eliminación segura de los mismos. En algunas zonas urbanas se han introducido sistemas descentralizados, que incluyen la recogida domiciliar o local de pequeñas cantidades de sustancias tóxicas para su eliminación. En Estados Unidos, la experiencia ha demostrado que la gente está dispuesta a recorrer diez kilómetros para eliminar en condiciones de seguridad los desechos tóxicos domésticos. Es urgente educar a los consumidores y promover la conciencia de la toxicidad potencial de los productos habituales. Los plaguicidas en aerosol, las lejías, los productos de limpieza para el hogar y los líquidos limpiadores son potencialmente peligrosos, sobre todo para los niños.

Vertederos de residuos peligrosos abandonados

Los vertederos de residuos peligrosos que están abandonados o carecen de seguridad constituyen un problema común en todo el mundo. Los vertederos necesitados de una limpieza representan una gran carga para la sociedad. La capacidad de los países y las jurisdicciones locales para limpiar los grandes vertederos de residuos peligrosos es muy variable. Idealmente, el propietario del vertedero o la persona que lo creó debería hacerse cargo de su limpieza. En la práctica, los vertederos cambian muchas veces de manos, y los propietarios anteriores con frecuencia ya no trabajan en el sector mientras que los actuales pueden no tener los recursos financieros necesarios para la limpieza, con lo que ésta tiende a retrasarse durante largo tiempo entre costosos estudios técnicos y batallas legales. Los países más pequeños y menos ricos tienen pocas ventajas comparativas a la hora de negociar las limpiezas con los propietarios actuales o con las partes responsables, y carecen de recursos para ocuparse ellos mismos de la operación.

Los enfoques tradicionales en materia de limpieza de vertederos son muy lentos y costosos, y requieren conocimientos técnicos sumamente especializados que suelen escasear. En primer lugar se evalúa el vertedero para determinar la gravedad de la contaminación del suelo y si están contaminadas o no las aguas subterráneas. Se estudia asimismo la probabilidad de que las personas que viven en las cercanías hayan entrado en contacto con sustancias peligrosas, y en algunos casos se estima el consiguiente riesgo para la salud. Se han de tomar decisiones sobre los niveles de limpieza aceptables, de forma que en última instancia la exposición se reduzca a esos niveles para proteger la salud humana y el medio ambiente. En su mayoría, los gobiernos adoptan decisiones sobre los niveles de limpieza aplicando las leyes ambientales pertinentes y las normas sobre contaminación del aire y el agua potable, y sobre la base de una evaluación de los riesgos que para la salud supone ese vertedero en concreto. Por consiguiente, los niveles de limpieza reflejan tanto las preocupaciones sanitarias como las ambientales. Se ha de decidir la forma de poner remedio a la situación del vertedero o el mejor método para conseguir esa reducción de la exposición. Se plantea así el problema técnico de conseguir esos niveles de limpieza mediante métodos de ingeniería y de otro tipo. Entre otras técnicas se utilizan las de incineración, solidificación, tratamiento químico, evaporación, inundación reiterada del terreno, biodegradación, contención, transporte de suelo a otros lugares y extracción por bombeo de agua subterránea. Estas opciones técnicas son demasiado complejas y variables en función de las circunstancias para describirlas aquí en detalle. Las soluciones deben adaptarse a cada situación particular y a los fondos de que se dispone para conseguir el control. En algunos casos no es posible corregir la situación y entonces se ha de decidir qué usos de la tierra se van a autorizar en ese lugar.

para los humanos. Este deterioro se ha relacionado con el desarrollo socioeconómico en las cuencas fluviales, pero en la actualidad el transporte atmosférico de contaminantes a largas distancias ha modificado el panorama: hasta zonas muy alejadas pueden verse indirectamente contaminadas (Meybeck y Helmer 1989).

Las primeras manifestaciones de contaminación de las aguas urbanas las encontramos en la Edad Media, con noticias y quejas sobre la insuficiencia de los sistemas de eliminación de los excrementos, los cursos de agua sucia y hedionda en las ciudades superpobladas y otros problemas similares. La primera vez que se estableció una vinculación causal clara entre la mala calidad del agua y los efectos sobre la salud humana se remonta a 1854, año en que John Snow atribuyó el brote de una epidemia de cólera en Londres a una determinada fuente de agua potable.

Desde mediados del siglo XX, y coincidiendo con el inicio de un crecimiento industrial acelerado, se han venido produciendo en rápida sucesión diversos tipos de problemas de contaminación del agua. En la Figura 53.8 se indican esos problemas y el momento de su aparición en los recursos europeos de agua dulce.

Como resumen de la situación europea cabe afirmar que: a) se han determinado y estudiado los problemas del pasado (patógenos, balance de oxígeno, eutrofización, metales pesados) y se han identificado y aplicado en mayor o menor medida los controles necesarios, y b) los problemas de hoy son de otro tipo: por una parte, fuentes puntuales y difusas de contaminación "tradicionales" (nitratos) y problemas de contaminación ambiental generalizada (compuestos orgánicos sintéticos), y, por otra, problemas "de tercera generación" que interfieren los ciclos globales (acidificación, cambio climático).

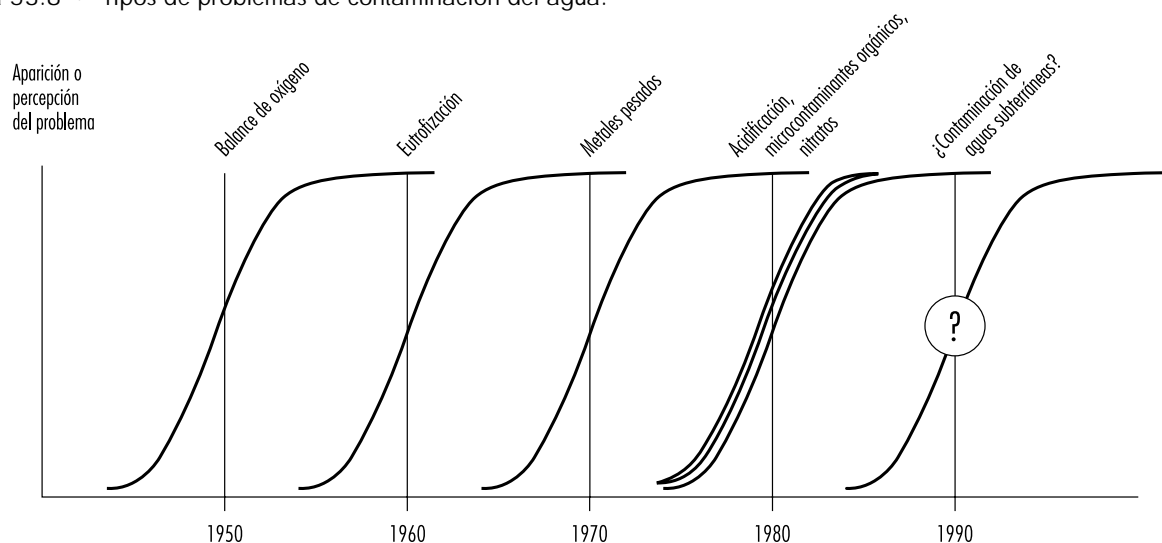
En el pasado, la contaminación del agua en los países en desarrollo se debía principalmente a los vertidos de aguas residuales sin tratar. La situación es hoy más compleja debido a la producción industrial de residuos peligrosos y a la utilización en rápido aumento de plaguicidas en la agricultura. De hecho, en algunos países en desarrollo, al menos en los países de industrialización reciente, el problema de la contaminación del agua es más grave que en los países industrializados (Arceivala 1989). Por desgracia, los países en desarrollo en su conjunto están muy atrasados en materia de control de las principales fuentes de contaminación. En consecuencia, la calidad del medio ambiente sufre un deterioro progresivo (OMS/PNUMA 1991).

● LA CONTAMINACION DEL AGUA

Ivanildo Hespanhol y Richard Helmer

Desde hace al menos dos milenios se ha venido deteriorando la calidad del agua natural hasta llegar a niveles de contaminación que limitan estrictamente los usos del agua o la hacen perjudicial

Figura 53.8 • Tipos de problemas de contaminación del agua.



Tipos y fuentes de contaminación

Hay numerosos agentes microbianos, elementos y compuestos que pueden contaminar el agua. Pueden clasificarse de la siguiente manera: organismos microbiológicos, compuestos orgánicos biodegradables, materiales en suspensión, nitratos, sales, metales pesados, nutrientes y microcontaminantes orgánicos.

Organismos microbiológicos

Los organismos microbiológicos son habituales en las masas de agua dulce contaminadas por vertidos de aguas residuales domésticas sin tratar. Entre esos agentes microbianos figuran bacterias patogénicas, virus, helmintos, protozoos y otros organismos pluricelulares complejos que pueden producir enfermedades gastrointestinales. Otros organismos tienen un carácter más oportunista e infectan a individuos vulnerables a través del contacto corporal con agua contaminada o mediante la inhalación de gotitas de agua de mala calidad en aerosoles de diversos orígenes.

Compuestos orgánicos biodegradables

Sustancias orgánicas de origen natural (detritus terrestres alóctonos o residuos autóctonos de plantas acuáticas) o de fuentes antropogénicas (desechos domésticos, agrícolas y algunos industriales) son descompuestas por microbios aeróbicos a lo largo del curso del río. La consecuencia es un descenso del nivel de oxígeno del río a partir del punto en que se vierten las aguas residuales, lo que reduce la calidad del agua y pone en peligro la supervivencia de la biota acuática, especialmente de los peces de alta calidad.

Partículas

Las partículas son un importante medio de transporte de contaminantes orgánicos e inorgánicos. En los materiales en suspensión encontramos la mayoría de los metales pesados tóxicos, contaminantes orgánicos, patógenos y nutrientes como el fósforo. También está presente una cantidad apreciable de material orgánico biodegradable, que es responsable del consumo del oxígeno en disolución de los ríos. Las partículas proceden de la urbanización y de la construcción de carreteras, la despoblación forestal, las operaciones mineras, las operaciones de dragado de los ríos, fuentes naturales relacionadas con la erosión continental o catástrofes naturales. Las partículas más gruesas se depositan en el lecho de los ríos, los embalses, las llanuras aluviales y las marismas y lagos.

Nitratos

La concentración de nitratos en las aguas superficiales no contaminadas oscila entre menos de 0,1 y 1 miligramo por litro (expresado como nitrógeno), de manera que niveles de nitratos superiores a 1 mg/l indican influencias antropogénicas, como el vertido de residuos municipales y las escorrentías urbanas y agrícolas. La precipitación atmosférica es también una fuente importante de nitratos y amoníaco en las cuencas fluviales, sobre todo en zonas no afectadas por fuentes de contaminación directas, por ejemplo, algunas regiones tropicales. Elevadas concentraciones de nitratos en el agua potable pueden resultar altamente tóxicas para los recién nacidos que no reciben lactancia natural durante los primeros meses de vida o para las personas de edad avanzada, fenómeno que se denomina metahemoglobinemia.

Sales

La salinización del agua puede deberse a factores naturales, como la interacción geoquímica del agua con suelos salinos, o a actividades antropogénicas, como la agricultura de regadío, la entrada de agua marina a causa de un bombeo excesivo de aguas subterráneas en islas y zonas costeras o la eliminación de desechos industriales y salmueras de campos petrolíferos.

Ejemplos de contaminación del agua en determinadas ciudades

Karachi (Pakistán)

El río Lyari, que atraviesa Karachi, la mayor ciudad industrial del Pakistán, es un desagadero abierto tanto desde el punto de vista químico como desde el microbiológico, una combinación de aguas residuales en bruto y de efluentes industriales sin tratar. Estos proceden en su mayoría de un polígono industrial en el que hay 300 grandes instalaciones industriales y casi tres veces más de instalaciones más pequeñas. Tres quintas partes de ellas son talleres textiles. La mayoría de las demás industrias de Karachi también vierten efluentes sin tratar en el curso de agua más próximo.

Alejandro (Egipto)

Las industrias de Alejandro representan alrededor del 40 % del producto industrial total del país, y la mayoría vierte desechos líquidos sin tratar en el mar o en el lago Maryut. En el pasado decenio la producción pesquera en el lago Maryut descendió en más o menos un 80 % debido a los vertidos directos de efluentes industriales y domésticos. El lago ha dejado de ser asimismo, por su deficiente estado, el importante enclave turístico que era. Se está produciendo un deterioro ambiental similar en la costa marina como resultado de los vertidos de aguas de desecho sin tratar procedentes de emisarios mal situados.

Shanghai (China)

Alrededor de 3,4 millones de metros cúbicos de desechos industriales y domésticos se vierten sobre todo en el arroyo Suzhou y en el río Huangpu, que pasan por el centro de la ciudad. Se han convertido en las principales alcantarillas (abiertas) de la urbe. Los desechos son en su mayor parte industriales, pues son pocas las casas que poseen inodoros conectados con la red de alcantarillado. El Huangpu está básicamente muerto desde 1980. En total, se tratan menos del 5 % de las aguas de desecho de la ciudad. El nivel de la capa freática, normalmente alto, supone asimismo que diversas toxinas de las plantas industriales y los ríos locales llegan a las aguas subterráneas y a los ríos locales y contaminan los pozos, con los que también se abastece de agua la ciudad.

Sao Paulo (Brasil)

Cuando pasa por el Gran Sao Paulo, una de las mayores aglomeraciones urbanas del mundo, el río Tiete recibe diariamente 300 toneladas de efluentes de 1.200 industrias situadas en la zona. Entre los principales contaminantes figuran el plomo, el cadmio y otros metales pesados. Recibe asimismo 900 toneladas de aguas residuales cada día, de las que sólo se trata un 12,5 % en las cinco estaciones depuradoras que hay en la zona.

Fuente: Basado en Hardoy y Satterthwaite 1989.

Aunque puede ser un inconveniente para el aprovechamiento del agua, sobre todo para regar cultivos sensibles o para beber, en sí misma la salinidad puede no ser directamente perjudicial para la salud, incluso a niveles bastante altos; sus efectos indirectos pueden ser sin embargo muy graves. La pérdida de tierra agrícola fértil y la reducción de los rendimientos de los cultivos por anegamiento y salinización del suelo en las zonas regadas acaban con el medio de vida de comunidades enteras y provocan graves situaciones de escasez de alimentos.

Metales pesados

Los metales pesados como el plomo, el cadmio y el mercurio son microcontaminantes de especial interés, pues tienen importancia para la salud y el medio ambiente a causa de sus características de persistencia, elevada toxicidad y bioacumulación.

Los metales pesados que contribuyen a la contaminación del agua proceden básicamente de cinco fuentes: desgaste geológico, que es responsable del nivel de fondo; transformación industrial de menas y metales; utilización de metales y compuestos de metales, como las sales de cromo en las curtidurías, los compuestos de cobre en la agricultura y el tetraetil de plomo como agente antidetonante en la gasolina; la lixiviación de metales pesados a partir de desechos domésticos y vertidos de residuos sólidos, y la presencia de metales pesados en los excrementos humanos y animales, sobre todo zinc. Los metales que se liberan en el aire procedentes de las emisiones de los automóviles, la combustión de combustibles y los procesos industriales pueden depositarse en el suelo y llegar a incorporarse a las aguas superficiales.

Nutrientes

La *eutrofización* se define como el enriquecimiento de las aguas con nutrientes de origen vegetal, sobre todo fósforo y nitrógeno, que generan un mayor crecimiento de las plantas (tanto algas como macrofitos) y se traducen en floraciones de algas visibles, marañas flotantes de algas o macrofitos, algas bentónicas y aglomeraciones sumergidas de macrofitos. Al descomponerse, ese material vegetal conduce al agotamiento de las reservas de oxígeno de las masas de agua, lo que a su vez provoca una serie de problemas secundarios como la mortalidad de los peces y la liberación de gases corrosivos y otras sustancias indeseables, como gas carbónico, metano, sulfuro de hidrógeno, sustancias organolépticas (que dan sabor y olor), toxinas y similares.

Los compuestos de fósforo y nitrógeno proceden básicamente de las aguas residuales domésticas no tratadas, pero hay también otras fuentes, como el drenaje de tierra agrícola con fertilizantes artificiales, las escorrentías superficiales de la ganadería intensiva y algunas aguas residuales industriales, que también pueden incrementar sustancialmente el nivel trófico de lagos y embalses, sobre todo en los países tropicales en desarrollo.

Los principales problemas relacionados con la eutrofización de lagos, embalses y depósitos de agua son los siguientes: agotamiento del oxígeno en la capa superior; menor calidad del agua, lo que dificulta el tratamiento, sobre todo para eliminar las sustancias que dan sabor y olor; disminución del valor de esas masas de agua con fines recreativos, con un mayor riesgo para la salud de los bañistas y un aspecto desagradable; inconvenientes para la pesca, debido a la mortalidad de peces y a la aparición de poblaciones de peces de baja calidad y escaso atractivo; envejecimiento y reducción de la capacidad de lagos y embalses por sedimentación; e incremento de los problemas de corrosión en conducciones y otras estructuras.

Microcontaminantes orgánicos

Los microcontaminantes orgánicos pueden clasificarse en grupos de productos químicos en función de su utilización y, por tanto, de la forma en que se dispersan en el medio ambiente:

- Los *plaguicidas* son sustancias, por lo general sintéticas, que se introducen deliberadamente en el medio ambiente para proteger los cultivos o luchar contra vectores de enfermedades. Constituyen varias familias claramente diferenciadas, como los insecticidas organoclorados, los insecticidas organofosfatos, los herbicidas del tipo hormonal vegetal, las triacinas, los sustitutos de urea y otros.

- Entre los *materiales de uso doméstico e industrial común* se encuentran las sustancias orgánicas volátiles que se utilizan como disolventes de extracción, los disolventes para desengrasar metales y limpiar ropa en seco, y los propulsores que se utilizan en aerosoles. Este grupo comprende también los derivados halogenados del metano, el etano y el etileno. Como su empleo está muy extendido, las tasas de dispersión en el medio ambiente en relación con las cantidades producidas son por lo general elevadas. Este grupo comprende también los hidrocarburos aromáticos policíclicos, cuya presencia en el medio ambiente se debe a la extracción, transporte y refinado de productos del petróleo y a la dispersión de productos de combustión derivados de su uso (gasolina y fuel para calefacción).
- Entre los *materiales de uso esencialmente industrial* figuran sustancias que son agentes directos e intermedios de síntesis químicas, como el tetracloruro de carbono para sintetizar freones, el cloruro de vinilo para polimerizar PVC y derivados clorados del benceno, el naftaleno, el fenol y la anilina para fabricar tintes. También se incluyen en este grupo productos acabados que se utilizan en sistemas cerrados, como fluidos para el intercambio de calor y dieléctricos.

Los microcontaminantes orgánicos proceden de fuentes puntuales y difusas, tanto urbanas como rurales. La mayoría tienen su origen en importantes actividades industriales, como el refinado de petróleo, la minería del carbón, la síntesis orgánica y la fabricación de productos sintéticos, las industrias siderúrgicas, la industria textil y la industria de la madera y la pasta de papel. Los efluentes de fábricas de plaguicidas pueden contener importantes cantidades de esos productos manufacturados. Una proporción significativa de los contaminantes orgánicos se vierte al medio acuático a través de las escorrentías de superficies urbanas; y en las zonas agrícolas los plaguicidas con que se tratan los cultivos pueden llegar a las aguas superficiales a través de las escorrentías de agua de lluvia y del drenaje artificial o natural. También vertidos accidentales han ocasionado graves daños ecológicos y cierres temporales del suministro de agua.

Contaminación urbana

A causa de la contaminación urbana, multiforme, agresiva y en continuo crecimiento, la necesidad de mantener la calidad de los recursos hídricos se ha convertido en un problema grave, sobre todo en las zonas más urbanizadas del mundo en desarrollo. El mantenimiento de la calidad del agua se ve obstaculizado por dos factores: el hecho de que no se imponga un control de la contaminación en las fuentes principales, sobre todo las industrias, y la insuficiencia de los sistemas de saneamiento y de recogida y eliminación de basuras (OMS 1992b). En un recuadro se ofrecen algunos ejemplos de contaminación del agua en varias ciudades de países en desarrollo.

Efectos de la contaminación microbiana sobre la salud

Las enfermedades ocasionadas por la ingestión de patógenos en el agua contaminada tienen una enorme importancia en todo el mundo. "Se estima que en los países en desarrollo el 80 % del total de enfermedades, y más de una tercera parte de las muertes, están originadas por el consumo de agua contaminada, y por término medio cada persona pierde hasta una décima parte de su tiempo productivo a causa de enfermedades relacionadas con el agua" (CNUMAD 1992). Las enfermedades transmitidas por el agua representan la principal categoría de enfermedades transmisibles que intervienen en la mortalidad infantil en los países en desarrollo y la segunda —por detrás sólo de la tuberculosis— de las que intervienen en la mortalidad de adultos, con un millón de muertes al año.

La cifra total anual de casos de cólera notificada a la OMS por sus Estados miembros alcanzó niveles sin precedentes durante la séptima pandemia, con un máximo de 595.000 casos en 1991 (OMS 1993). En la Tabla 53.6 se indican las tasas mundiales de morbilidad y mortalidad de las principales enfermedades relacionadas con el agua. Se trata de cifras muy subestimadas, pues muchos países notifican los casos de enfermedad de una manera bastante errática.

Efectos de la contaminación química sobre la salud

Los problemas de salud asociados a las sustancias químicas disueltas en el agua se derivan básicamente de la capacidad de esas sustancias para provocar efectos adversos tras largos períodos de exposición; son motivo de especial preocupación los contaminantes con propiedades tóxicas acumulativas, como los metales pesados y algunos microcontaminantes orgánicos, sustancias que son carcinogénicas y sustancias que pueden afectar al sistema reproductivo y al desarrollo. Otras sustancias que se hallan disueltas en el agua constituyen ingredientes esenciales de la ingesta alimentaria, y aún hay otras que tienen un carácter neutro con respecto a las necesidades humanas. Las sustancias químicas presentes en el agua, sobre todo en el agua potable, pueden clasificarse en tres categorías típicas desde el punto de vista de su repercusión sobre la salud (Galal-Gorchev 1986):

- *Sustancias que tienen un efecto tóxico agudo o crónico al consumirse.* La gravedad del problema para la salud aumenta cuanto más alta es su concentración en el agua potable. Por otra parte, por debajo de un determinado umbral de concentración no se observan efectos sobre la salud, es decir, el metabolismo humano puede hacer frente a esa exposición sin que se detecten efectos mensurables a largo plazo. A esta categoría pertenecen diversos metales, nitratos, cianuros y otras sustancias.
- *Sustancias genotóxicas,* cuyos efectos sobre la salud comprenden problemas como la carcinogenicidad, la mutagenicidad y los defectos de nacimiento. Según las teorías científicas actuales no existe un umbral que pueda considerarse seguro, pues la ingestión de cualquier cantidad de la sustancia contribuye a incrementar los riesgos de cáncer y otros riesgos similares. Para determinar estos riesgos se utilizan complejos modelos de extrapolación matemática, pues se dispone de muy pocas pruebas epidemiológicas. Pertenecen a esta categoría las sustancias orgánicas sintéticas, muchos microcontaminantes orgánicos clorados, algunos plaguicidas y el arsénico.

Tabla 53.6 • Tasas mundiales de morbilidad y mortalidad de las principales enfermedades relacionadas con el agua.

Enfermedad	Número/Año o período de notificación	
	Casos	Fallecimientos
Cólera-1993	297.000	4.971
Tifoideas	500.000	25.000
Giardiasis	500.000	Escasos
Amebiasis	48.000.000	110.000
Enfermedades diarreicas (menores de 5 años)	1.600.000.000	3.200.000
Dracunculosis ("gusano de Guinea")	2.600.000	-
Esquistosomiasis	200.000.000	200.000

Fuente: Galal-Gorchev 1994.

- En el caso de algunos elementos como el flúor, el yodo y el selenio es decisiva la contribución del agua potable, y las deficiencias de ésta tienen efectos más o menos graves sobre la salud. Con todo, concentraciones altas esas sustancias tienen efectos igualmente graves, aunque de carácter distinto.

Repercusiones ambientales

Las repercusiones de la contaminación ambiental sobre la calidad del agua dulce son numerosas y se han venido produciendo desde hace mucho tiempo. El desarrollo industrial, la aparición de la agricultura intensiva, el crecimiento exponencial de la población humana y la producción y uso de decenas de miles de sustancias químicas sintéticas están entre las principales causas del deterioro de la calidad del agua a escala local, nacional y mundial. La cuestión más importante que plantea la contaminación del agua es la interferencia con los usos del agua tanto efectivos como proyectados.

Una de las causas más graves y extendidas de la degradación del medio ambiente es el vertido de desechos orgánicos a los cursos de agua (véase "Compuestos orgánicos biodegradables"). Se trata de una contaminación preocupante sobre todo para el medio acuático, donde hay muchos organismos, como los peces, que necesitan altos niveles de oxígeno. Un grave efecto secundario de la anoxia del agua es la liberación de sustancias tóxicas por parte de las partículas y los sedimentos de fondo de los ríos y lagos. Otros efectos de la contaminación procedente de vertidos de aguas residuales domésticas a los cursos de agua y los acuíferos son la acumulación de nitratos en los ríos y aguas subterráneas y la eutrofización de lagos y embalses (véase "Nitratos" y "Sales"). En ambos casos la contaminación es un efecto sinérgico de los efluentes de aguas residuales y de las escorrentías o infiltraciones agrícolas.

Repercusiones económicas

Las consecuencias económicas de la contaminación del agua pueden ser bastante graves, dados sus efectos perjudiciales sobre la salud humana y el medio ambiente. La mala salud limita la productividad de los seres humanos, y la degradación ambiental reduce la productividad de los recursos hídricos que utiliza directamente la gente.

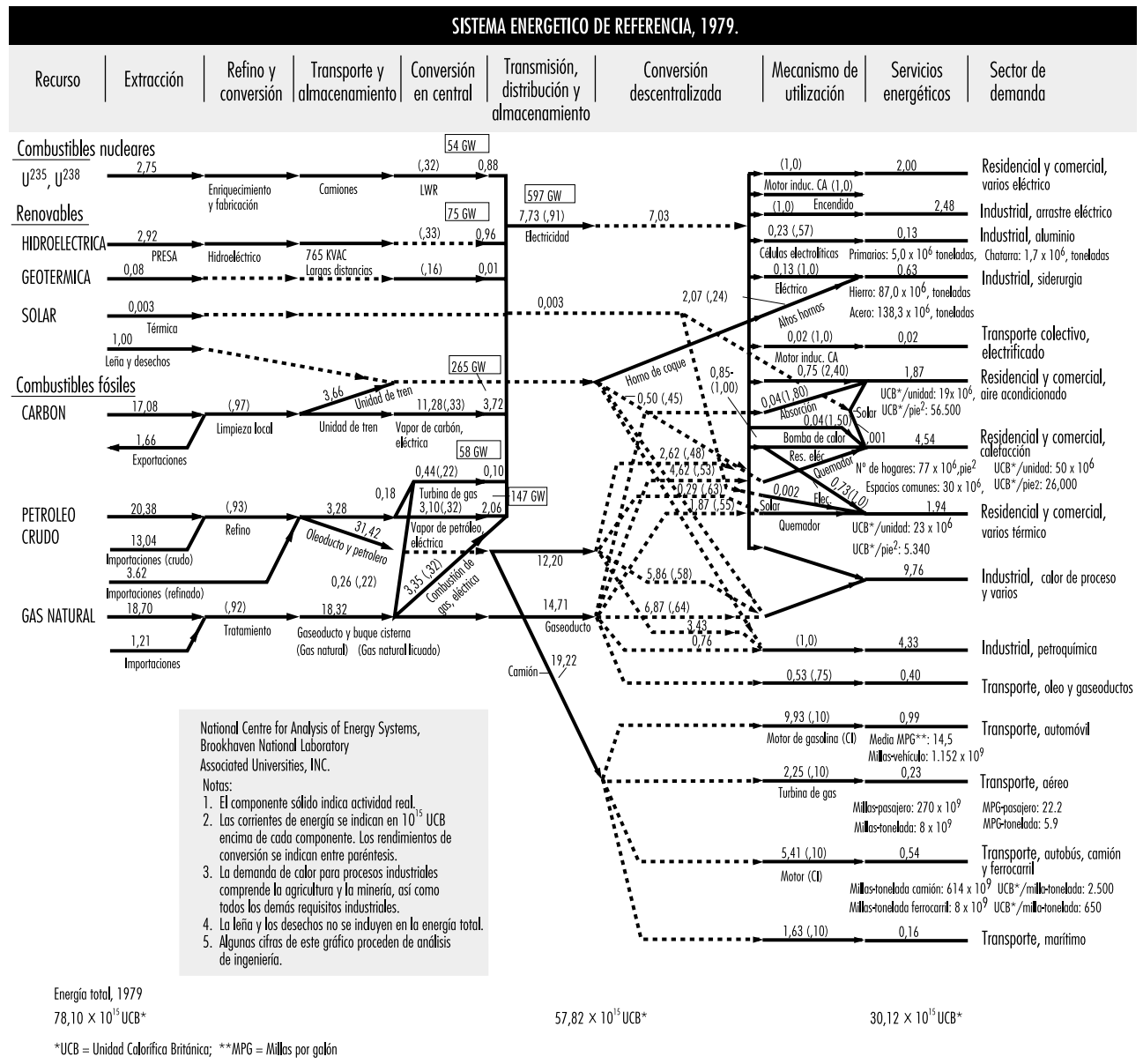
Esta carga de patología económica puede expresarse no sólo en costes de tratamiento, sino también cuantificando la pérdida de productividad. Así ocurre especialmente con las enfermedades que son sobre todo invalidantes, como la diarrea o el "gusano de Guinea". En la India, por ejemplo, se ha estimado que cada año se pierden alrededor de 73 millones de jornadas de trabajo por enfermedades relacionadas con el agua (Arceivala 1989).

Las deficiencias de saneamiento y las epidemias resultantes tienen también un coste económico muy alto, como ha quedado patente en la reciente epidemia de cólera de América Latina. Se ha estimado que la epidemia tuvo en Perú un coste de 1.000 millones de dólares debido a la caída de las exportaciones agrícolas y del turismo. Esa cantidad es más del triple de lo que había invertido el país en servicios de abastecimiento de agua y saneamiento durante el decenio de 1980 (Banco Mundial 1992).

Los recursos hídricos afectados por la contaminación no resultan ya adecuados como fuentes de agua para el abastecimiento municipal. En consecuencia, es necesario instalar costosas depuradoras o traer el agua limpia desde muy lejos, lo que ocasiona unos costes mucho más elevados.

En los países en desarrollo de Asia y el Pacífico, la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESAP) estimó que

Figura 53.9 • Sistema energético de referencia, 1979.



el daño ambiental en 1985 tuvo un coste más o menos equivalente al 3 % del PNB, unos 250.000 millones de dólares, mientras que el coste de corregir esos daños sería de alrededor del 1 %.

● LA ENERGIA Y LA SALUD

L. D. Hamilton

El grupo de trabajo sobre energía de la Comisión de Salud y Medio Ambiente de la OMS (1992a) considera que, en materia de peligros para la salud de origen ambiental, hay cuatro problemas relacionados con la energía que merecen la mayor atención inmediata y/o futura:

1. la exposición a agentes nocivos durante la utilización doméstica de biomasa y carbón;
2. la exposición derivada de la contaminación del aire urbano en muchas grandes ciudades del mundo;
3. los posibles efectos del cambio climático sobre la salud,
4. los accidentes graves, cuyos daños ambientales afectan a la salud de la población general.

Para realizar una estimación cuantitativa de los riesgos para la salud derivados de los distintos sistemas energéticos es necesario evaluar en todo el sistema *todos* los pasos de un ciclo de combustible, desde la extracción de la materia prima hasta el consumo final de la energía. Para que se puedan efectuar comparaciones válidas entre unas tecnologías y otras, los métodos, los datos y las necesidades de uso final han de ser similares y estar especificados. Al cuantificar los efectos de las necesidades de uso final deben evaluarse las diferencias de eficiencia de los distintos

mecanismos de conversión en energía utilizable, mecanismos que son específicos para cada tipo de energía y cada combustible.

La evaluación comparativa se basa en la idea de un sistema de energía de referencia (SER), que describe los ciclos de cada combustible paso a paso, desde la extracción hasta la combustión y eliminación última de los residuos, pasando por la transformación. El SER es un marco habitual y sencillo para definir los flujos de energía y otros datos conexos que se emplean en la evaluación de los riesgos. Un SER (Figura 53.9) es una representación en red de los principales componentes de un sistema energético en un año determinado, y especifica el consumo de recursos, el transporte de combustible, los procesos de conversión y los usos finales. Se presentan así de un modo compacto las principales características del sistema energético y a la vez se obtiene un marco para evaluar los principales efectos sobre los recursos, el medio ambiente, la salud y la economía que pueden derivarse de nuevas tecnologías o políticas.

En función de los riesgos que presentan para la salud, las tecnologías de la energía pueden clasificarse en tres grupos:

1. El *grupo de combustibles* se caracteriza por el empleo de grandes cantidades de combustibles fósiles o biomasa, carbón, petróleo, gas natural, madera, etc. Su obtención,

Tabla 53.7 • Principales efectos de las tecnologías de generación de electricidad sobre la salud (grupo de combustibles).

Tecnología	Salud en el trabajo	Salud pública
Carbón	"Pulmón negro" Traumas por accidentes en minería Traumas por accidentes de transporte	Efectos de la contaminación del aire Traumas por accidentes de transporte
Petróleo	Traumas por accidentes en perforaciones Cáncer por exposición a sustancias orgánicas del refino	Efectos de la contaminación del aire Traumas por explosiones e incendios
Esquisto bituminoso	"Pulmón marrón" Cáncer por exposición a emisiones de la destilación Traumas por accidentes de minería	Cáncer por exposición a emisiones de la destilación Efectos de la contaminación del aire
Gas natural	Traumas por accidentes en perforaciones Cáncer por exposición a emisiones del refino	Efectos de la contaminación del aire Traumas por explosiones e incendios
Arenas alquitranadas	Traumas por accidentes de minería	Efectos de la contaminación del aire Traumas por explosiones e incendios
Biomasa*	Traumas por accidentes en la recogida y la transformación Exposición a agentes químicos y biológicos peligrosos de la transformación y conversión	Efectos de la contaminación del aire Enfermedades por exposición a patógenos Traumas por incendios domésticos

* Como fuente de energía, considerada generalmente como renovable.

Tabla 53.8 • Principales efectos de las tecnologías de generación de electricidad sobre la salud (grupo de energías renovables).

Tecnología	Salud en el trabajo	Salud pública
Geotérmica	Exposición a gases tóxicos: rutinaria y accidental Estrés por ruido Traumas por accidentes en perforaciones	Enfermedad por exposición a salmueras tóxicas y sulfuro de hidrógeno Cáncer por exposición a radón
Hidroeléctrica, convencional y de poca caída	Traumas por accidentes de construcción	Traumas por fallos en la presa Enfermedad por exposición a patógenos
Fotovoltaica	Exposición a materiales tóxicos durante la fabricación: rutinaria y accidental	Exposición a materiales tóxicos durante la fabricación y eliminación: rutinaria y accidental
Eólica	Traumas por accidentes durante la construcción y explotación	
Térmica solar	Traumas por accidentes durante la fabricación Exposición a sustancias químicas tóxicas durante la explotación	

transformación y transporte presentan altas tasas de accidentes, que constituyen los principales riesgos para la salud en el trabajo, y su combustión produce grandes cantidades de contaminantes del aire y residuos sólidos, que representan la principal amenaza para la salud pública.

2. El *grupo de recursos renovables* se caracteriza por la utilización de recursos renovables y difusos que poseen escasa densidad energética —el sol, el viento, el agua— y de los que se dispone en enormes cantidades sin coste alguno, pero cuya captación exige grandes superficies y la construcción de costosas instalaciones capaces de "concentrarlos" en formas utilizables. Los riesgos para la salud en el trabajo son elevados y se derivan sobre todo de la construcción de las instalaciones. Los riesgos para la salud pública son escasos y se limitan principalmente a accidentes de escasa probabilidad, como roturas de presas, fallos en equipos e incendios.
3. El *grupo nuclear* comprende las tecnologías de la fisión nuclear, que se caracterizan por una densidad de energía sumamente alta en el combustible transformado y, por tanto, por la necesidad de una cantidad pequeña de combustible y la generación de pocos residuos que transformar. Ahora bien, su concentración en la corteza terrestre es baja, por lo que su extracción y obtención requieren un considerable esfuerzo. Los riesgos para la salud en el trabajo son relativamente altos y consisten sobre todo en accidentes en la minería y en el proceso de transformación. Los riesgos para la salud pública son reducidos y radican sobre todo en las operaciones rutinarias de los reactores. Se ha de prestar especial atención a los temores de la población por los riesgos de exposición a la radiación —temores que son relativamente grandes por unidad de riesgo para la salud.

En las Tablas 53.7, 53.8 y 53.9 se indican los principales efectos sobre la salud de las tecnologías de generación de energía eléctrica.

Los estudios sobre las consecuencias para la salud de la combustión de leña en Estados Unidos, al igual que los análisis de otras fuentes de energía, se han basado en los efectos del suministro de una unidad de energía, a saber, la necesaria para

Tabla 53.9 • Principales efectos de las tecnologías de generación de electricidad sobre la salud (grupo nuclear).

Tecnología	Salud en el trabajo	Salud pública
Fisión	Cáncer por exposición a radiación durante la extracción del uranio, transformación de menas/combustible, funcionamiento de las plantas de energía y gestión de los desechos Traumas por accidentes durante la extracción, la transformación, la construcción y el funcionamiento de las plantas, y la gestión de los desechos	Cáncer por exposición a la radiación durante todas las fases del ciclo del combustible: rutinaria y accidental Traumas por accidentes de transporte industrial

calentar un millón de viviendas/año. Esa unidad era 6×10^7 GJ de calor u $8,8 \times 10^7$ GJ de insumo de madera con una eficiencia del 69 %. Los efectos sobre la salud se estimaron en las fases de obtención, transporte y combustión. Las alternativas del petróleo y el carbón se dedujeron de trabajos anteriores (véase la Figura 53.10). Las incertidumbres de la obtención son \pm un factor de -2 , las de los incendios domésticos \pm un factor de -3 , y las de la contaminación del aire \pm un factor superior a 10. Si los peligros de la energía eléctrica nuclear se calcularan a la misma

Figura 53.10 • Efectos sobre la salud por unidad de cantidad de energía.

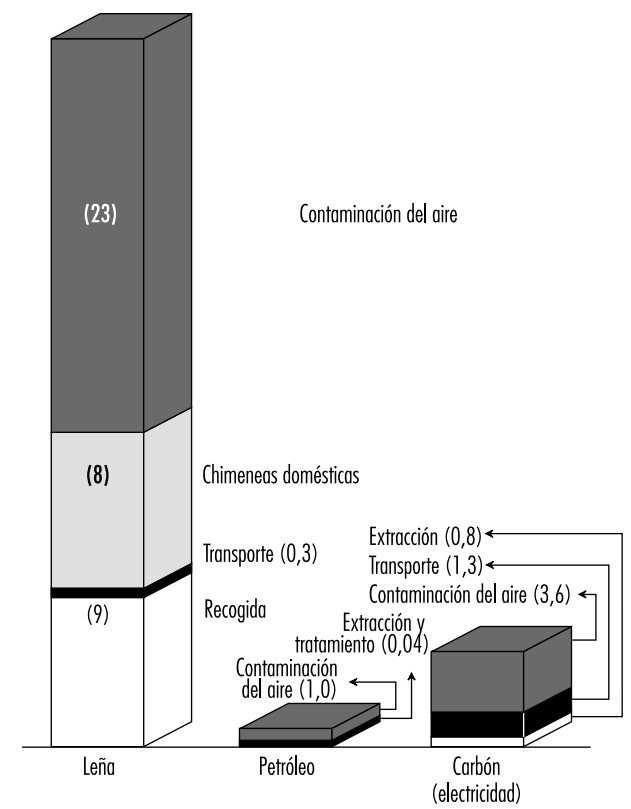
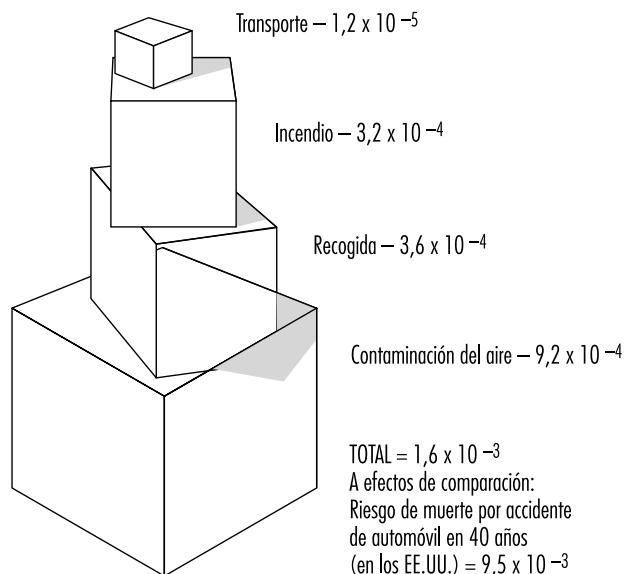


Figura 53.11 • Riesgo de muerte para una persona, debido a la utilización de leña como combustible doméstico durante 40 años.



escala, el riesgo total sería de aproximadamente la mitad que el de la minería del carbón.

Un método que ayuda a comprender el riesgo es referirlo a una única persona que durante más de 40 años utiliza la leña como combustible para su vivienda (Figura 53.11). De ello se deriva un riesgo total de muerte de $1,6 \times 10^{-3}$ (es decir, $-0,2 \%$). Esta cifra puede compararse con el riesgo de muerte por accidente de carretera en Estados Unidos durante ese mismo período de tiempo, que es $9,3 \times 10^{-3}$ (es decir, un -1%), cinco veces mayor. La combustión de leña presenta riesgos del mismo orden que otras tecnologías de calefacción más convencionales. En ambos casos estamos por debajo del riesgo total de otras actividades habituales, y muchos aspectos del riesgo se prestan claramente a la adopción de medidas preventivas.

Pueden establecerse las siguientes comparaciones con respecto a los riesgos para la salud:

- **Riesgo agudo para la salud en el trabajo.** En el ciclo del carbón, el riesgo para la salud en el trabajo es claramente superior al asociado al petróleo y al gas; equivale más o menos al imputable a los sistemas de energía renovables cuando se incluye la construcción en la evaluación, y es entre 8 y 10 veces mayor que los riesgos inherentes a la energía nuclear. Los futuros avances tecnológicos en las fuentes de energía renovables solar y eólica pueden traducirse en una reducción significativa del riesgo agudo asociado a esos sistemas. La generación de energía hidroeléctrica entraña un riesgo agudo más o menos equivalente para la salud en el trabajo.

Riesgo a largo plazo para la salud en el trabajo. El riesgo de muerte a largo plazo se registra principalmente en la minería del carbón y el uranio, con una magnitud similar en una y otra. Con todo, la minería subterránea del carbón parece más peligrosa que la minería subterránea del uranio (calculando el riesgo sobre la base de una unidad normalizada de electricidad generada). En la minería del carbón en superficie, en cambio, el número total de fallecimientos a largo plazo es inferior al correspondiente a la energía nuclear.

- **Riesgo agudo para la salud pública.** Estos riesgos, resultantes sobre todo de accidentes de transporte, dependen en gran medida de

la distancia recorrida y la modalidad de transporte. El riesgo de la energía nuclear es entre 10 y 100 veces inferior al de todas las demás opciones, debido principalmente a que la cantidad de materiales que se transportan es relativamente baja. El ciclo del carbón presenta el mayor riesgo agudo para la salud pública, pues, utilizando el mismo razonamiento, es necesario transportar gran cantidad de material.

- *Riesgo a largo plazo para la salud pública.* Hay grandes incertidumbres en lo que se refiere a los riesgos a largo plazo para la salud pública asociados a todas las fuentes de energía. Son más o menos iguales en el caso de la energía nuclear y el gas natural, y al menos 10 veces inferiores a los asociados al carbón y el petróleo. Se espera que futuras innovaciones consigan reducir de forma significativa los riesgos derivados de las energías renovables.

Está claro que los efectos sobre la salud de las distintas fuentes de energía dependen de la cantidad y el tipo de uso de la energía. Esos factores varían considerablemente según las zonas geográficas. La leña es el cuarto combustible en importancia en el suministro mundial de energía, después del petróleo, el carbón y el gas natural. Cerca de la mitad de la población mundial, especialmente la que vive en zonas rurales y urbanas de los países en desarrollo, depende de la leña para cocinar y calentarse (ya sea de la leña misma o de su derivado, el carbón de leña, o, cuando no hay ni una cosa ni otra, de los residuos agrícolas o el estiércol). La leña representa más de la mitad del consumo mundial de madera, porcentaje que se eleva al 86 % en los países en desarrollo y al 91 % en África.

Al considerar las formas de energía nuevas y renovables, como la energía solar, la energía eólica y los combustibles de alcohol, la idea de un "ciclo de combustible" debe abarcar sectores como el de la energía fotovoltaica solar, en que el

funcionamiento del mecanismo prácticamente no comporta riesgo alguno, si bien puede haber un riesgo considerable —muchas veces ignorado— en su fabricación.

Se ha intentado resolver esta dificultad ampliando el concepto de ciclo de combustible para incluir todas las fases de desarrollo de un sistema de energía —con inclusión por ejemplo, del hormigón que interviene en la planta que fabrica el vidrio para el colector solar. Con respecto a esta cuestión de la integridad, se ha señalado que el análisis "hacia atrás" de las etapas de fabricación equivale a una serie de ecuaciones simultáneas cuya solución —si es lineal— se puede expresar como una matriz de valores. Es un enfoque habitual entre los economistas, que lo formulan como análisis de insumo-producto, y ya se han obtenido las cifras correspondientes, que indican hasta qué punto cada actividad económica depende de las demás —aunque con respecto a categorías agregadas que posiblemente no se corresponden de manera exacta con las etapas de fabricación que sería deseable examinar para medir el daño a la salud.

No hay ningún método de análisis comparado del riesgo en la industria de la energía que sea plenamente satisfactorio por sí solo. Cada uno tiene sus ventajas y sus inconvenientes, y ofrece un tipo de información diferente. Dado el nivel de incertidumbre existente en los análisis del riesgo para la salud, es necesario examinar los resultados obtenidos por todos los métodos para trazar un panorama lo más detallado posible y comprender mejor la magnitud de las incertidumbres conexas.

LA URBANIZACION

Edmundo Werna

La urbanización es una de las principales características del mundo contemporáneo. A comienzos del siglo XIX, alrededor de 50 millones de personas vivían en zonas urbanas. En 1975 eran 1.600 millones y en el año 2000 serán 3.100 millones (Harpham, Lusty y Vaughan 1988). Estas cifras superan en mucho el crecimiento de la población rural.

Ahora bien, el proceso de urbanización tiene en muchas ocasiones repercusiones peligrosas para la salud de quienes trabajan y viven en ciudades y pueblos. En mayor o menor medida, la construcción de viviendas suficientes, la dotación en infraestructuras urbanas y el control del tráfico no han avanzado al mismo ritmo que el crecimiento de la población. Y ello ha generado una enorme cantidad de problemas para la salud.

Vivienda

A escala mundial, las condiciones de vivienda distan mucho de ser suficientes. Por ejemplo, a mediados del decenio de 1980, del 40 % al 50 % de la población de muchas ciudades de los países en desarrollo vivía en alojamientos por debajo del mínimo exigible (OMS, Comisión de Salud y Medio Ambiente 1992b). Desde entonces, esas cifras se han incrementado. Aunque en los países industrializados la situación es menos crítica, son frecuentes problemas como el deterioro de las viviendas, el hacinamiento e incluso la falta de vivienda.

En la Tabla 53.10 se presentan los principales aspectos del entorno de la vivienda que influyen en la salud, y los peligros a ellos asociados. Es probable que la salud de un trabajador se vea afectada si su lugar de residencia es deficiente en uno o varios de esos aspectos. En los países en desarrollo, por ejemplo, alrededor de 600 millones de habitantes viven en casas y barrios que comportan amenazas para su salud y su vida (Hardoy, Cairncross y Satterthwaite 1990; OMS 1992b).

Tabla 53.10 • Vivienda y salud.

Problemas de vivienda	Peligros para la salud
Escaso control de la temperatura	Estrés por calor, hipotermia
Escaso control de la ventilación (cuando hay humo por fuego en el interior)	Enfermedades respiratorias agudas y crónicas
Escaso control del polvo	Asma
Hacinamiento	Accidentes domésticos, más facilidad de contagio de enfermedades (p. ej., tuberculosis, gripe, meningitis)
Escaso control de fuegos abiertos, escasa protección contra el queroseno o gas envasado	Quemaduras
Deficiente acabado de paredes, suelos o techos (que permite la entrada de vectores)	Enfermedad de Chagas, peste, tífus, shigelosis, hepatitis, poliomiéltis, enfermedad del legionario, fiebre recurrente, alergia al polvo doméstico
Ubicación de la casa (cerca de zonas de cría de vectores)	Malaria, esquistosomiasis, filariasis, tripanosomiasis
Ubicación de la casa (en zonas proclives a desastres como corrimientos de tierras o inundaciones)	Accidentes
Defectos de construcción	Accidentes

Fuente: Hardoy y cols. 1990; Harpham y cols. 1988; OMS, Comisión de Salud y Medio Ambiente 1992b.

Los problemas de vivienda pueden tener también un efecto directo sobre la salud en el trabajo de quienes trabajan en entornos residenciales. Entre esas personas cabe citar las que se dedican al servicio doméstico y un número cada vez mayor de pequeños productores de diversos tipos de industrias rurales. Dichos productores pueden verse afectados también por procesos de producción contaminantes. En algunos estudios sobre este tipo de industrias se han detectado residuos peligrosos, con consecuencias como enfermedades cardiovasculares, cáncer de piel, trastornos neurológicos, cáncer de bronquios, ftofobia y metahemoglobinemia infantil (Hamza 1991).

Para prevenir los problemas relacionados con la vivienda pueden adoptarse medidas en distintas fases del proceso:

1. ubicación (por ejemplo, lugares seguros y libres de vectores);
2. diseño de la casa (por ejemplo, espacios suficientemente amplios y protección climática, utilización de materiales de construcción no perecederos, protección suficiente para el equipamiento);
3. construcción (prevención de los defectos constructivos),
4. mantenimiento (por ejemplo, control adecuado del equipamiento y detección adecuada).

La inserción de actividades industriales en el entorno residencial puede exigir medidas especiales de protección, dependiendo del proceso productivo de que se trate.

Las soluciones concretas pueden variar mucho de un lugar a otro, en función de las circunstancias sociales, económicas, técnicas y culturales. Son muchas las ciudades y los pueblos que cuentan con una legislación local en materia de urbanismo y construcción que incluye medidas para prevenir los peligros para la salud. Sin embargo, la legislación no suele aplicarse por ignorancia, falta de control legal o, en la mayoría de los casos, por falta de recursos financieros para construir viviendas adecuadas. Por consiguiente, es importante no sólo elaborar códigos adecuados (y actualizarlos), sino también crear las condiciones necesarias para su aplicación.

Infraestructuras urbanas: prestación de servicios de salud ambiental

Otros problemas de salud pueden deberse a la falta de una atención adecuada a la vivienda, con servicios de salud ambiental como recogida de basuras, abastecimiento de agua, saneamiento y desagüe. Ahora bien, una prestación insuficiente de estos servicios tiene repercusiones más allá del ámbito de la vivienda y puede provocar peligros para la ciudad o el pueblo en su conjunto. Los niveles de prestación de esos servicios siguen siendo críticos en muchos lugares. Por ejemplo, del 30 % al 50 % de los residuos sólidos generados en los centros urbanos quedan sin recoger. En 1985 había 100 millones de personas más sin suministro de agua que en 1975. Todavía más de 2.000 millones de personas carecen de sistemas de saneamiento para eliminar los residuos humanos (Hardoy, Cairncross y Sattewrthwaite 1990; OMS, Comisión de Salud y Medio Ambiente 1992b). Y en los medios de comunicación suelen aparecer casos de inundaciones y otros accidentes que están relacionados con la insuficiencia de los desagües urbanos.

En la Tabla 53.11 figuran los peligros derivados de una prestación deficiente de servicios de salud ambiental. También son habituales los peligros que afectan a determinados tipos de servicios, por ejemplo, contaminación del abastecimiento de agua por la falta de saneamiento o la diseminación de los residuos a través del agua no desaguada. Para dar un sólo ejemplo entre muchos de la gravedad de estos problemas de infraestructura podemos decir que cada 20 segundos muere en el mundo un niño de diarrea, que es una de las principales consecuencias de la deficiencia de servicios de salud ambiental.

Tabla 53.11 • Infraestructuras urbanas y salud.

Problemas en la prestación de servicios de higiene ambiental	Peligros para la salud
Basura sin recoger	Patógenos en los residuos, vectores de enfermedades (sobre todo moscas y ratas) que se alimentan o crían en los residuos, riesgo de incendios, contaminación de los cursos de agua
Deficiencias en la cantidad y/o calidad del agua	Diarrea, tracoma, infecciones cutáneas, infecciones por piojos, otras enfermedades por consumo de alimentos sin lavar
Falta de saneamiento	Infecciones feco-orales (p. ej., diarrea, cólera, fiebres tifoideas), parásitos intestinales, filariasis
Falta de desagüe	Accidentes (por inundaciones, corrimientos de tierras, hundimientos de casas), infecciones feco-orales, esquistosomiasis, enfermedades transmitidas por mosquitos (p. ej., malaria, dengue, fiebre amarilla), Filariasis de Bancroft

Fuente: Hardoy y cols. 1990; OMS, Comisión de Salud y Medio Ambiente 1992b.

Los trabajadores en cuyo entorno de trabajo inmediato o general no existen suficientes servicios de este tipo están expuestos a muchos riesgos para su salud. Aún más expuestos se encuentran quienes trabajan en la prestación o mantenimiento de esos servicios, como basureros, barrenderos y traperos.

Hay sin duda soluciones técnicas que pueden mejorar la prestación de los servicios de salud ambiental, entre las que se incluyen los métodos de reciclado de basuras (incluido el apoyo a los traperos), el empleo de diferentes tipos de vehículos de recogida de basuras para acceder a los distintos tipos de vías urbanas (incluidos los asentamientos no estructurados), mecanismos para ahorrar agua, un mayor control de las pérdidas de agua y métodos de saneamiento de bajo coste como las letrinas de pozo ventilado, las fosas sépticas o las alcantarillas de escasa perforación.

No obstante, el éxito de cada solución dependerá de su adecuación a las circunstancias locales y de los recursos y capacidades locales para aplicarla. La voluntad política es fundamental, pero no suficiente. En muchas ocasiones, los gobiernos han tenido dificultades para prestar servicios urbanos exclusivamente por sí mismos. En las experiencias satisfactorias suele producirse una cooperación entre el sector público, el sector privado y/o el sector voluntario. Es importante la plena intervención y apoyo de las comunidades locales. Ello suele obligar al reconocimiento oficial de gran número de asentamientos ilegales y semilegales (especialmente en los países en desarrollo, pero no sólo en ellos), que soportan una parte importante de los problemas de salud ambiental. Los trabajadores que intervienen directamente en servicios como la recogida o reciclado de basuras y el mantenimiento de la red de alcantarillado necesitan un equipo de protección especial, como guantes, monos y máscaras.

Tráfico

Las ciudades y los pueblos dependen en gran medida del transporte de superficie para el traslado de personas y mercancías. Así, el incremento de la urbanización en todo el mundo se ha visto acompañado de un enorme crecimiento del tráfico urbano. Y esta situación ha generado gran número de accidentes. Alrededor

de 500.000 personas mueren en accidentes de tráfico cada año, y dos tercios de esa cifra se producen en zonas urbanas o periurbanas. Además, según numerosos estudios realizados en diferentes países, por cada persona fallecida se producen de 10 a 20 heridos. En muchos casos las víctimas padecen una pérdida permanente o prolongada de productividad (Urban Edge 1990a; OMS, Comisión de Salud y Medio Ambiente 1992a). Gran parte de esos datos se refiere a personas que iban o venían del trabajo —y ese tipo de accidentes de tráfico se consideran desde hace poco un riesgo profesional.

Según estudios del Banco Mundial, las principales causas de los accidentes de tráfico urbano son el mal estado de los vehículos, el mal estado de las vías, la confluencia de distintos tipos de tráfico —desde peatones y animales a camiones— en las mismas calles o vías, la inexistencia de aceras y el nerviosismo en el comportamiento viario (tanto entre conductores como entre peatones) (Urban Edge 1990a, 1990b).

Otro peligro derivado de la expansión del tráfico urbano es la contaminación del aire y la contaminación por ruido. Entre los problemas para la salud figuran las enfermedades respiratorias agudas y crónicas, los tumores malignos y las deficiencias de audición (la contaminación se aborda también en otros artículos de la presente *Enciclopedia*).

Existen muchas soluciones técnicas para mejorar la seguridad viaria y de los vehículos (así como la contaminación). Pero, al parecer, el reto más importante es modificar las actitudes de conductores, peatones y funcionarios públicos. Se ha recomendado muchas veces la educación vial —desde la escuela elemental hasta campañas en los medios de comunicación— como política dirigida a los conductores y/o peatones (y esos programas, cuando se han aplicado, han alcanzado por lo general cierto grado de éxito). Los funcionarios públicos son responsables de elaborar la legislación de tráfico y obligar a su cumplimiento, inspeccionar los vehículos y concebir y aplicar medidas técnicas de seguridad. Sin embargo, según los estudios antes mencionados, los funcionarios rara vez consideran los accidentes de tráfico (o la contaminación) un problema de la máxima prioridad, o rara vez cuentan con los medios necesarios para actuar en consecuencia (Urban Edge 1990a, 1990b). Por consiguiente, han de ser objeto de campañas educativas y se les ha de apoyar en su labor.

El tejido urbano

Además de las cuestiones concretas ya señaladas (vivienda, servicios, tráfico), también el crecimiento global del tejido urbano tiene repercusiones sobre la salud. En primer lugar, las zonas urbanas suelen registrar una gran densidad de población, lo que facilita la difusión de enfermedades transmisibles. En segundo lugar, en esas zonas se concentran gran número de industrias, y la contaminación consiguiente. En tercer lugar, a través del proceso de crecimiento urbano, focos naturales de vectores de enfermedades pueden quedar atrapados en las nuevas áreas urbanas, y pueden crearse nuevos nichos para vectores de enfermedades. Los vectores pueden adaptarse a los nuevos hábitats (urbanos), por ejemplo, los responsables de la malaria urbana, el dengue y la fiebre amarilla. En cuarto lugar, la urbanización ha tenido muchas veces consecuencias psicosociales como el estrés, la alienación, la inestabilidad y la inseguridad, que a su vez han provocado problemas como la depresión y el uso indebido del alcohol y las drogas (Harpham, Lusty y Vaughn 1988; OMS, Comisión de Salud y Medio Ambiente 1992a).

Las experiencias del pasado han demostrado la posibilidad (y la necesidad) de abordar los problemas de salud con mejoras en la urbanización. Por ejemplo, “el notable descenso de las tasas de mortalidad y las mejoras en materia de salud que se consiguieron en Europa y Norteamérica a comienzos del presente

siglo no debieron tanto a los establecimientos médicos como a la mejora de la nutrición y del abastecimiento de agua, del saneamiento y de otros aspectos de las condiciones de vivienda y de vida” (Hardoy, Cairncross y Satterthwaite 1990).

La solución a los crecientes problemas planteados por la urbanización pasa por una sólida integración entre urbanismo y gestión de las ciudades (aspectos que suelen estar separados), así como por la participación de los distintos agentes públicos, privados y voluntarios que operan en el escenario urbano. La urbanización afecta a una gran variedad de trabajadores. A diferencia de otras fuentes o tipos de problemas de salud (que podrían afectar a categorías específicas de trabajadores), los riesgos profesionales derivados de la urbanización no pueden abordarse únicamente mediante la acción o presión sindical. Exigen una acción interprofesional o, de un modo aún más amplio, una acción de la comunidad urbana en general.

EL CAMBIO CLIMÁTICO MUNDIAL Y EL AGOTAMIENTO DEL OZONO

Jonathan A. Patz

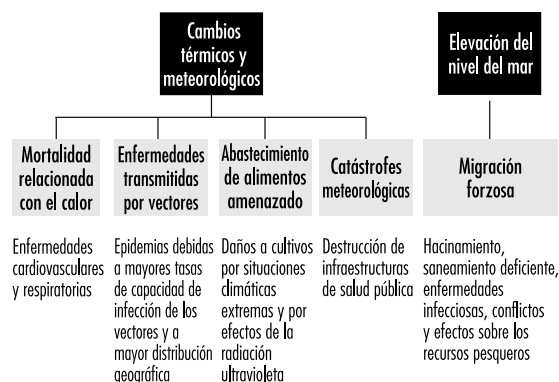
Cambio climático

Los principales gases de efecto invernadero son el dióxido de carbono, el metano, el óxido nítrico, el vapor de agua y los cloro-fluorocarbonos (CFC). Estos gases dejan que la luz solar penetre hasta la superficie de la tierra, pero impiden que escape el calor radiante infrarrojo. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC) de las Naciones Unidas ha llegado a la conclusión de que las emisiones, básicamente procedentes de la industria, y la destrucción de “sumideros” de gases de efecto invernadero por una deficiente ordenación del uso de la tierra, especialmente por la despoblación forestal, han incrementado la concentración de gases muy por encima de los procesos naturales. De no producirse importantes cambios de política, se espera que los niveles de dióxido de carbono preindustrial aumenten hasta generar un incremento de 1,0-3,5 °C de la temperatura media mundial en el año 2100 (IPCC en prensa).

Los dos componentes básicos del cambio climático son: *a)* la elevación de la temperatura, con la inestabilidad y los extremos climáticos de ella derivados, y *b)* la elevación del nivel del mar por termoexpansión. Estos cambios pueden incrementar la frecuencia de las olas de calor y los episodios peligrosos de contaminación del aire, reducción de la humedad del suelo, mayor incidencia de fenómenos climáticos perturbadores e inundación de las costas (IPCC 1992). Entre los efectos para la salud pueden citarse un incremento de: *a)* la mortalidad y morbilidad relacionadas con el calor; *b)* las enfermedades infecciosas, en particular las transmitidas por insectos; *c)* la malnutrición por escasez de alimentos, y *d)* las crisis de las infraestructuras de salud pública a causa de los desastres climáticos y la elevación del nivel del mar, junto con las migraciones humanas relacionadas con el clima (véase la Figura 53.12).

Los humanos tienen una enorme capacidad para adaptarse a las condiciones climáticas y ambientales. No obstante, la tasa de cambio climático y potencialmente ecológico que se predice es motivo de gran preocupación tanto para los expertos en medicina como en ciencias de la Tierra. Muchos de los efectos sobre la salud se derivarán de las respuestas ecológicas a unas condiciones climáticas alteradas. Por ejemplo, la extensión de las enfermedades transmitidas por vectores dependerá de cambios en la vegetación y de la disponibilidad de reservorios o huéspedes intermedios, junto con los efectos directos de la temperatura y la humedad sobre los parásitos y sus vectores (Patz y

Figura 53.12 • Efectos sobre la salud pública de los principales componentes del cambio climático mundial.



cols. 1996). Por consiguiente, para entender los peligros del cambio climático es necesario evaluar de un modo integrado el riesgo ecológico, para lo que se necesitan nuevos enfoques, más complejos que los análisis tradicionales del riesgo, basados en datos empíricos y en la relación causal entre un agente único y un efecto (McMichael 1993).

Agotamiento del ozono estratosférico

El ozono estratosférico se está agotando debido básicamente a las reacciones con radicales libres de halógenos procedentes de clorofluorocarbonos (CFC), junto con otros halocarbonos y bromuro de metilo (Molina y Rowland 1974). El ozono bloquea la penetración de la radiación ultravioleta B (UVB), que contiene las longitudes de onda biológicamente más destructivas (290-320 nanómetros). Se prevé que los niveles de UVB se eleven de forma desproporcionada en las zonas templadas y árticas, pues se ha establecido una clara relación entre las latitudes más altas y el grado de adelgazamiento de la capa de ozono (Stolarski y cols. 1992).

Se estima que durante el período de 1979 a 1991 la pérdida media de ozono, ajustada por el ciclo solar y otros factores, fue de un 2,7 % por decenio (Gleason y cols. 1993). En 1993, investigadores que utilizaban un nuevo y sensible espectrorradiómetro en Toronto, Canadá, descubrieron que el agotamiento del ozono ha provocado hasta ahora incrementos locales de la radiación UVB ambiental de un 35 % en el invierno y un 7 % en el verano en relación con los niveles de 1989 (Kerr y McElroy 1993). En estimaciones anteriores del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se predijo un incremento del 1,4 % de la UVB por cada 1 % de reducción del ozono estratosférico (PNUMA 1991a).

Entre las repercusiones directas sobre la salud del agotamiento del ozono estratosférico, que produce un incremento de la radiación UVB ambiental, figuran: *a*) cáncer de piel, *b*) enfermedades oculares, y *c*) inmunosupresión. La radiación ultravioleta puede producir también efectos indirectos sobre la salud al ocasionar daños a los cultivos.

Efectos del cambio en la temperatura y las precipitaciones sobre la salud

Morbilidad y mortalidad relacionadas con el calor

Fisiológicamente, los humanos poseen una gran capacidad de termorregulación hasta determinado umbral de temperatura.

Unas condiciones climáticas que comprendan temperaturas superiores a dicho umbral mantenidas durante varios días consecutivos incrementan la mortalidad en la población. En las grandes ciudades, las deficiencias en la vivienda combinadas con el efecto urbano denominado "islot de calor" agravan aún más esas condiciones. En Shanghai, por ejemplo, ese efecto puede llegar a ser de hasta 6,5 °C en una tarde de invierno sin viento (IPCC 1990). Los fallecimientos relacionados con el calor se producen sobre todo en la población de edad avanzada y se atribuyen a trastornos cardiovasculares y respiratorios (Kilbourne 1989). Algunas variables meteorológicas clave contribuyen a la mortalidad relacionada con el calor, y la más importante de ellas es una elevada temperatura durante la noche; se prevé que el efecto invernadero eleve especialmente estas temperaturas mínimas (Kalkstein y Smoyer 1993).

Se espera que las regiones templadas y polares se calienten de un modo desproporcionadamente mayor que las zonas tropicales y subtropicales (IPCC 1990). Sobre la base de las predicciones de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de Estados Unidos (NASA), las temperaturas estivales medias en Nueva York y San Luis, por ejemplo, ascenderían en 3,1 y 3,9 °C respectivamente si se duplicara el CO₂ ambiental. Aun ajustando esas cifras para tener en cuenta la aclimatación fisiológica, la mortalidad estival anual en ciudades templadas como las citadas podría multiplicarse por más de cuatro (Kalkstein y Smoyer 1993).

La química atmosférica es un factor importante de la formación de la bruma fotoquímica urbana, en virtud de la cual la fotodescomposición del NO₂ en presencia de compuestos orgánicos volátiles tiene como consecuencia la producción de ozono troposférico (a nivel del suelo). Tanto la mayor radiación UV ambiental como unas temperaturas más altas propiciarían aún más esas reacciones. Son bien conocidas las perjudiciales consecuencias para la salud de la contaminación del aire y, si se siguen utilizando combustibles fósiles, aumentarán los efectos agudos y crónicos sobre la salud (véase en este capítulo "La contaminación del aire").

Enfermedades infecciosas y cambio del clima/ecosistema

Los modelos de circulación general que combinan la atmósfera y los océanos predicen que las latitudes altas del hemisferio norte experimentarán una mayor elevación de la temperatura superficial según las actuales hipótesis del IPCC (IPCC 1992). Se espera que las temperaturas invernales mínimas resulten más afectadas, lo que permitirá que determinados virus y parásitos se extiendan a regiones en las que antes no podían vivir. Además de los efectos del clima sobre los vectores, la transformación de los ecosistemas podría tener importantes repercusiones para enfermedades en que la zona de distribución de los vectores y/o huéspedes de reservorio está determinada por dichos ecosistemas.

Es posible que enfermedades transmitidas por vectores se extiendan a regiones templadas de ambos hemisferios y se intensifiquen en las zonas endémicas. La temperatura determina la capacidad de infección del vector pues afecta a la replicación de los patógenos, a su maduración y al período en que posee capacidad de infectar (Longstreth y Wiseman 1989). El alto nivel de la temperatura y la humedad intensifican también el hábito de picar de varias especies de mosquito. El calor extremo, en cambio, puede abreviar el tiempo de supervivencia del insecto.

Las enfermedades infecciosas sobre las que es más probable que repercutan sutiles variaciones climáticas son aquellas en cuyo ciclo vital interviene una especie de sangre fría (invertebrado) (Sharp 1994). Entre las enfermedades cuyos agentes infecciosos, vectores o huéspedes se ven afectados por el cambio climático figuran la malaria, la esquistosomiasis, la filariasis, la

Tabla 53.12 • Situación mundial de las principales enfermedades transmitidas por vectores.

Nº ^a	Enfermedad	Población en riesgo (millones) ^b	Infección (millones)	Distribución actual	Posible cambio de distribución como resultado del cambio climático
1.	Malaria	2.100	270	Trópicos/subtrópicos	++
2.	Filariasis linfáticas	900	90,2	Trópicos/subtrópicos	+
3.	Oncocercosis	90	17,8	África/América Latina	+
4.	Esquistosomiasis	600	200	Trópicos/subtrópicos	++
5.	Tripanosomiasis africana	50	(25.000 casos nuevos/año)	África tropical	+
6.	Leishmaniasis	350	12 millones de infectados+ 400.000 casos nuevos/año	Asia/Europa meridional/ África/Sudamérica	?
7.	Dracunculosis	63	1	Trópicos (África/Asia)	0
<i>Enfermedades arbovirales</i>					
8.	Dengue	1.500		Trópicos/subtrópicos	++
9.	Fiebre amarilla	+++		África/América Latina	+
10.	Encefalitis japonesa	+++		Asia oriental y sudoriental	+
11.	Otras enfermedades arbovirales	+++			+

^a Los números remiten a explicaciones en el texto. ^b Basado en una población mundial estimada en 4.800 millones de personas (1989). 0 = poco probable; + = probable; ++ = muy probable; +++ = no se dispone de estimación; ? = se desconoce.

leishmaniasis, la oncocercosis (ceguera del río), la tripanosomiasis (enfermedad de Chagas y enfermedad del sueño africana), el dengue, la fiebre amarilla y la encefalitis arboviral. En la Tabla 53.12 figuran las cifras actuales del número de personas con riesgo de contraer esas enfermedades (OMS 1990d).

A escala mundial, la malaria es la más extendida de las enfermedades transmitidas por vectores y causa de uno a dos millones de muertos cada año. Según Martens y cols. (1995), a mediados del siglo próximo esa cifra puede incrementarse con otro millón más de muertes anuales debido al cambio climático. El mosquito anófeles, que es el portador de la malaria, puede extenderse a la isoterma de invierno de 16 °C, pues el parásito no se desarrolla por debajo de esa temperatura (Gilles y Warrell 1993). Las epidemias que se producen a altitudes superiores suelen coincidir con temperaturas por encima de la media (Loevinsohn 1994). También afecta a la malaria la despoblación forestal, pues en las zonas taladas se crean abundantes charcas de agua dulce en las que pueden desarrollarse las larvas del anófeles (véase en este capítulo "La extinción de especies, la pérdida de diversidad biológica y la salud humana").

En los dos últimos decenios los intentos por controlar la malaria han dado escaso fruto. El tratamiento no ha mejorado, pues la resistencia a los medicamentos se ha convertido en un problema importante en el caso de la cepa más virulenta, *Plasmodium falciparum*, y las vacunas antimalaria tienen una eficacia limitada (Institute of Medicine 1991). Hasta ahora la gran capacidad de variación antigénica de los protozoos ha impedido la obtención de vacunas eficaces para la malaria y la enfermedad del sueño, lo que no nos permite albergar muchas esperanzas de encontrar nuevos agentes farmacéuticos de fácil obtención contra esas enfermedades. Las enfermedades en que intervienen huéspedes de reservorio intermedios (por ejemplo, ciervos y roedores en la enfermedad de Lyme) hacen básicamente inalcanzable la inmunidad humana con programas de vacunación, lo que representa otro obstáculo para la intervención médica preventiva.

A medida que el cambio climático vaya modificando el hábitat, con una reducción potencial de la diversidad biológica, los insectos vectores se verán obligados a buscar nuevos huéspedes (véase "La extinción de especies, la pérdida de diversidad biológica y la salud humana"). En Honduras, por ejemplo, insectos que buscan sangre, como el escarabajo asesino, que transmite la incurable enfermedad de Chagas (o tripanosomiasis americana), se han visto obligados a buscar huéspedes humanos al ver reducida la diversidad biológica por causa de la despoblación forestal. De 10.601 hondureños estudiados en regiones endémicas, el 23,5 % son hoy seropositivos a esa enfermedad (Sharp 1994). Las enfermedades zoonóticas son con frecuencia fuente de infecciones humanas y generalmente afectan al hombre tras un cambio ambiental o una alteración en la actividad humana (Institute of Medicine 1992). Muchas enfermedades "incipientes" de los humanos son en realidad antiguas zoonosis de especies huéspedes animales. Por ejemplo, el *Hantavirus*, que se ha demostrado recientemente que causa la muerte de seres humanos en el suroeste de Estados Unidos, está establecido desde hace mucho tiempo en los roedores y se considera que el reciente brote está relacionado con las condiciones climáticas/ecológicas (Wenzel 1994).

Efectos marinos

El cambio climático puede afectar también a la salud pública a través de sus efectos sobre las floraciones nocivas de fitoplancton marino (o algas). El aumento de fitoplancton a escala mundial ha sido consecuencia del escaso control de la erosión, de la generosa aplicación de fertilizantes en la agricultura y de la liberación de aguas residuales en las costas, factores todos ellos que tienen como resultado unos efluentes ricos en nutrientes que fomentan el crecimiento de las algas. Las condiciones que favorecen este crecimiento podrían verse incrementadas con la prevista elevación de las temperaturas de la superficie del mar por el calentamiento de la Tierra. La sobreexplotación de peces y mariscos (consumidores de algas) y el extendido uso de plaguicidas tóxicos

para esas especies contribuyen también al crecimiento excesivo del plancton (Epstein 1995).

Los principales ejemplos de enfermedades derivadas de un crecimiento excesivo de las algas son las mareas rojas, que provocan enfermedades diarreicas y de parálisis e intoxicaciones amnésicas por marisco. Se ha comprobado que el *Vibrio cholerae* se aloja en el fitoplancton marino; así pues, esas floraciones podrían constituir un reservorio ampliado que dé origen a epidemias de cólera (Huq y cols. 1990).

Abastecimiento de alimentos y nutrición humana

La malnutrición es una importante causa de mortalidad en la primera infancia y de morbilidad infantil debido a la inmunosupresión (véase "La alimentación y la agricultura"). El cambio climático podría afectar negativamente a la agricultura introduciendo cambios de largo plazo, como la reducción de la humedad del suelo por evapotranspiración y, de manera más inmediata, con fenómenos climáticos extremos como las sequías, las inundaciones (y erosión) y las tormentas tropicales. Las plantas pueden beneficiarse inicialmente de la "fertilización con CO₂", que puede incrementar la fotosíntesis (IPCC 1990). Pero aun teniendo en cuenta ese fenómeno, la agricultura de los países en desarrollo se verá muy afectada: se estima que en esos países se encontrarán en una situación de riesgo de hambre de 40 a 300 millones de personas más debido al cambio climático (Sharp 1994).

Hay que tener en cuenta también los cambios ecológicos indirectos que afectan a los cultivos, pues puede modificarse la distribución de las plagas agrícolas (IPCC 1992) (véase "La alimentación y la agricultura"). Teniendo en cuenta la compleja dinámica de los ecosistemas, habrá que efectuar una evaluación completa, que vaya más allá de los efectos directos del cambio en las condiciones atmosféricas y/o en los suelos.

Efectos de los desastres climáticos y de la elevación del nivel del mar sobre la salud

La expansión térmica de los océanos puede provocar una elevación del nivel del mar a un ritmo relativamente rápido, de dos a cuatro centímetros por decenio, y se espera que los extremos previstos del ciclo hidrológico ocasionen pautas climatológicas más duras y tormentas. Estos fenómenos afectarían directamente a las viviendas y a las infraestructuras de salud pública, como los sistemas de saneamiento y desagüe del agua de tormentas (IPCC 1992). Poblaciones vulnerables que viven en zonas costeras de baja altura y en pequeñas islas se verían obligadas a migrar a lugares más seguros. El hacinamiento y las deficientes condiciones de saneamiento de los refugiados ambientales podrían incrementar la difusión de enfermedades infecciosas como el cólera, y las tasas de transmisión de enfermedades transmitidas por vectores se elevarían considerablemente debido al hacinamiento y a la influencia potencial de los individuos infectados (OMS 1990d). La inundación de los sistemas de desagüe podría agravar aún más la situación, y también hay que tener en cuenta las repercusiones psicológicas derivadas del síndrome de estrés posttraumático que sigue a las grandes tormentas.

El abastecimiento de agua dulce se reduciría debido a la intrusión salina en los acuíferos costeros y se perdería tierra agrícola costera debido a la salinización o directamente a la inundación. Por ejemplo, una elevación del nivel del mar de un metro destruiría el 15 % y el 20 % de la agricultura en Egipto y Bangladesh respectivamente (IPCC 1990). En cuanto a las sequías, la adaptación de los métodos de riego podría repercutir en los lugares de cría de artrópodos e invertebrados que son vectores (algo similar por ejemplo, a la esquistosomiasis en Egipto), pero no será fácil efectuar una evaluación costes/beneficios de esas repercusiones.

Efectos del agotamiento del ozono estratosférico sobre la salud

Efectos directos de la radiación ultravioleta B sobre la salud

El ozono bloquea la penetración de la radiación ultravioleta B, que tiene longitudes de onda de 290-320 nanómetros, las más destructivas desde el punto de vista biológico. La UVB induce la formación de dímeros de pirimidina en las moléculas de ADN, lesión que, si no se repara, puede degenerar en cáncer (OIIIC 1992). El cáncer de piel no melanoma (carcinoma escamoso y de células basales) y el melanoma de extensión superficial están relacionados con la exposición a la luz solar. En las poblaciones occidentales, la incidencia del melanoma se ha incrementado entre un 20 % y un 50 % cada cinco años en los dos últimos decenios (Coleman y cols. 1993). Cuando no existe una relación directa entre la exposición acumulada a la radiación ultravioleta y el melanoma, se asocia a una exposición excesiva a la radiación ultravioleta durante la infancia. Con una reducción sostenida del 10 % de la capa de ozono estratosférica, los casos de cáncer de piel no melanoma podrían incrementarse en un 26 %, lo que equivale a 300.000 casos más al año a escala mundial; el melanoma podría incrementarse en un 20 %, lo que equivale a 4.500 casos más al año (PNUMA 1991a).

La formación de cataratas es la causa de la mitad de los casos de ceguera en el mundo (17 millones cada año) y va asociada a la radiación UVB en una relación dosis-respuesta (Taylor 1990). Los aminoácidos y los sistemas de transporte de membrana en el cristalino del ojo son especialmente proclives a la fotooxidación por los radicales de oxígeno que genera la irradiación UVB (OIIIC 1992). Una duplicación de la exposición a la radiación UVB podría provocar un incremento del 60 % con respecto a los niveles actuales de cataratas corticales (Taylor y cols. 1988). El PNUMA estima que una pérdida sostenida de ozono estratosférico del 10 % tendría como resultado cerca de 1,75 millones de casos más de cataratas cada año (PNUMA 1991a). Entre otros efectos oculares de la exposición a la radiación UVB figuran la fotoqueratitis, la fotoquerato-conjuntivitis, la pingücula y el pterigión (o crecimiento excesivo del epitelio conjuntivo) y la queratopatía climática de gotitas (OIIIC 1992).

La capacidad del sistema inmune para funcionar eficazmente depende del procesamiento "local" de antígenos y su presentación a las células T, así como de un incremento de la respuesta "sistémica" a través de la producción de linfocinas (mensajeros bioquímicos) y de los coeficientes resultantes entre las células T colaboradoras y las células T supresoras. La UVB produce inmunosupresión a ambos niveles. En estudios con animales se ha demostrado que la UVB puede afectar al curso de enfermedades cutáneas infecciosas, como la oncocercosis, la leishmaniasis y la dermatofitosis, y deteriorar la inmunovigilancia de las células transformadas precancerosas de la epidermis. Estudios preliminares indican además una influencia sobre la eficacia de las vacunas (Kripke y Morison 1986; OIIIC 1992).

Efectos indirectos de la UVB sobre la salud pública

Históricamente, las plantas terrestres no pudieron establecerse hasta que se formó la capa protectora de ozono, pues la UVB inhibe la fotosíntesis (PNUMA 1991a). El debilitamiento de los cultivos alimentarios que pueden resultar dañados por la UVB podría incrementar aún más las repercusiones sobre la agricultura debidas al cambio climático y la elevación del nivel del mar.

El fitoplancton está en la base de la cadena alimentaria marina y actúa también como importante "sumidero" de dióxido de carbono. El daño de la UV a esas algas en las regiones polares afectaría negativamente a la cadena alimentaria marina y agravaría el efecto invernadero. El PNUMA

estima que una pérdida de fitoplancton marino del 10 % limitaría la absorción anual de CO₂ por los océanos en cinco gigatoneladas, lo que equivale a las emisiones antropogénicas anuales derivadas de la combustión de combustibles fósiles (PNUMA 1991a).

Peligros para la salud en el trabajo y estrategias de control

Peligros para la salud en el trabajo

Para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los combustibles fósiles, es necesario potenciar otras fuentes renovables de energía. Son muy conocidos los peligros que presenta la energía nuclear para la salud pública y la salud en el trabajo, y será necesario proteger las instalaciones, los trabajadores y el combustible consumido. El metanol puede sustituir en gran parte el uso de la gasolina; ahora bien, estas fuentes emiten formaldehídos, lo que supondrá un nuevo peligro para el medio ambiente. Los materiales superconductores para la transferencia de electricidad con eficiencia energética son en su mayoría materiales cerámicos compuestos de calcio, estroncio, bario, bismuto, talio e itrio (OMS en prensa).

Menos se sabe sobre la seguridad en el trabajo en las unidades manufactureras de captación de la energía solar. Los principales elementos utilizados para construir las células fotovoltaicas son la sílice, el galio, el indio, el talio, el arsénico y el antimonio (OMS en prensa). La sílice y el arsénico afectan negativamente a los pulmones; el galio se concentra en el riñón, el hígado y los huesos, y las formas iónicas de indio son nefrotóxicas.

Los efectos destructivos de los CFC sobre la capa de ozono estratosférico ya se advirtieron en el decenio de 1970, y en 1978 la EPA de Estados Unidos prohibió la inclusión de esos propulsores inertes en los aerosoles. En 1985 se despertó una preocupación generalizada cuando un equipo británico que trabajaba en la Antártida descubrió el "agujero" en la capa de ozono (Farman, Gardiner y Shanklin 1985). La posterior aprobación del Protocolo de Montreal en 1987, con modificaciones en 1990 y 1992, ha obligado ya a fuertes reducciones en la producción de CFC.

Las sustancias químicas que pueden sustituir a los CFC son los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y los hidrofluorocarbonos (HFC). La presencia del átomo de hidrógeno puede facilitar la degradación de esos compuestos por los radicales hidroxilos (OH⁻) en la troposfera, con lo que se reduce el potencial de agotamiento del ozono estratosférico. Esas sustancias químicas sustitutivas de los CFC son sin embargo más reactivas biológicamente que aquéllos. La naturaleza de un enlace C-H hace que estas sustancias sean proclives a la oxidación a través del sistema del citocromo P-450 (OMS en prensa).

Mitigación y adaptación

Para afrontar los retos que para la salud pública presenta el cambio climático mundial será necesario: *a)* un enfoque ecológico integrado; *b)* la reducción de los gases de efecto invernadero mediante el control de las emisiones industriales, políticas de uso de la tierra para elevar al máximo la extensión de los "sumideros" de CO₂ y políticas demográficas para conseguir ambas cosas; *c)* la vigilancia de los indicadores biológicos tanto a escala regional como mundial; *d)* la adaptación de las estrategias de salud pública para reducir al mínimo los efectos del cambio climático inevitable, y *e)* la cooperación entre los países desarrollados y los países en desarrollo. En resumen, debe promoverse una mayor integración de las políticas ambientales y de salud pública.

Estudio de caso: Virus transmitidos por mosquitos

La encefalitis y el dengue transmitidos por mosquitos constituyen destacados ejemplos de enfermedades de vectores cuya distribución está limitada por el clima. Las epidemias de encefalitis de San Luis (SLE), que es la encefalitis arboviral más frecuente en Estados Unidos, suelen producirse al sur de la isoterma de 22 °C en el mes de junio, aunque en años de calor fuera de temporada se han registrado brotes más al norte. Los brotes de la enfermedad en los humanos están estrechamente relacionados con períodos de varios días en que la temperatura supera los 27 °C (Shope 1990).

Estudios sobre el terreno acerca de la SLE indican que un incremento de la temperatura en 1 °C acorta notablemente el tiempo transcurrido entre la absorción de sangre por el mosquito y la replicación vírica suficiente para crear en el vector la capacidad de infectar, que es lo que se denomina período de incubación extrínseca. Si a esto se suma el hecho de que la supervivencia del mosquito adulto se reduce a altas temperaturas, se estima que un incremento de la temperatura de 3 a 5 °C provocaría un notable desplazamiento hacia el norte de los brotes de SLE (Reeves y cols. 1994).

La zona de distribución del mosquito que es vector primario del dengue (y la fiebre amarilla), el *Aedes aegypti*, se extiende hasta la latitud de 35°, pues a temperaturas muy frías mueren tanto las larvas como los adultos. El dengue está muy extendido en el Caribe, América tropical, Oceanía, Asia, África y Australia. En los últimos 15 años las epidemias de dengue se han incrementado tanto en número de afectados como en gravedad, especialmente en los centros urbanos de los trópicos. El dengue hemorrágico es hoy una de las principales causas de hospitalización y mortalidad infantil en Asia suroccidental (Institute of Medicine 1992). La misma pauta de ascenso de la enfermedad que se observó en Asia hace 20 años se está produciendo hoy en América.

El cambio climático podría modificar la transmisión del dengue. En 1986 se comprobó en México que el factor que mejor predice la transmisión del dengue es la temperatura media durante la temporada de lluvias, cuadruplicándose el riesgo ajustado entre los 17 °C y los 30 °C (Koopman y cols. 1991). Estudios de laboratorio apoyan los datos obtenidos sobre el terreno. *In vitro*, el período de incubación extrínseca del virus del dengue de tipo 2 es de 12 días a 30 °C y sólo de siete días entre 32 y 35 °C (Watts y cols. 1987). El hecho de que la temperatura acorte el período de incubación en cinco días hace posible que la tasa de transmisión de la enfermedad se multiplique por tres (Koopman y cols. 1991). Por último, el aumento de la temperatura provoca la eclosión de adultos más pequeños, que han de picar con más frecuencia para desarrollar una puesta de huevos. En resumen, la ascensión de las temperaturas puede hacer que haya más mosquitos infecciosos y que piquen con más frecuencia (Focks y cols. 1995).

El cambio climático y el agotamiento de la capa de ozono plantean un enorme número de riesgos para la salud a múltiples niveles, lo que destaca la importante relación existente entre la dinámica de los ecosistemas y el mantenimiento de la salud humana. Por tanto, las medidas preventivas han de basarse en esos sistemas, previendo las respuestas ecológicas principales al cambio climático así como los peligros físicos directos.

Algunos de los elementos clave que hay que tener en cuenta al evaluar el riesgo ecológico son las variaciones espaciales y

temporales, los mecanismos de retroalimentación y el empleo de organismos de nivel inferior como indicadores biológicos tempranos.

La reducción de los gases de efecto invernadero mediante la sustitución de los combustibles fósiles por recursos energéticos renovables es la forma primaria de prevenir el cambio climático. Del mismo modo, la planificación estratégica del uso de la tierra y la estabilización de la presión demográfica sobre el medio ambiente permitirán conservar importantes "sumideros" naturales de gases de efecto invernadero.

Como es posible que cierto cambio climático se produzca inevitablemente, una prevención secundaria mediante la detección temprana basada en la vigilancia de los parámetros de salud obligará a establecer una coordinación sin precedentes. Por primera vez en la historia se intenta vigilar el sistema terrestre en su totalidad.

El Sistema Mundial de Observación del Clima integra Vigilancia Meteorológica Mundial y Vigilancia Atmosférica Mundial, programas ambos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), con partes del Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente, del PNUMA. El Sistema Mundial de Observación de los Océanos es una nueva iniciativa conjunta de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la OMS y el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC). Para vigilar los cambios que se produzcan en los sistemas marinos se recurrirá a mediciones por satélite y submarinas.

El Sistema Mundial de Observación Terrestre es un nuevo sistema patrocinado por el PNUMA, la UNESCO, la OMM, el CIUC y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y aportará el componente terrestre del Sistema Mundial de Observación del Clima (OMM 1992).

Entre las medidas para reducir las inevitables consecuencias sobre la salud se encuentran: programas de preparación en caso de desastre; medidas urbanísticas para reducir el efecto de "islote de calor" y mejorar la vivienda; la planificación del uso de la tierra para reducir al mínimo la erosión, las inundaciones repentinas y la despoblación forestal innecesaria (por ejemplo, deteniendo la creación de pastizales para la exportación de carne); la adaptación de los comportamientos personales, como evitar la exposición al sol, y esfuerzos encaminados a luchar contra los vectores y extender la vacunación. Habrá que tener en cuenta los costes no pretendidos de las medidas de adaptación, como un mayor uso de plaguicidas.

La excesiva dependencia de los plaguicidas no sólo conduce a la resistencia de los insectos, sino que también elimina los organismos predadores naturales que son beneficiosos. El efecto perjudicial sobre la salud pública y el medio ambiente derivado del uso actual de plaguicidas se ha estimado entre 100.000 y 200.000 millones de dólares al año (Institute of Medicine 1991).

Los países en desarrollo padecerán en una medida mayor y desproporcionada las consecuencias del cambio climático, aunque en la actualidad las naciones industrializadas son más responsables de la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

En el futuro, los países más pobres influirán de un modo más significativo en la evolución del calentamiento de la Tierra, tanto por las tecnologías que decidan adoptar a medida que se acelere su desarrollo como por sus prácticas de uso de la tierra. Las naciones desarrolladas tendrán que adoptar políticas energéticas más racionales desde el punto de vista ambiental y transferir sin demora tecnologías nuevas (y asequibles) a los países en desarrollo.

LA EXTINCION DE ESPECIES, LA PERDIDA DE DIVERSIDAD BIOLOGICA Y LA SALUD HUMANA¹

Eric Chivian

La actividad humana está provocando la extinción de especies animales, vegetales y microbianas a unas tasas que son varios miles de veces más altas que las producidas de manera natural (Wilson 1992) y que se aproximan a las mayores extinciones de la historia geológica. Cuando apareció el *homo sapiens*, hace unos 100.000 años, el número de especies existentes era el mayor que había habitado nunca la Tierra (Wilson 1989). Las actuales tasas de pérdida de especies están reduciendo ese número al más bajo desde el final de la era de los dinosaurios, hace 65 millones de años, y se estima que una cuarta parte del total de especies se extinguirá en los próximos 50 años (Ehrlich y Wilson 1991).

Además de las cuestiones éticas que se plantean —como que no tenemos derecho a eliminar una enorme cantidad de otros organismos, muchos de los cuales aparecieron decenas de millones de años antes de nuestra llegada—, este comportamiento es en última instancia autodestructivo, pues altera el delicado equilibrio ecológico del que depende toda forma de vida, incluida la nuestra, y destruye la diversidad biológica que da fertilidad a los suelos, crea el aire que respiramos y aporta alimentos y otros productos naturales necesarios para la vida, la mayor parte de los cuales están aún por descubrir.

El crecimiento exponencial de la población humana y el aumento aún mayor del consumo de recursos y de la producción de residuos son los principales factores que ponen en peligro la supervivencia de otras especies. El calentamiento de la Tierra, la lluvia ácida, el agotamiento del ozono estratosférico y el vertido de sustancias químicas tóxicas en los ecosistemas del aire, el suelo y el agua dulce y salada llevan en última instancia a una pérdida de diversidad biológica. Pero el factor que más daño causa es la destrucción del hábitat a causa de actividades humanas, sobre todo la despoblación forestal.

Así ocurre especialmente en el caso de los bosques higrofiticos tropicales. Queda menos del 50 % de la superficie cubierta de bosques higrofiticos tropicales en la prehistoria, pero siguen talándose y quemándose a un ritmo de aproximadamente 142.000 kilómetros cuadrados cada año, superficie equivalente a la de Suiza y los Países Bajos juntos; es decir, cada segundo se pierde una superficie de manto forestal equivalente a un campo de fútbol (Wilson 1992). Esta destrucción es la principal responsable de la extinción masiva de especies del mundo.

Se ha estimado que en la Tierra hay entre 10 y 100 millones de especies distintas. Aun siendo conservadores y estimando en 20 millones el número total de especies en el mundo, 10 millones de especies se encontrarían en los bosques higrofiticos tropicales y, dadas las actuales tasas de despoblación forestal tropical, sólo en dichos bosques se perderían cada año 27.000 especies, más de 74 al día, tres cada hora (Wilson 1992).

En el presente artículo se examinan las consecuencias para la salud humana de esta pérdida generalizada de diversidad biológica. El autor está convencido de que, si la gente comprendiera plenamente el efecto que van a tener estas extinciones masivas —pérdida de la posibilidad de comprender y tratar muchas

¹Este artículo es una adaptación, autorizada, de Chivian, E. 1993. Species Extinction and Biodiversity Loss: The Implications for Human Health. En *Critical Condition: Human Health and the Environment*, comp. E. Chivian, M. McCally, H. Hu y A. Haines. Cambridge, Mass. y Londres, Inglaterra: MIT Press. Nuestro agradecimiento a E.O. Wilson, Richard Schultes, Stephen Morse, Andrew Spielman, Paul Epstein, David Potter, Nan Vance, Rodney Fujita, Michael Balick, Suzan Strobel y Edson Albuquerque.

enfermedades incurables y, en última instancia, quizás una amenaza para la supervivencia humana—, reconocería que las tasas actuales de pérdida de diversidad biológica representan nada menos que una emergencia médica de evolución lenta y pediría que se diera la máxima prioridad a los esfuerzos encaminados a conservar las especies y los ecosistemas.

La pérdida de modelos para la medicina

Hay tres grupos de especies animales en peligro, muy distantes entre sí en el reino animal —las ranas venenosas, los osos y los tiburones—, que constituyen un llamativo ejemplo de cómo importantes modelos para la ciencia biomédica pueden resultar eliminados por los seres humanos.

Ranas venenosas

Toda la familia de las ranas venenosas, las *Dendrobatidae*, que se encuentran en los trópicos americanos, está amenazada por la destrucción de su hábitat —los bosques higrofiticos tropicales de tierras bajas de Centroamérica y Sudamérica (Brody 1990). Estas ranas de vivo colorido, en número de más de 100 especies, son especialmente sensibles a la despoblación forestal, pues viven únicamente en zonas muy concretas del bosque y no pueden hacerlo de forma natural en ningún otro sitio. Los científicos han descubierto que las toxinas que producen, utilizadas durante siglos por los indios centro y sudamericanos para envenenar las flechas y los dardos de las cerbatanas, se hallan entre las sustancias naturales más mortíferas que se conocen. Pero son también de enorme utilidad para la medicina. Los ingredientes activos de las toxinas son alcaloides, compuestos de anillo con nitrógeno que se encuentran casi exclusivamente en las plantas (son ejemplos la morfina, la cafeína, la nicotina y la cocaína). Los alcaloides se unen selectivamente a determinados canales y bombas de iones en las membranas nerviosa y muscular. Sin ellos, el conocimiento de esas unidades básicas de la función de la membrana, presentes en todo el reino animal, sería muy incompleto.

Además de su valor para la investigación neurofisiológica básica, las ranas venenosas ofrecen también valiosas claves bioquímicas para la producción de nuevos y potentes analgésicos con un mecanismo de acción distinto del de la morfina, de nuevos medicamentos para las arritmias cardíacas y de nuevos tratamientos para aliviar algunas enfermedades neurológicas como la enfermedad de Alzheimer, la miastenia grave y la esclerosis lateral amiotrófica (Brody 1990). Si se siguen destruyendo al ritmo actual los bosques higrofiticos de Centroamérica y Sudamérica, estas ranas de enorme valor se perderán.

Osos

El auge del mercado negro asiático de partes de osos, con la venta de vesículas biliares por su supuesto valor medicinal (a un precio 18 veces superior a su peso en oro) y de garras como exquisitez gastronómica (Montgomery 1992), más la persistencia de la caza y la destrucción de sus hábitat han puesto en peligro las poblaciones de osos en muchas partes del mundo. Si llegan a extinguirse algunas especies, todos seremos más pobres, no sólo porque son criaturas bellas y fascinantes que ocupan importantes nichos ecológicos, sino también porque algunas especies poseen varios procesos fisiológicos únicos que pueden darnos importantes claves para tratar diversas dolencias humanas. Los osos negros que hibernan, por ejemplo, están inmóviles durante un período de hasta cinco meses en el invierno, y pese a ello no pierden masa ósea (Rosenthal 1993). (Los animales que verdaderamente hibernan, como las marmotas y la ardilla terrestre, muestran un marcado descenso de la temperatura corporal durante la hibernación y no se despiertan fácilmente. Los osos negros, en cambio, “hibernan” a temperaturas corporales casi normales y mantienen plenamente la capacidad de respuesta

para defenderse al instante.) A diferencia de los humanos, que durante un período similar de inmovilidad (o sin sostener el peso corporal) perderían casi una cuarta parte de su masa ósea, los osos siguen fabricando hueso nuevo, para lo que utilizan el calcio que circula por su sangre (Floyd, Nelson y Wynne 1990). Comprender los mecanismos de cómo logran esa hazaña puede conducirnos a formas eficaces de prevención y tratamiento de la osteoporosis en las personas de edad avanzada (enorme problema que provoca fracturas, dolores e incapacidad), en las personas obligadas a guardar cama durante mucho tiempo y en los astronautas sometidos a prolongados períodos sin gravedad.

Además, los osos que “hibernan” no orinan durante meses. Los humanos que no pueden excretar sus productos de desecho a través de la orina durante varios días acumulan un elevado nivel de urea en la sangre y mueren por su toxicidad. Los osos reciclan de algún modo la urea para fabricar nuevas proteínas, incluidas las musculares (Nelson 1973). Si pudiéramos determinar qué mecanismo rigiera este proceso quizás podríamos obtener tratamientos satisfactorios a largo plazo para las personas que padecen insuficiencia renal, que hoy dependen de la desintoxicación periódica en las máquinas de diálisis o de los trasplantes.

Tiburones

Al igual que los osos, muchas especies de tiburones se están viendo diezgadas debido a la demanda de su carne, especialmente en Asia, donde las aletas de tiburón para hacer sopa alcanzan precios que llegan hasta los 200 dólares el kilo (Stevens 1992). Como los tiburones tienen pocas crías, su crecimiento es lento y tardan años en madurar, son muy vulnerables a la sobreexplotación pesquera.

Hace casi 400 millones de años que los tiburones están en la Tierra, y han desarrollado órganos y funciones fisiológicas sumamente especializados que les han protegido de prácticamente todo tipo de amenazas, excepto del exterminio por parte de los humanos. La aniquilación de las poblaciones y la extinción de algunas de las 350 especies existentes pueden representar una gran catástrofe para la humanidad.

Los sistemas inmunes de los tiburones (y de sus parientes, las distintas especies de rayas) parecen haber evolucionado de tal manera que son casi invulnerables a la aparición de enfermedades cancerígenas e infecciones. Así como en otros peces y moluscos suelen verse tumores (Tucker 1985), son raros en los tiburones. Las primeras investigaciones van en apoyo de esta observación. Por ejemplo, no se ha podido provocar un crecimiento de tumores en tiburones a pesar de la inyección reiterada de sustancias conocidas por su potente carcinogenicidad (Stevens 1992). Investigadores del Massachusetts Institute of Technology han aislado una sustancia, que está presente en grandes cantidades en el cartílago del tiburón de Basking (Lee y Langer 1983), que inhibe considerablemente el crecimiento de nuevos vasos sanguíneos hacia los tumores sólidos, y con ello impide su crecimiento.

Los tiburones pueden ofrecernos también valiosos modelos para desarrollar nuevos tipos de medicamentos con que tratar las infecciones, aspecto especialmente importante en un momento en que los agentes infecciosos están adquiriendo una mayor resistencia a los antibióticos de los que disponemos actualmente.

Otros modelos

Podríamos mencionar otros muchos ejemplos de plantas, animales y microorganismos singulares que poseen el secreto de miles de millones de experimentos evolutivos y que están cada vez más amenazados por la actividad humana, con peligro de perderse para siempre para la ciencia médica.

La pérdida de nuevos medicamentos

Las especies vegetales, animales y microbianas son en sí mismas las fuentes de algunos de los medicamentos más importantes de la actualidad y representan una proporción significativa de la farmacopea total. Farnsworth (1990) ha comprobado por ejemplo, que el 25 % del total de recetas dispensadas en farmacias de la comunidad en Estados Unidos de 1959 a 1980 contenían ingredientes activos extraídos de plantas superiores. En el mundo en desarrollo este porcentaje es mucho más alto. Nada menos que el 80 % de la población total de los países en desarrollo, lo que equivale a más o menos dos terceras partes de la población mundial, recurren casi exclusivamente a medicamentos tradicionales en los que se utilizan sustancias naturales, en su mayoría de origen vegetal.

Los conocimientos que poseen los curanderos tradicionales, que se han transmitido oralmente durante siglos, han permitido descubrir muchos medicamentos que son de amplio uso en la actualidad, la quinina, la fisostigmina, la d-tubocurarina, la pilocarpina y la efedrina, por citar sólo algunos (Farnsworth y cols. 1985). Pero esos conocimientos están desapareciendo con rapidez, sobre todo en el Amazonas, al desaparecer los curanderos nativos y ser sustituidos por médicos más modernos. Los botánicos y farmacólogos están tratando de aprender a toda prisa esas prácticas antiguas, que, al igual que las plantas forestales de que se sirven, están también en peligro (Farnsworth 1990; Schultes 1991; Balick 1990).

En busca de sustancias biológicamente activas los científicos han analizado la composición química de menos del 1 % de las plantas conocidas de los bosques higrofiticos (Gottlieb y Mors 1980), una proporción similar de las plantas de zonas templadas (Schultes 1992) y porcentajes aún menores de los animales, hongos y microbios conocidos. Pero es posible que en los bosques, los suelos y los lagos y océanos haya aún decenas de millones de especies que no hemos descubierto. Con las extinciones masivas que se están produciendo en la actualidad, es posible que estemos destruyendo nuevos remedios para formas incurables de cáncer, para el SIDA, para la enfermedad cardíaca arterioesclerótica y para otras enfermedades que provocan un enorme padecimiento humano.

Alteración del equilibrio entre ecosistemas

Por último, la pérdida de especies y la destrucción de hábitats pueden trastornar el delicado equilibrio entre ecosistemas del que dependen todas las formas de vida, incluida la nuestra.

Suministro de alimentos

El suministro de alimentos podría verse gravemente amenazado. La despoblación forestal, por ejemplo, puede tener como consecuencia una notable reducción de las precipitaciones en las zonas agrícolas contiguas e incluso en regiones situadas a cierta distancia (Wilson 1988; Shulka, Nobre y Sellers 1990), lo que pondría en peligro la productividad de los cultivos. La pérdida de la cubierta del suelo por la erosión, que es otra consecuencia de la despoblación forestal, puede tener un efecto negativo irreversible sobre los cultivos de las regiones boscosas, especialmente en zonas de terreno montañoso, como ocurre en regiones de Nepal, Madagascar y Filipinas.

Se están perdiendo también a un ritmo muy rápido murciélagos y aves, que se encuentran entre los principales predadores de los insectos que infestan o comen los cultivos (Brody 1991; Terborgh 1980), con innumerables consecuencias para la agricultura.

Enfermedades infecciosas

En Brasil, la malaria ha alcanzado recientemente proporciones epidémicas como consecuencia de los asentamientos masivos y la

perturbación ambiental de la cuenca del Amazonas. En gran parte controlada durante el decenio de 1960, la malaria explotó 20 años después, con 560.000 casos notificados en 1988, de los cuales 500.000 sólo en el Amazonas (Kingman 1989). La epidemia fue consecuencia en gran parte de la afluencia de muchas personas poco o nada inmunizadas contra la malaria, que vivían en improvisados refugios y llevaban poca ropa protectora. Pero fue también resultado de su acción perturbadora sobre el medio ambiente del bosque higrofitico, al dejar por donde pasaban charcas de agua estancada —derivadas de la construcción de carreteras, de las escorrentías con sedimentos producto del desmonte de tierras y de la minería de superficie— en las que el *Anopheles darlingi*, que es el principal vector de la malaria en la zona, podía multiplicarse sin control (Kingman 1989).

La historia de las "nuevas" enfermedades víricas puede contener valiosas claves para comprender los efectos de la destrucción del hábitat sobre los seres humanos. La fiebre hemorrágica argentina, por ejemplo, que es una dolorosa enfermedad vírica que tiene una mortalidad de entre el 3 % y el 15 % (Sanford 1991), viene produciéndose con proporciones de epidemia desde 1958 como resultado del desmonte generalizado de las pampas del centro del país y de la plantación de maíz (Kingman 1989).

De estas nuevas enfermedades víricas, la que ha tenido mayor repercusión sobre la salud humana y que puede ser un presagio de futuros brotes víricos es el SIDA, producido por el virus de inmunodeficiencia humana, en sus dos tipos, el VIH-1 y el VIH-2. Se está de acuerdo en general en que la actual epidemia de SIDA tuvo su origen en primates no humanos de África, que han actuado como huéspedes y reservorios naturales y asintomáticos para una familia de virus que producen inmunodeficiencia (Allan 1992). Existen suficientes pruebas genéticas de la existencia de vinculaciones entre el VIH-1 y un virus que produce inmunodeficiencia en chimpancés africanos (Huet y Cheynier 1990) y entre el VIH-2 y otro virus de unos monos africanos del género *Cercocebus* (Hirsch y Olmsted 1989; Gao y Yue 1992). ¿Son esas transmisiones víricas entre especies, de los primates a los humanos, el resultado de la invasión humana de entornos forestales degradados? Si así fuera, podríamos estar asistiendo con el SIDA al inicio de una serie de epidemias víricas originadas en los bosques higrofiticos tropicales, en los que puede haber miles de virus capaces de infectar a los humanos, algunos de los cuales podrían ser tan mortales como el SIDA (mortalidad de alrededor del 100 %), pero extenderse con más facilidad, por ejemplo, a través de las gotitas de agua transportadas por el aire. Esas enfermedades víricas potenciales podrían convertirse en la más grave consecuencia sobre la salud pública de la perturbación ambiental de los bosques higrofiticos.

Otros efectos

Pero lo que puede resultar más catastrófico para el conjunto de los seres humanos es la perturbación de otras interrelaciones entre organismos, ecosistemas y medio ambiente mundial, sobre las que no sabemos apenas nada. ¿Qué sucederá con el clima mundial y la concentración de gases en la atmósfera, por ejemplo, cuando se llegue a un umbral crítico de despoblación forestal? Los bosques desempeñan funciones decisivas para el mantenimiento de las pautas mundiales de precipitación y la estabilidad de los gases atmosféricos.

¿Cuáles serán los efectos sobre la vida marina si una mayor cantidad de radiación ultravioleta provoca la muerte masiva del fitoplancton oceánico, especialmente en los ricos mares situados debajo del "agujero" de ozono antártico? Esos organismos, que están en la base de toda la cadena alimentaria marina y que producen una parte significativa del oxígeno mundial y consumen una parte significativa de su dióxido de carbono, son

sumamente vulnerables al daño producido por la radiación ultravioleta (Schneider 1991; Roberts 1989; Bridigare 1989).

¿Cuáles serán las consecuencias para el crecimiento de las plantas si la lluvia ácida y las sustancias químicas tóxicas envenenan los hongos y bacterias del suelo esenciales para su fertilidad? En los últimos 60 años se ha producido ya una pérdida del 40-50 % de las especies de hongos de Europa occidental, entre ellos muchos hongos que establecen micorrizas simbióticas (Wilson 1992), que son cruciales para la absorción de los nutrientes por las plantas. Nadie sabe qué efectos tendrá esa pérdida.

Los científicos desconocen las respuestas a estas y otras preguntas de importancia crítica. Pero hay algunas señales biológicas preocupantes que sugieren que ya se ha producido un daño importante a los ecosistemas mundiales. La caída rápida y simultánea de las poblaciones de muchas especies de ranas en todo el mundo, incluso en medios limpios y alejados de poblaciones humanas, indica que pueden estar muriendo como consecuencia de algún cambio ambiental mundial (Blakeslee 1990). Estudios recientes (Blaustein 1994) sugieren que en algunos de esos casos la causa puede ser el incremento de la radiación ultravioleta B debido al adelgazamiento de la capa de ozono.

Más cerca de los seres humanos, los mamíferos marinos como los delfines listados del Mediterráneo, las focas moteadas europeas que viven frente a las costas de Escandinavia y de Irlanda del Norte y las belugas del río San Lorenzo están muriendo también en un número sin precedentes. En el caso de los delfines y las focas, algunas de las muertes parecen deberse a infecciones por virus *morbilli* (la familia de virus a la que pertenecen el del sarampión y el del moquillo de los perros), que producen neumonías y encefalitis (Domingo y Ferrer 1990; Kennedy y Smyth 1988), y que quizás son también consecuencia del deterioro de los sistemas inmunes. En el caso de las ballenas parecen intervenir contaminantes químicos como el DDT, el insecticida Mirex, los PCB, el plomo y el mercurio, que tienen un efecto de supresión de la fecundidad de las belugas y en última instancia provocan su muerte a causa de diversos tumores y neumonías (Dold 1992). Las osamentas de las belugas estaban en muchas

ocasiones tan repletas de contaminantes que podrían clasificarse como residuos peligrosos.

Cabe preguntarse si entre esas "especies indicadoras", como los canarios que mueren en las minas de carbón que contienen gases venenosos, en un aviso de que estamos perturbando el frágil equilibrio entre ecosistemas en que se apoyan todas las formas de vida, si entre esas especies figura la nuestra. La reducción del 50 % en los recuentos de espermatozoides de hombres sanos de todo el mundo durante el período 1938-1990 (Carlsen y cols. 1992), el notable incremento de la tasa de malformaciones congénitas de los genitales externos masculinos en Inglaterra y Gales entre 1964 y 1983 (Mattai y Beral 1985), la muy importante elevación de las tasas de incidencia de algunos tipos de cáncer en niños blancos entre 1973 y 1988 (Angier 1991) y en adultos blancos entre 1973 y 1987 (Davis, Dinse y Hoel 1994) en Estados Unidos, y el constante crecimiento de las tasas de mortalidad por varios tipos de cáncer en todo el mundo en los últimos 30 o 40 años (Kurihara, Aoki y Tominaga 1984; Davis y Hoel 1990a, 1990b; Hoel 1992) son elementos que sugieren que el deterioro del medio ambiente puede estar empezando a poner en peligro no sólo la supervivencia de ranas, mamíferos marinos y otras especies animales, vegetales y microbianas, sino también la de la especie humana.

Resumen

La actividad humana está provocando la extinción de organismos animales, vegetales y microbianos a un ritmo que bien puede traducirse en la eliminación de una cuarta parte de todas las especies que hay sobre la Tierra en los próximos 50 años. De esa destrucción se derivan incalculables consecuencias para la salud humana:

- la pérdida de modelos médicos para comprender la fisiología y las enfermedades humanas;
- la pérdida de nuevos medicamentos con los que podríamos conseguir tratar formas incurables de cáncer, el SIDA, la arterioesclerosis y otras enfermedades que provocan gran padecimiento humano.

Referencias

- Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC). 1992. *Solar and Ultraviolet Radiation*. IARC Monographs On the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Lyon: IARC.
- Allan, JS. 1992. Viral evolution and AIDS. *J Natl Inst Health Res* 4:51-54.
- Angier, N. 1991. Study finds mysterious rise in childhood cancer rate. *New York Times* (26 de junio):D22.
- Arceivala, SJ. 1989. Water quality and pollution control: Planning and management. En *Criteria for and Approaches for Water Quality Management in Developing Countries*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Archer, DL, JE Kvenberg. 1985. Incidence and cost of foodborne diarrhoea disease in the United States. *J Food Prod* 48(10):887-894.
- Balick, MJ. 1990. Ethnobotany and the identification of the therapeutic agents from the rainforest. *CIBA F Symp* 154:22-39.
- Bascom, R y cols. 1996. Health effects of outdoor air pollution. State of the Art. *Am J Resp Crit Care Med* 153:3-50.
- Blakeslee, S. 1990. Scientists confront an alarming mystery: The vanishing frog. *New York Times*. 20 de febrero: B7.
- Blaustein, AR. 1994. UL repair and resistance to solar UV-B in amphibian eggs: A link to population declines. *Proc Natl Acad Sci USA* 91:1791-1795.
- Borja-Arburto, VH, DP Loomis, C Shy, S Bangdiwala. 1995. Air pollution and daily mortality in Mexico City. *Epidemiology* 6:4:231.
- Bridigare, RR. 1989. Potential effects of UVB on marine organisms of the Southern Ocean: Distribution of phytoplankton and krill during Austral Spring. *Photochem Photobiol* 50:469-478.
- Brody, JE. 1990. Using the toxin from tiny frogs, researchers seek clues to disease. *New York Times*. 23 de enero.
- Brody, JE. 1991. Far from fearsome, bats lose ground to ignorance and greed. *New York Times*. 29 de octubre: C1,C10.
- Carlsen, E, A Gimmerman. 1992. Evidence for decreasing quality of semen during the past 50 years. *Br Med J* 305:609-613.
- Castillejos, M, D Gold, A Damokosh, P Serrano, G Allen, WF McDonnell, D Dockery, S Ruiz-Velasco, M Hernández, C Hayes. 1995. Acute effects of ozone on the pulmonary function of exercising schoolchildren from Mexico City. *Am J Resp Crit Care Med* 152:1501-1507.
- Castillejos, M, D Gold, D Dockery, T Tosteson, T Baum, FE Speizer. 1992. Effects of ambient ozone on respiratory functions and symptoms in school children in Mexico City. *Am Rev Respir Dis* 145:276-282.
- Centers for Disease Control (CDC). 1991. *Preventing Lead Poisoning in Young Children*. Washington, DC: US Department of Health and Human Services.
- Cohen, ML. 1987. Prepared statement in "Hearing before the Committee of Agriculture, Nutrition and Forestry". Senado de Estados Unidos, 100º Congreso, Primera Sesión. (US Government Printing Office, Washington, DC).
- Coleman, MP, J Esteve, P Damiacki, A Arslan, H Renard. 1993. *Trends in Cancer Incidence and Mortality*. IARC Scientific Publications, No.121. Lyon: IARC.
- Comisión sobre Salud y Medio Ambiente de la Organización Mundial de la Salud (OMS). 1992a. *Report of the Panel On Urbanization*. Ginebra: OMS.
- . 1992b. *Report of the Panel On Energy*. Ginebra: OMS.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD). 1992. Protection for the quality and supply of freshwater resources. En Capítulo 18 de *Application of Integrated Approaches to the Development, Management and Use of Water Resources*. Río de Janeiro: CNUMAD.
- Davis, DL, D Hoel. 1990a. International trends in cancer mortality in France, West Germany, Italy,

- Japan, England and Wales and the USA. *Lancet* 336 (25 de agosto):474-481.
- . 1990b. *Trends in Cancer Mortality in Industrial Countries*. Annals of the New York Academy of Sciences, No. 609.
- Davis, DL, GE Dinse, DG Hoel. 1994. Decreasing cardiovascular disease and increasing cancer among whites in the United States from 1973-1987. *JAMA* 271(6):431-437.
- Dockery, DW, CA Pope. 1994. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Ann Rev Publ Health* 15:107-132.
- Dold, C. 1992. Toxic agents found to be killing off whales. *New York Times*. 16 de junio: C4.
- Domingo, M, L Ferrer. 1990. Morbillivirus in dolphins. *Nature* 348:21.
- Ehrlich, PR, EO Wilson. 1991. Biodiversity studies: Science and policy. *Science* 253(5021):758-762.
- Epstein, PR. 1995. Emerging diseases and ecosystem instability. *Am J Public Health* 85:168-172.
- Farman, JC, H Gardiner, JD Shanklin. 1985. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. *Nature* 315:207-211.
- Farnsworth, NR, O Akerele, y cols. 1985. Medicinal plants in therapy. *Bull WHO* 63(6):965-981.
- Farnsworth, NR. 1990. The role of ethnopharmacology in drug development. *CIBA F Symp* 154:2-21.
- Floyd, T, RA Nelson, GF Wynne. 1990. Calcium and bone metabolic homeostasis in active and denning black bears. *Clin Orthop Relat R* 255 (Junio):301-309.
- Focks, DA, E Daniels, DG Haile, JE Keesling. 1995. A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: literature analysis, model development, preliminary validation, and samples of simulation results. *Am J Trop Med Hyg* 53:489-506.
- Gala-Gorchev, H. 1986. *Drinking-Water Quality and Health*. Ginebra: OMS, no publicado.
- . 1994. *WHO Guidelines for Drinking Water Quality*. Ginebra: OMS, no publicado.
- Gao, F, L Yue. 1992. Human infection by genetically diverse SIVsm-related HIV-2 in West Africa. *Nature* 358:495.
- Gilles, HM, DA Warrell. 1993. *Bruce-Chwatt's Essential Malariology*. Londres: Edward Arnold Press.
- Gleason, JF, PK Bhartia, JR Herman, R McPeters, y cols. 1993. Record low global ozone in 1992. *Science* 260:523-526.
- Gottlieb, OR, WB Mors. 1980. Potential utilization of Brazilian wood extractives. *J Agricul Food Chem* 28(2): 196-215.
- Grossklaus, D. 1990. Gesundheitliche Fragen im EG-Binnenmarkt. *Arch Lebensmittelhyg* 41(5):99-102.
- Hamza, A. 1991. *Impacts of Industrial and Small-Scale Manufacturing Wastes On Urban Environment in Developing Countries*. Nairobi: Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.
- Hardoy, JE, F Satterthwaite. 1989. *Squatter Citizen: Life in the Urban Third World*. Londres: Earthscan Publications.
- Hardoy, JE, S Cairncross, D Satterthwaite. 1990. *The Poor Die Young: Housing and Health in Third World Cities*. Londres: Earthscan Publications.
- Harpham, T, T Lusty, P Vaughan. 1988. *In the Shadow of the City—Community Health and the Urban Poor*. Oxford: OUP.
- Hirsch, VM, M Olmsted. 1989. An African primate lentivirus (SIVsm) closely related to HIV-s. *Nature* 339:389.
- Hoel, DG. 1992. Trends in cancer mortality in 15 industrialized countries, 1969-1986. *J Natl Cancer Inst* 84(5):313-320.
- Hoogenboom-Vergedaal, AMM y cols. 1990. *Epidemiologisch En Microbiologisch Onderzoek Met Betrekking Tot Gastro-Enteritis Bij De Mens in De Regio's Amsterdam En Helmond in 1987 En 1988*. Países Bajos: Instituto Nacional de Salud Pública y Protección del Medio Ambiente.
- Huet, T, A Cheyner. 1990. Genetic organization of a chimpanzee lentivirus related to HIV-1. *Nature* 345:356.
- Hug, A, RR Colwell, R Rahman, A Ali, MA Chowdhury, S Parveen, DA Sack, E Russek-Cohen. 1990. Detection of *Vibrio cholerae* 01 in the aquatic environment by fluorescent-monoclonal antibody and culture methods. *Appl Environ Microbiol* 56:2370-2373.
- Institute of Medicine. 1991. *Malaria: Obstacles and Opportunities*. Washington, DC: National Academy Press.
- . 1992. *Emerging Infections: Microbial Threats to Health in the United States*. Washington, DC: National Academy Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1990. *Climate Change: The IPCC Impacts Assessment*. Canberra: Australian Government Publishing Service.
- . 1992. *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment*. Canberra: Australian Government Publishing Service.
- Kalkstein, LS, KE Smoyer. 1993. The impact of climate change on human health: Some international implications. *Experiencia* 49:469-479.
- Kennedy, S, JA Smyth. 1988. Confirmation of cause of recent seal deaths. *Nature* 335:404.
- Kerr, JB, CT McElroy. 1993. Evidence for large upward trends of ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion. *Science* 262 (Noviembre):1032-1034.
- Kilbourne EM. 1989. Heat waves. En *The public health consequences of disasters. 1989*, dirigido por MB Gregg. Atlanta: Centers for Disease Control.
- Kingman, S. 1989. Malaria runs riot on Brazil's wild frontier. *New Scientist* 123:24-25.
- Kjellström, T. 1986. Itai-itai disease. En *Cadmium and Health*, dirigido por L Friberg y cols. Boca Raton: CRC Press.
- Koopman, JS, DR Prevots, MA Vaca-Marin, H Gomez-Dantes, ML Zarate-Aquino, IM Longini Jr, J Sepulveda-Amor. 1991. Determinants and predictors of dengue infection in Mexico. *Am J Epidemiol* 133:1168-1178.
- Kripke, ML, WL Morison. 1986. Studies on the mechanism of systemic suppression of contact hypersensitivity by UVB radiation. II: Differences in the suppression of delayed and contact hypersensitivity in mice. *J Invest Dermatol* 86:543-549.
- Kurihara, M, K Aoki, S Tominaga. 1984. *Cancer Mortality Statistics in the World*. Nagoya, Japón: The University of Nagoya Press.
- Lee, A, R Langer. 1983. Shark cartilage contains inhibitors of tumor angiogenesis. *Science* 221:1185-1187.
- Loevinsohn, M. 1994. Climatic warming and increased malaria incidence in Rwanda. *Lancet* 343:714-718.
- Longstreth, J, J Wiseman. 1989. The potential impact of climate change on patterns of infectious disease in the United States. En *The Potential Effects of Global Climate Change in the United States*, dirigido por JB Smith y DA Tirpak. Washington, DC: US Environmental Protection Agency.
- Martens, WM, LW Niessen, J Rotmans, TH Jetten, AJ McMichael. 1995. Potential impact of global climate change on malaria risk. *Environ Health Persp* 103:458-464.
- Matlai, P, V Beral. 1985. Trends in congenital malformations of external genitalia. *Lancet* 1 (12 de enero):108.
- McMichael, AJ. 1993. *Planetary Overload: Global Environmental Change and the Health of the Human Species*. Londres: Cambridge University Press.
- Meybeck, M, D Chapman, R Helmer. 1989. *Global Freshwater Quality: A First Assessment*. Ginebra: Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (SIMUVIMA/-AGUA).
- Meybeck, M, R Helmer. 1989. The quality of rivers: From pristine stage to global pollution. *Paleogeogr Paleoclimatol* 75:283-309.
- Michaels, D, C Barrera, MG Gacharna. 1985. Economic development and occupational health in Latin America: New directions for public health in less developed countries. *Am J Public Health* 75(5):536-542.
- Molina, MJ, FS Rowland. 1974. Stratospheric sink for chloro-fluoro-methanes: Chlorine atom-catalyzed destruction of ozone. *Nature* 249:810-814.
- Montgomery, S. 1992. Grisly trade imperils world's bears. *The Boston Globe*. Marzo 2:23-24.
- Naciones Unidas (NU). 1993. *Agenda 21*. Nueva York: NU.
- Nelson, RA. 1973. Winter sleep in the black bear. *Mayo Clin Proc* 48:733-737.
- Nimmannitya, S. 1996. Dengue and dengue haemorrhagic fever. En *Manson's Tropical Diseases*, dirigido por GC Cook. Londres: WB Saunders.
- Nogueira, DP. 1987. Prevention of accidents and injuries in Brazil. *Ergonomics* 30(2):387-393.
- Notermans, S. 1984. Beurteilung des bakteriologischen Status frischen Geflügels in Läden und auf Märkten. *Fleischwirtschaft* 61(1):131-134.
- Noweir, MH. 1986. Occupational health in developing countries, with special reference to Egypt. *Am J Ind Med* 9:125-141.
- Oficina Federal de la Salud (Suiza). 1990. Boletín de la Oficina Federal de la Salud. 29 de octubre.
- Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA). 1991. *International Chernobyl Project Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures*. Viena: OIEA.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). 1992. *GCOS: Responding to the Need for Climate Observations*. Ginebra: OMM.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) y ECOTOX. 1992. *Motor Vehicle Air Pollution. Public Health Impact and Control Measures*. Ginebra: OMS.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) y FAO. 1984. *The Role of Food Safety in Health and Development*. WHO Technical Report Series, No. 705. Ginebra: OMS.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) y PNUMA. 1991. *Progress in the Implementation of the Mar Del Plata Action Plan and a Strategy for the 1990s*. Ginebra: OMS.
- . 1992. *Urban Air Pollution in Megacities of the World*. Blackwells, Reino Unido: OMS.
- Organización Mundial de la Salud (WHO). 1984. *Toxic Oil Syndrome: Mass Food Poisoning in Spain*. Copenhague: Oficina Regional de la OMS para Europa.
- . 1987. *Air Quality Guidelines for Europe*. European Series, No. 23. Copenhague: Oficina Regional de la OMS para Europa.
- . 1990a. *Acute Effects On Health of Smog Episodes*. WHO Regional Publications European Series, No. 3. Copenhague: Oficina Regional de la OMS para Europa.
- . 1990b. *Diet, Nutrition and Prevention of Chronic Diseases*. WHO Technical Report Series, No. 797. Copenhague: Oficina Regional de la OMS para Europa.
- . 1990c. *Global Estimates for Health Situation, Assessment and Projections*. WHO Technical Report Series, No. 797. Ginebra: OMS.

- . 1990d. *Potential Health Effects of Climatic Change*. Ginebra: OMS.
- . 1990e. Public health impact of pesticides used in agriculture. *World Health Statistics Quarterly* 43:118-187.
- . 1992a. *Indoor Air Pollution from Biomass Fuel*. Ginebra: OMS.
- . 1992b. *Our Planet, Our Health*. Ginebra: OMS.
- . 1993. *Weekly Epidemiol Rec* 3(69):13-20.
- . 1994. *Ultraviolet Radiation*. Environmental Health Criteria, No. 160. Ginebra: OMS.
- . 1995. *Update and Revision of the Air Quality Guidelines for Europe*. Copenhagen: Oficina Regional de la OMS para Europa.
- . en imprenta. *Potential Health Effects of Global Climate Change: Update*. Ginebra: OMS.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Organización Mundial de la Salud (OMS). 1989. Informe final del Grupo de Trabajo sobre Vigilancia Epidemiológica y Enfermedades de Origen Alimentario. Documento no publicado HPV/FOS/89-005.
- Patz, JA, PR Epstein, TA Burke, JM Balbus. 1996. Global climate change and emerging infectious diseases. *JAMA* 275:217-223.
- Pope, CA, DV Bates, ME Raziene. 1995. Health effects of particulate air pollution: Time for reassessment? *Environ Health Persp* 103:472-480.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 1988. *Assessment of Chemical Contaminants in Food*. Nairobi: PNUMA/FAO/OMS.
- . 1991a. *Environmental Effects of Ozone Depletion: 1991 Update*. Nairobi: PNUMA.
- . 1991b. *Urban Air Pollution*. Environment Library, No. 4. Nairobi: PNUMA.
- Reeves, WC, JL Hardy, WK Reisen, MM Milky. 1994. The potential effect of global warming on mosquito-borne arboviruses. *J Med Entomol* 31(3):323-332.
- Roberts, D. 1990. Sources of infection: Food. *Lancet* 336:859-861.
- Roberts, L. 1989. Does the ozone hole threaten antarctic life. *Science* 244:288-289.
- Rodrigue, DG. 1990. International increase in Salmonella enteritidis. A new pandemic? *Epidemiol Inf* 105:21-21.
- Romieu, I, F Meneses, J Sienna, J Huerta, S Ruiz, M White, R Etzel, M Hernandez-Avila. 1994. Effects of ambient air pollution on respiratory health of Mexican children with mild asthma. *Am J Resp Crit Care Med* 129:A659.
- Romieu, I, F Meneses, S Ruiz, J Sienna, J Huerta, M White, R Etzel. 1996. Effects of air pollution on respiratory health of children with mild asthma living in Mexico City. *Am J Resp Crit Care Med* 154:300-307.
- Romieu, I, F Meneses, S Ruiz, JJ Sierra, J Huerta, M White, R Etzel, M Hernández. 1995. Effects of urban air pollution on emergency visits for childhood asthma in Mexico City. *Am J Epidemiol* 141(6):546-553.
- Romieu, I, H Weizenfeld, J Finkelman. 1990. Urban air pollution in Latin America and the Caribbean: Health perspectives. *World Health Stat Q* 43:153-167.
- . 1991. Urban air pollution in Latin America and the Caribbean. *J Air Waste Manage Assoc* 41:1166-1170.
- Romieu, I, M Cortés, S Ruiz, S Sánchez, F Meneses, M Hernández-Avila. 1992. Air pollution and school absenteeism among children in Mexico City. *Am J Epidemiol* 136:1524-1531.
- Rosenthal, E. 1993. Hibernating bears emerge with hints about human ills. *New York Times* 21 Abril: C1,C9.
- Ryzan, CA. 1987. Massive outbreak of antimicrobial-resistant salmonellosis traced to pasteurized milk. *JAMA* 258(22):3269-3274.
- Sanford, JP. 1991. Arenavirus infections. En el Capítulo 149 de *Harrison's Principles of Internal Medicine*, dirigido por JD Wilson, E Braunwald, KJ Iselbacher, RG Petersdorf, JB Martin, AS Fauci y RK Root.
- Schneider, K. 1991. Ozone depletion harming sea life. *New York Times* 16 de noviembre: 6.
- Schultes, RE. 1992: Comunicación personal. 24 de enero de 1992.
- . 1991. Dwindling forest medicinal plants of the Amazon. *Harvard Med Alum Bull* (Verano): 32-36.
- Sharp, D. (dir.). 1994. *Health and Climate Change*. Londres: The Lancet Ltd.
- Shope, RE. 1990. Infectious diseases and atmospheric change. En *Global Atmospheric Change and Public Health: Proceedings of the Center for Environmental Information*, dirigido por JC White. Nueva York: Elsevier.
- Shulka, J, C Nobre, P Sellers. 1990. Amazon deforestation and climate change. *Science* 247:1325.
- Statistisches Bundesamt. 1994. *Gesundheitswesen: Meldepflichtige Krankheiten*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Stevens, WK. 1992. Terror of the deep faces harsher predator. *New York Times*. 8 de diciembre: C1,C12.
- Stolarski, R, R Bojkov, L Bishop, C Zerefos, y cols. 1992. Measured trends in stratospheric ozone. *Science* 256:342-349.
- Taylor, HR, SK West, FS Rosenthal, B Munoz, HS Newland, H Abbey, EA Emmett. 1988. Effects of ultraviolet radiation on cataract formation. *N Engl J Med* 319:1429-33.
- Taylor, HR. 1990. Cataracts and ultraviolet light. En *Global Atmospheric Change and Public Health: Proceedings of the Center for Environmental Information*, dirigido por JC White. Nueva York: Elsevier.
- Terborgh, J. 1980. *Where Have All the Birds Gone?* Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press.
- Tucker, JB. 1985. Drugs from the sea spark renewed interest. *Bioscience* 35(9):541-545.
- Urban Edge. 1990a. Reducing accidents: Lessons learned. *Urban Edge* 14(5):4-6.
- . 1990b. Road safety a lethal problem in third world. *Urban Edge* 14(5):1-3.
- Watts, DM, DS Burke, BA Harrison, RE Whitmire, A Nisalak. 1987. Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. *Am J Trop Med Hyg* 36:143-152.
- Wenzel, RP. 1994. A new hantavirus infection in North America. *New Engl J Med* 330(14):1004-1005.
- Wilson, EO. 1988. The current state of biological diversity. En *Biodiversity*, dirigido por EO Wilson. Washington, DC: National Academy Press.
- . 1989. Threats to biodiversity. *Sci Am* 261:108-116.
- . 1992. *The Diversity of Life*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- World Bank. 1992. *Development and the Environment*. Oxford: OUP.
- Young, FE. 1987. Food safety and FDA's action plan phase II. *Food Technol* 41:116-123.

Otras lecturas recomendadas

- Andrews, JSJ, H Frumkin, BL Johnson, MA Mehlman, C Xintaras, HA Bucsela. 1994. *Hazardous Waste and Public Health: International Congress On the Health Effects of Hazardous Waste*. Princeton, Nueva Jersey: Princeton Scientific Publishing.
- Batstone, R y cols. 1989. *The Safe Disposal of Hazardous Wastes. The Special Needs and Problems of Developing Countries*. World Bank Technical Paper No. 93. Vol. I-III. Washington, DC: Banco Mundial.
- Gentner, NE, P Unrau. 1979. *Proceedings of the First International Conference On Health Effects of Energy Production*. Chalk River, Ontario, Canadá: Atomic Energy of Canada.
- Kjellstrom, T. 1988. Health hazards of the environment. Measuring the harm. *World Health*: 2-5.
- National Research Council. 1991. *Public Health and Hazardous Wastes*. *Environmental Epidemiology*, No. V 1. Washington, DC: National Academy Press.
- Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA). 1982. *Proceedings of International Symposium, Health Impacts of Different Sources of Energy*. Viena: OIEA.
- . 1984. *Proceedings of Symposium Risks and Benefits of Energy Systems*. Viena: OIEA.
- . 1991. *Senior Expert Symposium On Electricity and the Environment*. Viena: OIEA.
- Société française d'énergie nucléaire. 1980. *Colloquium On the Risks of Different Energy Sources, Paris, 24-26 Jan. 1980*. Paris: Gedin.
- Upton, AC, T Kneip, P Toniolo. 1989. Public health aspects of toxic chemical disposal sites. *Ann Rev Publ Health* 10:1-25.

