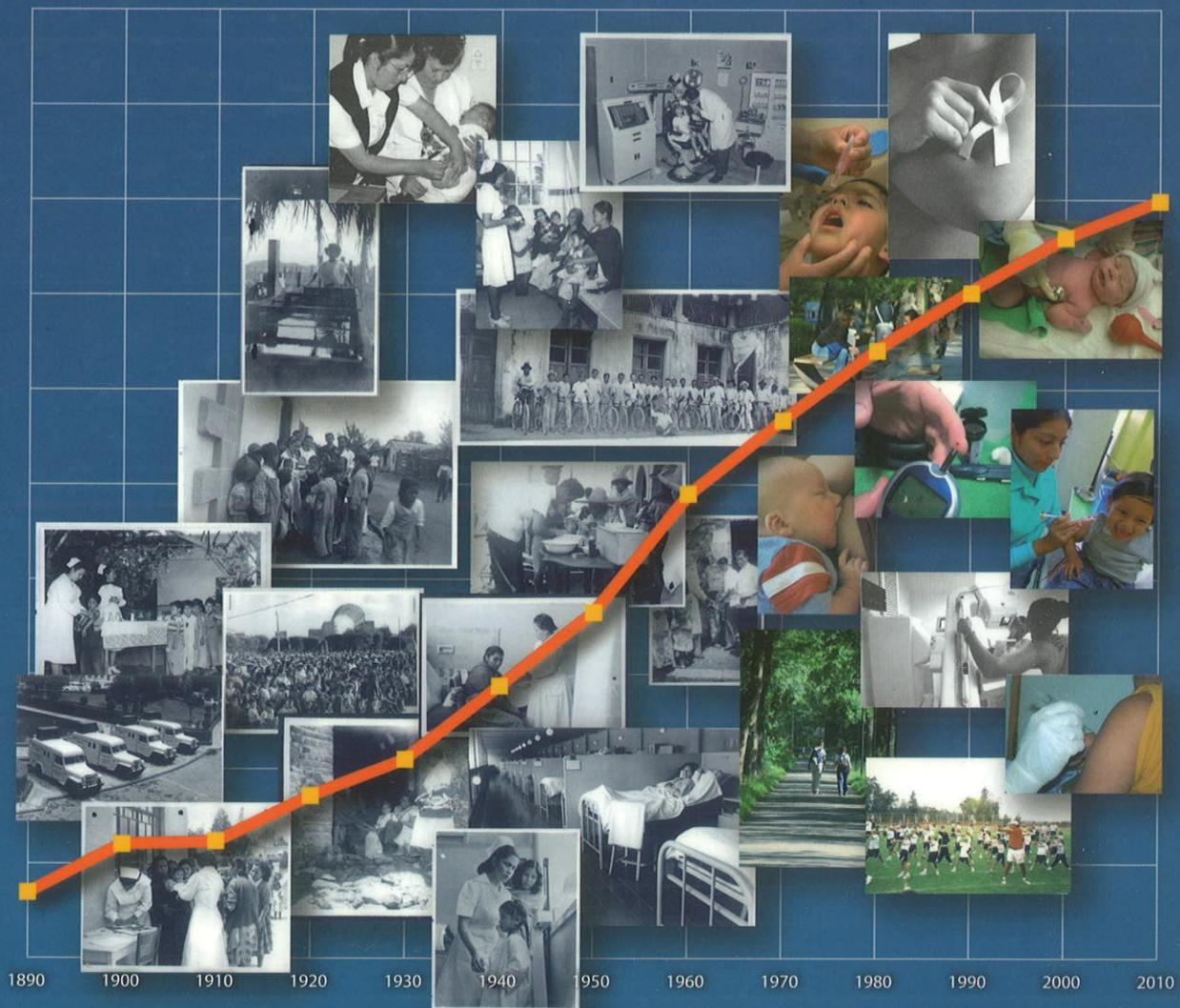


Salud Pública

teoría y práctica

Mauricio Hernández Ávila
Eduardo Lazcano Ponce



Salud Pública. Teoría y práctica

MAURICIO HERNÁNDEZ ÁVILA

EDUARDO LAZCANO PONCE

Editores

CARLOS OROPEZA ABÚNDEZ

Editor asociado

Editores responsables:

Dr. Carlos Alberto Mendoza Murillo

Editorial El Manual Moderno

Francisco Reveles

Instituto Nacional de Salud Pública



Instituto Nacional
de Salud Pública



Manual Moderno®

Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.
Av. Sonora 206 Col. Hipódromo, C.P. 06100 México, D.F.

Editorial El Manual Moderno, (Colombia), Ltda
Carrera 12-A No. 79-03/05 Bogotá, DC

Nos interesa su opinión,
comuníquese con nosotros:



Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.,
Av. Sonora núm. 206,
Col. Hipódromo,
Deleg. Cuauhtémoc,
06100 México, D.F.



(52-55)52-65-11-00



info@manualmoderno.com
quejas@manualmoderno.com

IMPORTANTE

Los autores y la Editorial de esta obra han tenido el cuidado de comprobar que las dosis y esquemas terapéuticos sean correctos y compatibles con los estándares de aceptación general en la fecha de la publicación. Sin embargo, es difícil estar por completo seguro que toda la información proporcionada es totalmente adecuada en todas las circunstancias. Se aconseja al lector consultar cuidadosamente el material de instrucciones e información incluido en el inserto del empaque de cada agente o fármaco terapéutico antes de administrarlo. Es importante, en especial, cuando se utilizan medicamentos nuevos o de uso poco frecuente. La Editorial no se responsabiliza por cualquier alteración, pérdida o daño que pudiera ocurrir como consecuencia, directa o indirecta, por el uso y aplicación de cualquier parte del contenido de la presente obra.

Salud Pública. Teoría y práctica

D.R © 2013 por el Instituto Nacional de Salud Pública.

ISBN: 978-607-511-033-2

En coedición con Editorial El Manual Moderno, S.A de C.V.

ISBN: 978-607-448-255-3

Miembro de la Cámara Nacional
de la Industria Editorial Mexicana, Reg. núm. 39

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema alguno de tarjetas perforadas o transmitida por otro medio —electrónico, mecánico, fotocopiador, registrador, etcétera— sin permiso previo por escrito de la Editorial.

Para mayor información sobre:

- Catálogo de producto
- Novedades
- Distribuciones y más

www.manualmoderno.com



Manual Moderno®

es marca registrada de
Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V

Salud pública : teoría y práctica / [editores] Mauricio Hernández Ávila, Eduardo Lazcano Ponce. -- México : Instituto Nacional de Salud Pública: Editorial El Manual Moderno, 2013.
xx, 707 páginas : ilustraciones ; 28 cm.

ISBN 978-607-511-033-2 (INSPM)
ISBN 978-607-448-255-3 (Editorial El Manual Moderno)

1. Salud pública. 2. Salud pública - Aspectos sociales. 3. Medicina preventiva. I. Hernández Ávila, Mauricio, editor. II. Lazcano Ponce, Eduardo, editor. III. Instituto Nacional de Salud Pública.

614-scdd21

Biblioteca Nacional de México

Director editorial y de producción:
Dr. José Luis Morales Saavedra

Editora asociada:
Lic. Vanessa Berenice Torres Rodríguez

Portada:
DG. Juan Pablo Luna Ramírez
Instituto Nacional de Salud Pública

Salud ambiental

Horacio Riojas Rodríguez,¹ Urinda Álamo Hernández,¹ Isabelle Romieu¹

PROPÓSITO GENERAL

Proporcionar a los estudiantes información que les permita comprender el enfoque ecosistémico de salud ambiental, la importancia de abordar los problemas derivados de la contaminación ambiental en cualquiera de sus manifestaciones, los alcances de las estrategias de evaluación de riesgos y de epidemiología ambiental, a fin de que cuenten con herramientas para explorar la historia de exposiciones a riesgos ambientales durante su práctica clínica y puedan realizar diagnósticos certeros y llevar a cabo actividades de prevención.

RESUMEN

La salud ambiental es la parte de la salud pública que se dedica al estudio y manejo de los determinantes ambientales sobre la salud poblacional.

El incremento de sustancias químicas en el entorno, el cambio climático, la aparición de enfermedades que se consideraban prácticamente erradicadas, los

efectos nocivos de plaguicidas, entre otros problemas, hacen de la salud ambiental un área de gran relevancia tanto para los países desarrollados como para los que están en desarrollo.

Las soluciones a estos problemas, por su complejidad y magnitud, requieren diseñarse aprovechando el concurso de diferentes disciplinas, mediante un enfoque ecosistémico que incluya tanto los factores del individuo, como de la comunidad, así como la perspectiva local y la regional, además de contemplar las dimensiones sociales, las políticas y las económicas.

En este contexto, la investigación en salud ambiental es un área de constante producción en la que uno de los temas principales consiste en determinar si existen riesgos debido a exposiciones (o alteraciones) ambientales así como la magnitud de este riesgo. Las estrategias con que se llevan a cabo los estudios en esta área de salud ambiental consisten en la evaluación de riesgos y en la epidemiología ambiental.

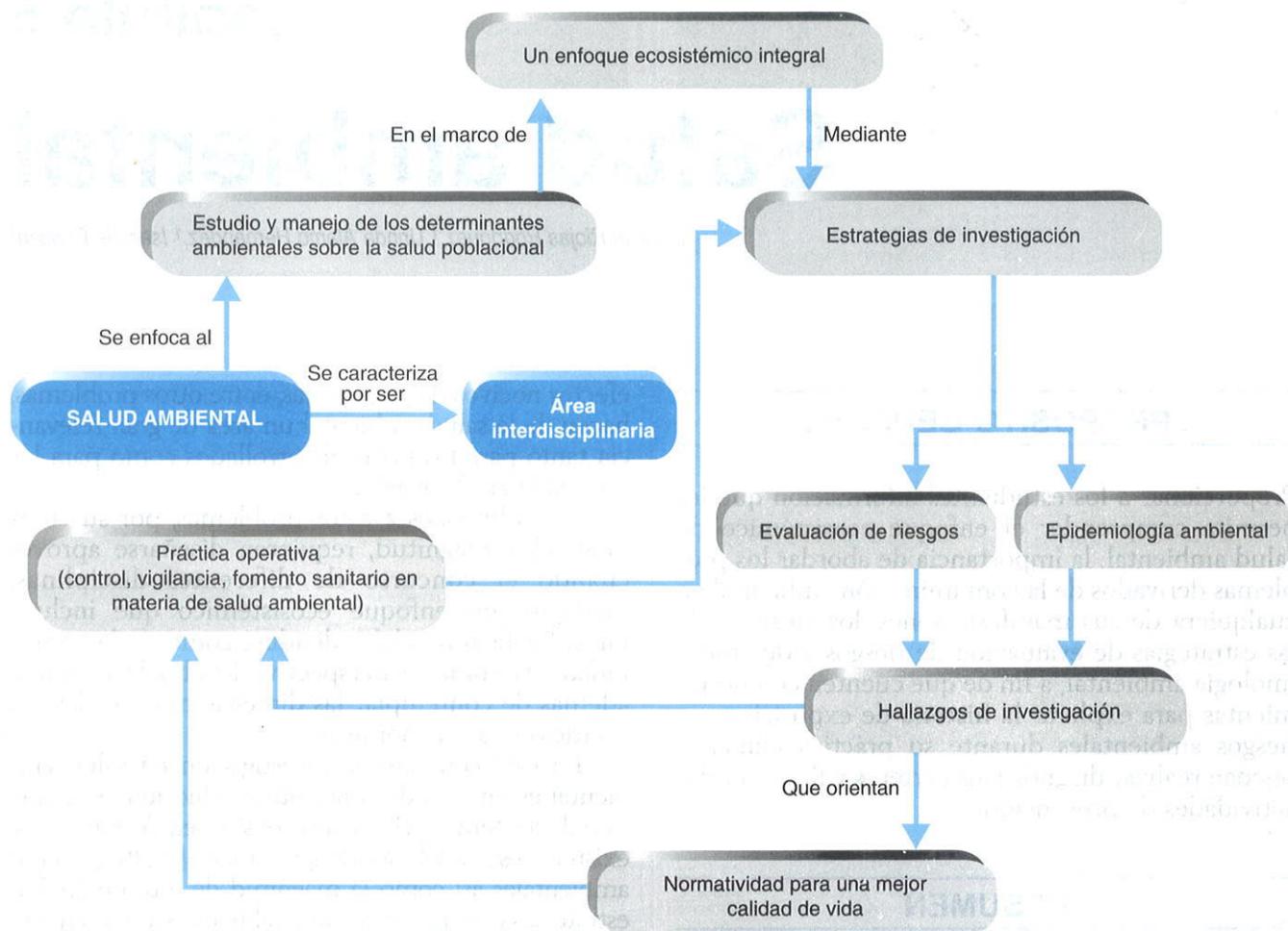
A diferencia de otras ramas de la salud, con frecuencia los datos de investigación en salud ambiental tienen un impacto en el establecimiento de normas y reglamentaciones dirigidas a cuidar las condiciones de vida de las comunidades.

Competencias

Las competencias profesionales vinculadas con el área de salud ambiental son las siguientes:

1. Identificar con un enfoque integral los factores ambientales de riesgo para la salud que influyen en el proceso salud-enfermedad, tanto en el nivel individual como en el colectivo.
2. Entender los complejos mecanismos de lesión de los contaminantes en el organismo; por ejemplo, a través del dominio de conocimientos toxicológicos.
3. Reconocer la normatividad vigente en salud ambiental, así como la información y estrategias (evaluación de riesgo y epidemiología ambiental) de apoyo y su aplicación.
4. Implementar y evaluar programas de prevención y control de factores de riesgo ambientales a través del trabajo en equipo interdisciplinario y multidisciplinario.
5. Transmitir conocimientos sobre salud ambiental a ciudadanos y tomadores de decisiones.

¹ Centro de Investigación en Salud Poblacional. Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.



Marco conceptual del campo de la salud ambiental.

Una aportación reciente a la investigación en salud ambiental consiste en la exploración de la relación entre genética y ambiente, ya que se perfila la existencia de susceptibilidades genéticas individuales que pueden provocar que algunos contaminantes afecten más a ciertas personas. Otra contribución actual, es el estudio de los efectos del cambio climático en la salud de las poblaciones. Muchos de los esfuerzos en investigación en salud ambiental se dirigen a ciertos sectores de la población más vulnerables, como pueden ser los niños.

En México, la importancia de los problemas de salud vinculados con la contaminación ambiental ha impulsado la existencia de áreas gubernamentales orientadas a monitorear el uso o exposición a plaguicidas, sustancias tóxicas y radiaciones, así como de vigilar la disposición sanitaria de excretas y de residuos sólidos, la calidad sanitaria de agua para uso y consumo humano, y la fauna nociva y transmisora. Del mismo modo, instituciones de educación superior y organizaciones no gubernamentales

tienen una participación activa en este campo.

INTRODUCCIÓN

La salud ambiental es la parte de la salud pública que se dedica al estudio y manejo de los determinantes ambientales sobre la salud poblacional. Aunque el interés por estudiar el vínculo entre las personas y el entorno donde viven se ha manifestado desde hace siglos, la degradación ambiental se ha acelerado en las últimas décadas, al igual que el impacto que ésta tiene en la salud humana a nivel local y global.

El interés por la relación entre salud y ambiente no es exclusivo de la época, ya que, en el siglo V a.C., Hipócrates, en su "Tratado de los aires, las aguas y los lugares", hacía énfasis en las causas ambientales de las enfermedades.¹

Antes de los años setenta, no existía el concepto de salud ambiental como tal, la interfase entre ambiente y salud se abordaba en especial a través de actividades y marcos de acción del saneamiento básico que incluían la dotación de agua potable, el control de excretas, el control sanitario de los alimentos, el control de desechos sólidos, entre otros. El concepto de **salud ambiental** surge a la par del concepto de desarrollo sostenible a partir del decenio de 1970-79 como respuesta a la inquietud por el creciente deterioro del ambiente a nivel planetario.

En el informe, **Nuestro Futuro Común**, de la Comisión Brundtland, se define al desarrollo sostenible como: "El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades".² Más tarde, se firmó la "Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo" además del "Programa 21" (también conocido como "Agenda 21")³ en el cual se reitera que "los seres humanos son el centro de las preocupaciones para un desarrollo sostenible ... tienen el derecho a una vida saludable y productiva, en armonía con la naturaleza".

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la salud ambiental como "... aquellos aspectos de la salud humana, incluyendo la calidad de vida, que son determinados por factores físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales del ambiente. También se refiere a la teoría y la práctica de evaluar, corregir, controlar y prevenir esos fac-

En América Latina, la Carta Panamericana Sobre Ambiente y Salud en el Desarrollo Sustentable, establece que: "Las organizaciones de medio ambiente y salud son responsables de la identificación y evaluación de los riesgos ambientales para la salud humana, la vigilancia epidemiológica y de asesorar a quienes toman decisiones políticas en las organizaciones gubernamentales y privadas".⁵

tores del ambiente que potencialmente pueden afectar de forma adversa la salud de las presentes y las futuras generaciones".⁴

Esta definición establece de manera global lo que es ahora el campo de acción de la salud ambiental.

Si los factores ambientales, físicos, químicos o biológicos se combinan con factores psicosociales, culturales y económicos, (como pobreza, estilos de vida, integración social, inequidad y desarrollo económico, entre otros) se percibe el grado de complejidad del área de salud ambiental. La creciente presencia de sustancias químicas en el ambiente, la contaminación en exteriores e interiores asociada con prevalencia de enfermedades respiratorias, el calentamiento climático y su contribución en la

presencia de algunas enfermedades como el dengue en zonas geográficas insospechadas, la intoxicación por plaguicidas o las perdurables enfermedades diarreicas relacionadas con la contaminación de agua y alimentos son ejemplos de la diversidad de los llamados problemas de salud ambiental.

Algunos de estos problemas se comparten globalmente, otros son propios a algunas regiones.

La mayoría de los países desarrollados ya superaron los problemas de saneamiento básico, mientras que en los países en desarrollo, como es el caso de México, se tiene que lidiar tanto con problemas de saneamiento básico como con los nuevos de salud ambiental, ligados al desarrollo económico, la urbanización y la globalización.

En este capítulo, se presenta un modelo de enfoque integral de la salud ambiental, se muestran las diversas disciplinas que intervienen en el campo y las principales estrategias para efectuar investigación en salud ambiental. También, se proporcionan algunos ejemplos de investigación en el área y, a través de estudios de caso, se ejemplifica cómo se traducen los resultados de estas investigaciones, junto con las evidencias científicas a nivel internacional, en políticas, normas y acciones concretas.

Asimismo, se incluye un listado de las principales instituciones que intervienen en México en el campo de la salud ambiental, además de mostrar cómo se lleva a cabo la parte operativa respectiva en el sector salud. Para finalizar, se agrega un glosario con conceptos relevantes propios al área.

ENFOQUE INTEGRAL DE LA SALUD AMBIENTAL E INTERDISCIPLINARIEDAD

Aunque los profesionales de la salud desempeñan una función central en el campo de la salud ambiental, la mayor parte de los problemas requieren para su comprensión y solución de estrategias y de metodologías concebidas bajo enfoques integrales, interdisciplinarios e intersectoriales. La salud ambiental no se limita actualmente a los ambientes físico-químicos o biológicos del mundo que nos rodea, sino que toma en cuenta todos los microambientes: ambientes domésticos, exteriores, ocupacionales, escolares, entre otros, así como una serie de factores sociales, culturales y económicos susceptibles de interactuar los unos en relación a los otros.¹

El *enfoque ecosistémico* constituye una alternativa para abordar y entender los problemas de salud ambiental de manera integral (figura 5-1).¹

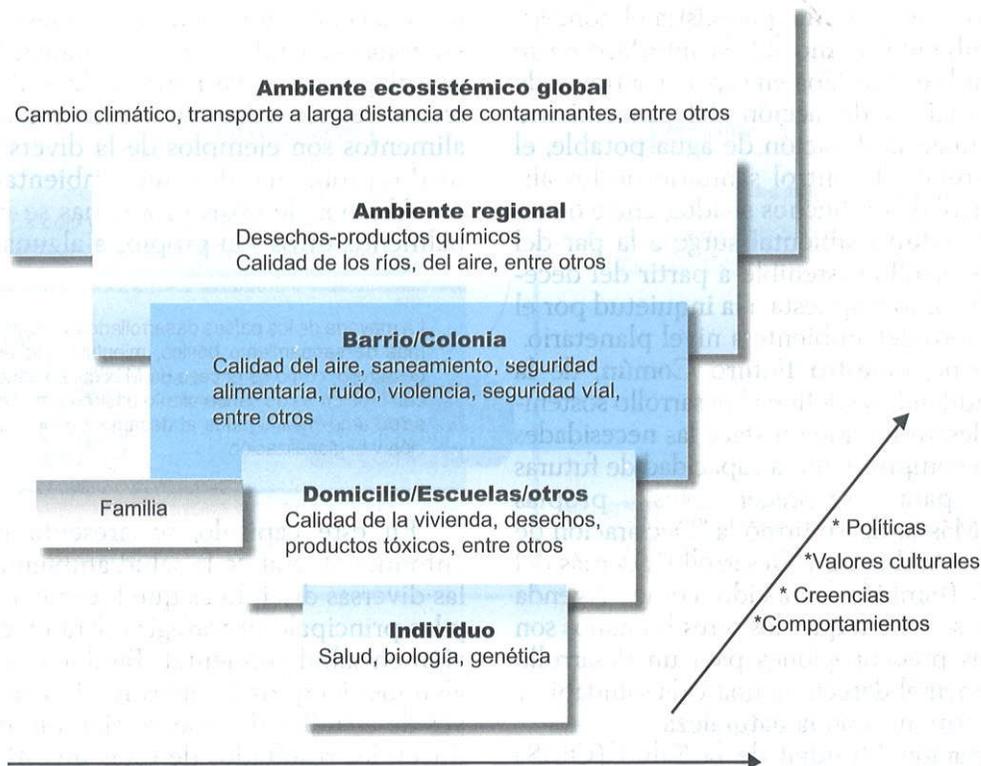


Figura 5-1. Problemas de la salud bajo una perspectiva eco-socio-sistémica. Adaptado de Steenberghe 2005¹⁴.

El modelo *ecosistémico* para la salud ambiental incluye la influencia recíproca de múltiples sistemas (desde el subindividual e individual hasta el ambiente natural y social) y la forma en que estos sistemas interactúan.

En primer plano, se halla el ambiente psicológico y corporal del individuo. Dependiendo de la etapa de vida en la que se encuentre cada persona (infancia, edad reproductiva, personas en plenitud), los ambientes influirán de manera diferencial.

La relación del individuo con estos subsistemas se ve mediada por las costumbres, los valores y las políticas en cada caso.¹

El nivel más englobante es el ecosistémico el cual se compone de una parte ecológica y de otra social. En este nivel, se ubican algunos de los problemas globales que amenazan la salud:

- a) **Transporte a larga distancia de contaminantes por el aire.** Se ha demostrado que un grupo de contaminantes atmosféricos, entre ellos el mercurio y las sustancias químicas como las organoclorinadas, se mueven a grandes distancias con el viento antes de asentarse en lugares o países diferentes, por ejemplo, en los Grandes Lagos se

encuentran concentraciones de DDT y Bifenilos policlorinados (BPC) provenientes del sur de EUA o de más lejos.⁶

- b) **Movimiento transfronterizo (ilegal) de desechos y productos peligrosos.** El anexo 111 del Convenio Bilateral entre México y EUA indica que las industrias maquiladoras deben devolver los desechos a EUA donde se originó la materia prima que los produjo; aunque es muy probable que, por la falta de una vigilancia eficaz, gran parte de los desechos peligrosos estén disponiéndose en territorio mexicano.⁷

- c) **Agotamiento del ozono estratosférico que protege a los seres vivos de las radiaciones solares ultravioleta.** En marzo de 1997, se registró un descenso de 40% respecto a las concentraciones normales del total de ozono sobre la zona del Polo Norte.⁸

Para reflexionar:

Hay quienes piensan que el deterioro ambiental es una cuestión de política, de poder, y dinero... Llama la atención, por ejemplo, la posición del gobierno de los EUA que reiteradamente se ha negado a reducir la emisión de gas carbónico, ya que esto implica disminuir la producción económica de su sector industrial. ¿Conoces otro ejemplo donde se evidencia cómo intereses económicos se imponen aun ante el daño ambiental?

En la salud ambiental, se entrecruzan conocimientos, conceptos, métodos y aplicaciones desarrollados por diferentes disciplinas (Ver figura 5-2). Se puede hablar de tres grandes grupos de disciplinas:

- a) Las **ambientales** que permiten entender los contextos geográficos, como el estudio de cuencas hidrológicas, composición de suelos, química atmosférica e interacción entre organismos de un mismo ecosistema. Esto es esencial para comprender la degradación del ambiente y la movilización de contaminantes.
- b) Las **sociales** que, por un lado, ayudan a comprender cómo las relaciones entre grupos generan inequidades en los riesgos ambientales, y, por otro, incorporan disciplinas como la legislación ambiental y la comunicación que se ubican en el entendimiento de las capacidades para manejar los riesgos.
- c) Las **biomédicas**. Dentro de estas disciplinas, la nutrición permite establecer grupos de mayor riesgo como en el caso de las poblaciones desnutridas. Asimismo, dependiendo de las exposiciones y los daños a la salud, la integración y el conocimiento de las diferentes ramas de la medicina han contribuido a la resolución de problemas y a la investigación en salud ambiental.

Si se reconoce a la salud ambiental como un área interdisciplinaria, ¿cómo crees que puede contribuir la educación para la salud como apoyo en la protección del medio ambiente? Señala un ejemplo relacionado con tu comunidad.

La fisiología y fisiopatología pulmonar han sido básicas para la determinación de los efectos de la

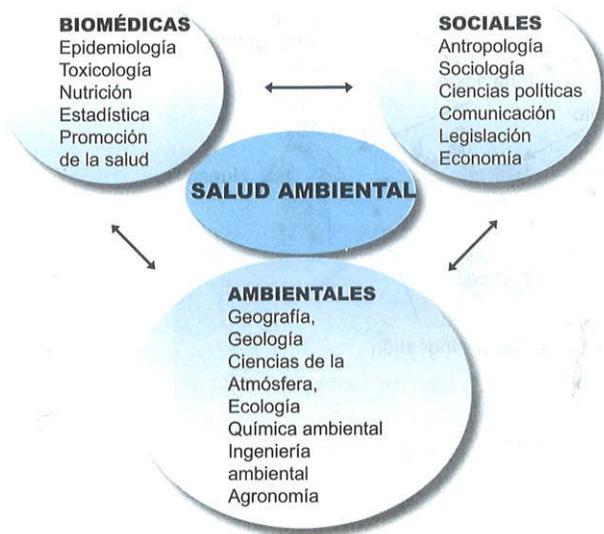


Figura 5-2. Interdisciplinariedad en salud ambiental.

contaminación atmosférica en el corto y largo plazo; las bases del funcionamiento cardiovascular son importantes para comprender el efecto de los contaminantes atmosféricos sobre el corazón.⁹ Existen varios metales y plaguicidas que tienen un efecto sobre el sistema nervioso central por lo que es preciso contar con los elementos que nos proporcionan la embriología y la neurología.¹⁰ Otros metales, como el cromo, producen su efecto en el riñón. Por lo tanto, es fundamental un conocimiento profundo de toxicología para comprender los efectos de los xenobióticos y la respuesta del organismo ante su presencia.

INVESTIGACIÓN EN SALUD AMBIENTAL

Como se señaló en la definición de salud ambiental, ésta comprende una parte de investigación y otra de práctica operativa. En el ámbito de la investigación, uno de los temas principales de quienes ejercen la salud ambiental es el determinar si existen riesgos debido a exposiciones (o alteraciones) ambientales así como la magnitud de éstos.

Existen usualmente dos estrategias para abordar la investigación en salud ambiental: a) la evaluación de riesgos, frecuentemente utilizada sobre todo en sitios contaminados y, b) la epidemiología ambiental.

En los siguientes párrafos, se caracterizan las dos estrategias y se presentan algunos estudios de caso que ejemplifican la diversidad de posibilidades en investigación en salud ambiental; se resalta el hecho de que, a diferencia de otras ramas de la salud pública, los resultados de la investigación en salud ambiental muchas veces se traducen en reglamentaciones y normas que protegen a la comunidad.

Para valorar la existencia de riesgos ambientales es necesario cuantificar en términos poblacionales, el número de posibles afectados o el tamaño del riesgo de estas poblaciones en comparación con otras menos expuestas o no expuestas.

Por ejemplo, el creciente reconocimiento de los efectos adversos del plomo (interfiere en los sistemas reproductivo y cardiovascular, en la producción de glóbulos rojos, en la función de la vitamina D, en el desarrollo cognitivo de los niños) llevó a iniciativas mundiales a reducir el contenido de plomo en gasolinas.¹¹

La introducción de gasolina libre de plomo en la ciudad de México en 1990 se asoció a un decremento de las concentraciones de plomo en el aire de un

promedio anual de $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a uno de $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1998; esto implicó igualmente una reducción en las concentraciones de plomo en sangre de $17 \mu\text{g}/\text{dL}$ en 1990 a $6.2 \mu\text{g}/\text{dL}$ en 1997 en niños de primer grado de una escuela primaria en el sur de la ciudad de México.¹¹

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

La evaluación de riesgos se define como: "un proceso cuantitativo que se lleva a cabo para caracterizar la naturaleza y magnitud de los riesgos potenciales para la salud pública, de la exposición a sustancias peligrosas, contaminantes o agentes liberados de sitios específicos"¹². La evaluación de riesgos es considerada por los expertos como un instrumento para asegurar que la toma de decisiones esté basada en la mejor evidencia científica disponible, y para ayudar a que los recursos económicos y humanos sean dirigidos hacia la atención de los peligros más significativos, aplicando programas y acciones de reducción de riesgos que sean costo efectivos.¹²

Se entiende por **efecto tóxico** cualquier desviación significativa del funcionamiento normal del organismo que ha sido producida por la exposición a una sustancia tóxica.

En cualquiera de los métodos seleccionados para la evaluación de riesgos, es importante, por un lado, recabar toda la información con la que se cuenta actualmente sobre los contaminantes que se enfrentan en determinada situación y, en especial, recopilar información sobre los efectos tóxicos observados tanto en humanos como en animales. Además, es necesario reunir información sobre la forma en la que dichos contaminantes pueden estar presentes o transformarse en el ambiente.

Por otro lado, es primordial efectuar un análisis de la exposición, definida ésta como "el contacto de cualquier parte del cuerpo con el contaminante", dicho análisis incluye la frecuencia, intensidad y dosis de exposición, es decir, la cantidad de sustancia a la que se expone el organismo y el tiempo durante el que estuvo expuesto en $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$. De la misma manera, es fundamental evaluar las **rutas de exposición**, definidas como "el camino que sigue un tóxico desde la **fuentes** de emisión hasta el contacto con las poblaciones o individuo expuesto... pueden ser agua, aire, suelo y alimentación, entre otros"^{12, 13} y las interfases entre ellas. La evaluación de las rutas de exposición comprende la localización y caracterización de las diferentes fuentes de emisión, por ejemplo, en la figura 5-3 se presentan las diversas fuentes de exposición exógenas para el caso de intoxicación por plomo.

A la par de las rutas de exposición, será trascendental la evaluación de las **vías de exposición** defini-

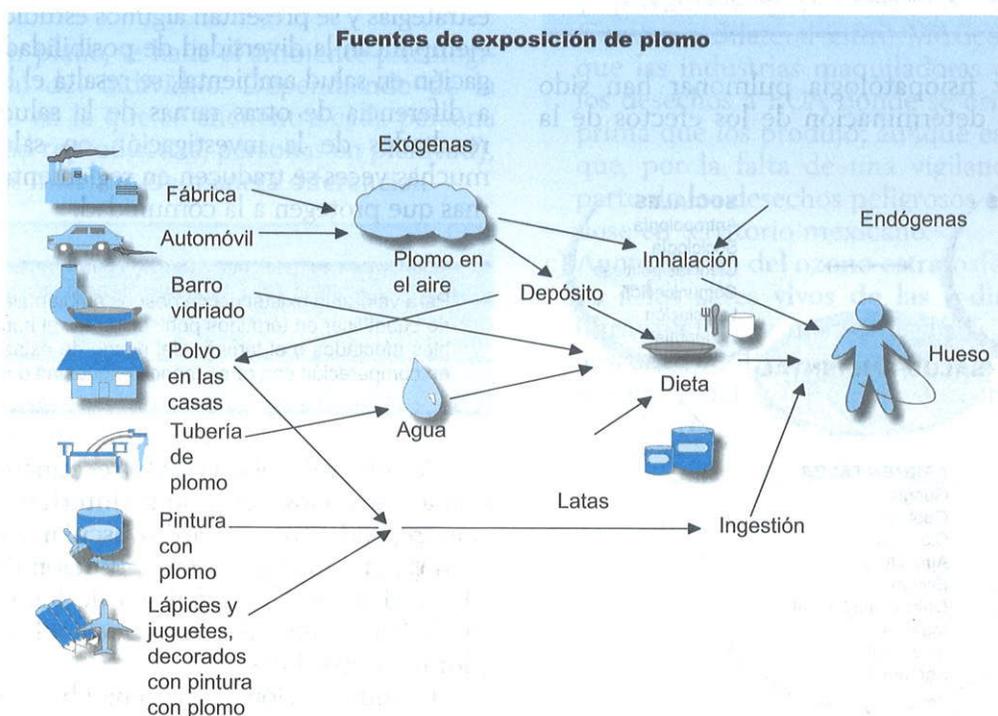


Figura 5-3. Fuentes de exposición de plomo. Fuente: Lacasaña-Navarro y Aguilar Garduño 2002.¹⁴

das como “el mecanismo mediante el cual la sustancia entra al cuerpo, ya sea por vía oral, por ingestión de comida, agua o suelo; respiratoria, por inhalación; dérmica, por contacto con la piel; por transferencia placentaria de la madre embarazada al feto o por la inoculación o la penetración directa en los órganos blanco”.^{12,15} En la figura 5-4 se esquematiza todo el proceso de análisis de exposición durante una evaluación de riesgo.

Etapas de la evaluación de riesgos

Existen por lo menos dos formas de abordar la evaluación de riesgos que han sido adaptadas o modificadas en la práctica de los profesionales de la salud ambiental. La primera, propuesta por la Agencia Protectora del Medio Ambiente de EUA (EPA), es el cuadro de referencia para la generación de normas en salud ambiental y comprende cinco etapas:

- a) Identificación del peligro
- b) Evaluación dosis-respuesta
- c) Evaluación de la exposición
- d) Caracterización del riesgo
- e) Manejo del riesgo

La segunda, también de EUA, propuesta por la Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades (ATSDR), da una importancia especial a la participación de las comunidades en cada una de las etapas de la evaluación de riesgos (figura 5-5). El propósito de la

metodología de la ATSDR es proveer a la comunidad la información acerca de las implicaciones en salud pública por la presencia de contaminación en un sitio específico, identificando aquellas poblaciones para las cuales es necesario dirigir acciones o estudios. Comprende las siguientes etapas:

- a) Antecedentes del sitio (descripción, historia, información demográfica, información geográfica, datos microbiológicos, visita al lugar).
- b) Preocupación comunitaria en salud.
- c) Contaminación ambiental (monitoreo, muestreo, análisis de laboratorio, control de calidad).
- d) Selección de contaminantes críticos de acuerdo con: su presencia en más de un medio, la interacción toxicológica con otros contaminantes, evidencia toxicológica (dosis letal 50, dosis efectiva) y la preocupación social.
- e) Monitoreo biológico (biomarcadores de exposición, biomarcadores de susceptibilidad, biomarcadores de efecto), permite reducir la incertidumbre de la estimación del riesgo por procedimientos matemáticos clásicos.
- f) Análisis de rutas de exposición.
- g) Estimación del riesgo en salud (identificación del contaminante, análisis dosis-respuesta, estimación de la exposición, caracterización del riesgo).
- h) Análisis estadístico de datos sobre salud (justificación para el análisis, características de la fuente, características de la población control, resultados).

Análisis de la exposición de riesgo durante una evaluación de riesgo
Fuente, exposición y dosis efectiva

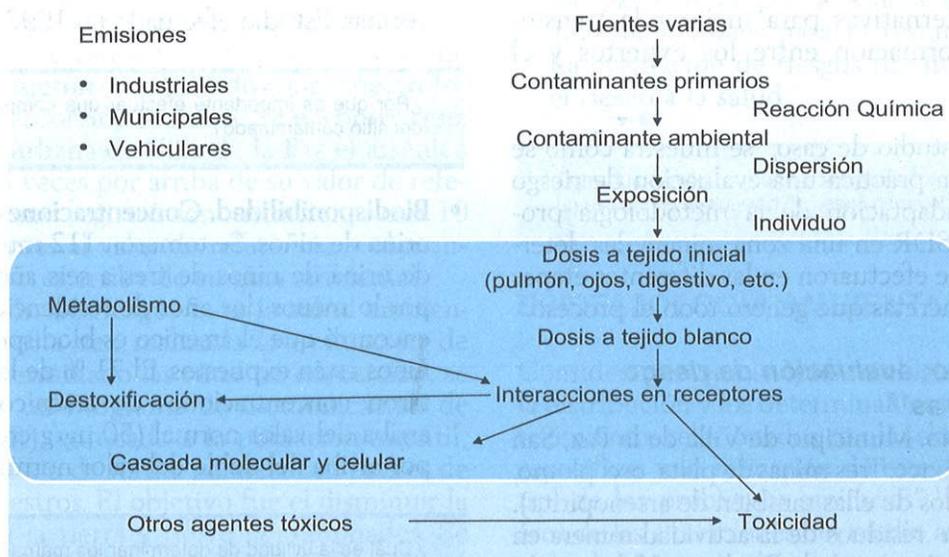


Figura 5-4. Análisis de la exposición de riesgo durante una evaluación de riesgo. Fuente: elaborado por el Dr. Horacio Riojas 2002.

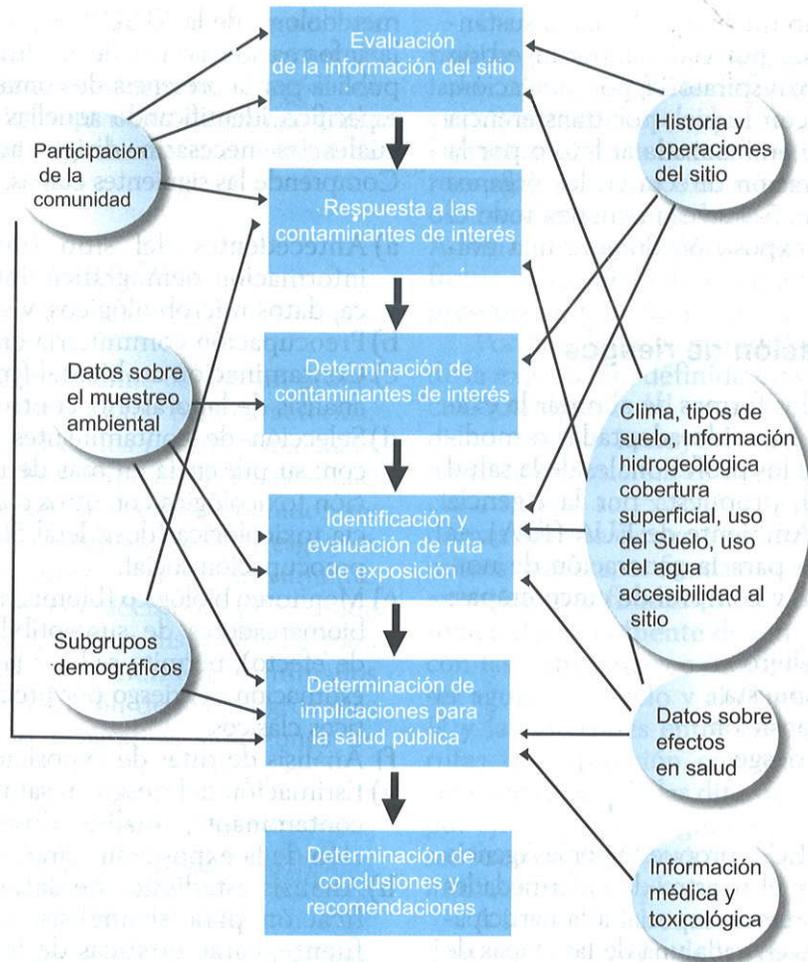


Figura 5-5. Metodología para la identificación y evaluación de riesgos de la ATSDR. Fuente: Calabrese, 1992.

- i) Conclusiones y recomendaciones.
- j) Comunicación de riesgo (se explora cómo la comunidad percibe y procesa los riesgos, y se identifican alternativas para mejorar la transferencia de información entre los expertos y el público).

En el siguiente estudio de caso, se muestra cómo se llevó a cabo en la práctica una evaluación de riesgo utilizando una adaptación de la metodología propuesta por la ATSDR en una zona minera, las determinaciones que se efectuaron en las diferentes etapas y las acciones concretas que generó todo el proceso.

Estudio de caso: evaluación de riesgo en zonas mineras¹⁷

- **Zona de estudio.** Municipio de Villa de la Paz, San Luis Potosí, México. Tres minas de plata, oro, plomo, cobre y zinc (dos de ellas también de arsenopirita). Se encontraron residuos de la actividad minera en aire libre, en el Arroyo de la Paz hasta 15 km curso abajo, en subsuelo y quizás en manto acuífero. En

época de estiaje, el sedimento seco del arroyo y el material del depósito son transportados por el viento hasta las zonas agrícolas y áreas residenciales vecinas. Estudio efectuado en 1997.

¿Por qué es importante efectuar una completa descripción del sitio contaminado?

- **Biodisponibilidad. Concentraciones de arsénico en orina de niños.** Se tomaron 112 muestras aleatorias de orina de niños de tres a seis años de edad, con por lo menos dos años de residencia en la zona. Se encontró que el arsénico es biodisponible y que los niños están expuestos. El 71 % de los niños presentaron concentraciones de arsénico en orina por arriba del valor normal (50 µg/g creatinina) y 28% por arriba del doble del valor normal.

¿Cuál es la utilidad de determinar los marcadores biológicos de exposición como en el caso del arsénico?

- **Toxicidad: estudio experimental en rata.** Ratas macho de 350 a 400 g de peso fueron tratadas de cuatro a ocho semanas con 920 mg/día del residuo minero mezclado en el alimento. Se realizó una cuantificación de la concentración de arsénico cerebral para definir la exposición, además de las concentraciones sanguíneas de la enzima aspartato transaminasa como indicador de daño hepático. Se hizo una evaluación de neurotoxicidad cuantificando las concentraciones de dopamina y sus metabolitos por cromatografía de líquidos. Se encontró que las ratas tratadas durante cuatro semanas tuvieron concentraciones de arsénico en cerebro 21 veces superiores a los de las ratas control y, que las tratadas durante ocho semanas, tuvieron concentraciones 29 veces superiores a las de control. Las concentraciones de aspartato transaminasa fueron superiores en las ratas tratadas. Además, en comparación con los controles, las ratas tratadas presentaron una inhibición de la dopamina y su metabolito.
- **Toxicidad: extracción con ácidos.** Las concentraciones de arsénico extraído con ácido acético de acuerdo con la legislación mexicana (NOM-CRP-001 ECOL/93) no rebasaron el límite de 5 mg/L; pero con HCl (que es el que se encuentra en el aparato digestivo) se extrajo 67 veces más de arsénico y los valores superaron los 5 mg/L.
- **Monitoreo ambiental.** Se utilizó un sistema de información geográfica del poblado de Villa de la Paz. Se recolectaron muestras de suelo superficial y de polvo residencial tanto en área urbana cercana a la planta trituradora de la mina, como en una colonia periférica situada a proximidad del depósito de residuos. Además, se tomó muestra superficial del sedimento del Arroyo de la Paz. Para el estudio de agua, se colectaron muestras de pozos cercanos y lejanos al área minera. Los metales fueron cuantificados por espectrofotometría de absorción atómica. Se encontró que: para el área urbana de Villa de la Paz el arsénico se ubicó 145 veces por arriba de su valor de referencia; el plomo registró concentraciones casi 10 veces superiores al valor de referencia, y el manganeso dos veces arriba de su guía ambiental.
- **Comunicación de riesgos para la salud ambiental infantil.** Una vez realizada la evaluación de riesgos y determinado las rutas de exposición, se implementó un Programa de Comunicación de Riesgos (PCR), enfocado a la población infantil, el cual se trabajó de forma paralela con padres de familia y maestros. El objetivo fue el disminuir la exposición a la tierra y polvo contaminados. Se trabajó con 170 niños tanto de nivel primaria, como de tercero de preescolar, de cinco centros

educativos localizados en la zona contaminada. Se les hizo llegar la información y el mensaje clave a través de diversos medios como obras de teatro, teatro guiñol, experimentos didácticos, videos, pláticas y cuentos. El PCR se evaluó mediante la determinación en los niños participantes, de conocimientos adquiridos, cambios de comportamiento y concentraciones de arsénico en orina antes y después de aplicado el PCR. Se lograron cambios de comportamiento y adquisición de conocimientos en los niños participantes; sin embargo, las concentraciones de arsénico no cambiaron. Es relevante señalar que un PCR debe establecerse junto con medidas de restauración.

¿Por qué consideras que es importante la etapa de comunicación de riesgos?

- **Conclusiones.** El análisis de riesgo para la salud en una zona minera debe realizarse mediante métodos que integren el monitoreo, la biodisponibilidad y la toxicidad. Los datos sugieren que existen tres "rutas claras de exposición": la ingestión de suelo contaminado, ingestión de polvo residencial e inhalación o ingestión de material particulado. Se demostró una correlación entre la contaminación del ambiente por arsénico y la exposición infantil al metaloide. El modelo animal es superior a la extracción ácida como método para determinar toxicidad, y los datos indican que el residuo minero estudiado es tóxico. Esta información sirvió para que la autoridad adoptara una nueva actitud y firmara un convenio entre la empresa minera y las autoridades gubernamentales para la restauración del sitio. La evaluación de riesgos fue útil para disminuir el riesgo a la salud.

Como futuro médico ¿cómo consideras que podrías participar en un estudio de evaluación de riesgo como el de Villa de la Paz?

EPIDEMIOLOGÍA AMBIENTAL

Considerando que la epidemiología es "el estudio de la distribución y los determinantes de estados o acontecimientos relacionados con la salud, en poblaciones específicas y la aplicación de este estudio en el control de los problemas sanitarios",¹⁸ su aplicación al área de las alteraciones del medio ambiente, en especial a la presencia de contaminantes, dio origen a la epidemiología ambiental.

La epidemiología ambiental ha generado en los últimos 20 años un acervo considerable de conocimiento sobre la relación causal entre los contaminantes y riesgos específicos a la salud poblacional.

Diseños de estudios epidemiológicos que incluyen estudios ecológicos, de casos y controles y de cohorte han generado evidencia sobre mortalidad y morbilidad asociada a contaminación atmosférica, efectos de los metales y plaguicidas sobre el sistema neurológico y recientemente efectos de estos contaminantes en el desarrollo de los niños.

Por lo tanto, la epidemiología ambiental es una de las herramientas más eficaces para generar conocimiento de las alteraciones del medio ambiente y determinar la relación dosis-efecto necesaria para la evaluación de riesgo.

A manera de ejemplo, en el cuadro 5-1, se incluyen los estudios epidemiológicos que han permitido asociar la calidad del aire en exterior a la morbilidad por síntomas y enfermedades respiratorias agudas en niños.

Ejemplos de investigación en salud ambiental

Numerosos son los ejemplos que se podrían incluir en este apartado, sobre todo porque muchos de los problemas de salud ambiental se consideran prioritarios. Uno de los más recientes informes de la

Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que cada año se registran más de 13 millones de defunciones por causas ambientales prevenibles.²⁰ En dicho informe, se estima la carga de morbilidad global atribuible a algunos de los riesgos ambientales más importantes (figura 5-6). Las estimaciones están cuantificadas considerando la fracción atribuible al medio ambiente asociada a cada patología y los «años de vida ajustados en función de la discapacidad» (AVAD), una medida ponderada de la mortalidad, la morbilidad y la discapacidad.²⁰

Cabe mencionar que las cargas atribuibles varían entre países desarrollados y países en desarrollo. Además, no hay que olvidar que siempre hay poblaciones más vulnerables.

Existen factores intrínsecos de susceptibilidad como la edad, género, raza, características genéticas y factores extrínsecos como el perfil de exposición a los contaminantes, sinergismo entre contaminantes, estado nutricional, pobreza y estilos de vida.²¹ Estos dos tipos de factores determinarán qué poblaciones se verán más afectadas por las diferentes problemáticas de salud ambiental.

Aire

La contaminación del aire es una amenaza aguda, acumulativa y crónica para la salud humana y el ambiente.¹⁹ Alrededor de 500 millones de personas se exponen a diario a niveles altos de contaminación del aire en sus casas provocada por combustiones en ambiente abierto o por estufas pobremente diseñadas que uti-

Cuadro 5-1. Contaminación del aire en exterior y morbilidad por síntomas y enfermedades respiratorias agudas en niños

Autores	Diseño	Población, lugar, año	Tipo de evento respiratorio
Romieu, et al. 1996	Estudio de panel, seguimiento de 4 meses	Niños con asma 5 a 13 años. México DF, 1991	Síntomas respiratorios bajos
Sánchez, et al. 1999	Estudio de panel, seguimiento de 66 días	Niños con síntomas respiratorios crónicos de 6 a 12 años. Puchucavi, Chile, 1996	Tos y expectoración
Ostro, et al. 1999	Serie de tiempo (visitas de pediatra)	Pacientes de primaria, edad < 2 y 3 a 15 años; Santiago, Chile, 1992-1993	Tos y sibilancia
Romieu, et al. 1992	Estudio de panel, seguimiento de meses	Niños de 3 a 7 años (n= 111). México DF, 1990	Ausentismo escolar por enfermedad respiratoria
Pino, et al. 1998	Estudio de panel, seguimiento de 6 meses	504 niños, cuatro meses a un año. Santiago, Chile, 1997	Síndrome obstructivo bronquial
Téllez-Rojo et al. 1997	Serie de tiempo (visitas de urgencia)	Niños < 14 años, México DF., 1993	Visitas de urgencia por enfermedades respiratorias altas
Hernández-Cadena et al. 2000	Serie de tiempo (visitas de urgencia)	Niños <14 años, Ciudad Juárez, México; 1997-1998	Visitas de urgencia por enfermedades respiratorias altas
Labaca et al. 1999	Serie de tiempo (visitas de urgencia)	Niños 0 a 14 años, Santiago, Chile, 1995-1996	Visita de urgencia por neumonía aguda
Gouveia et al. 2000	Serie de tiempo (admisión al hospital)	Niños menores de cinco años, Sao Paulo, Brasil. 1992-1994	Hospitalización por neumonía

Fuente: Romieu y Korc 2002.¹⁹

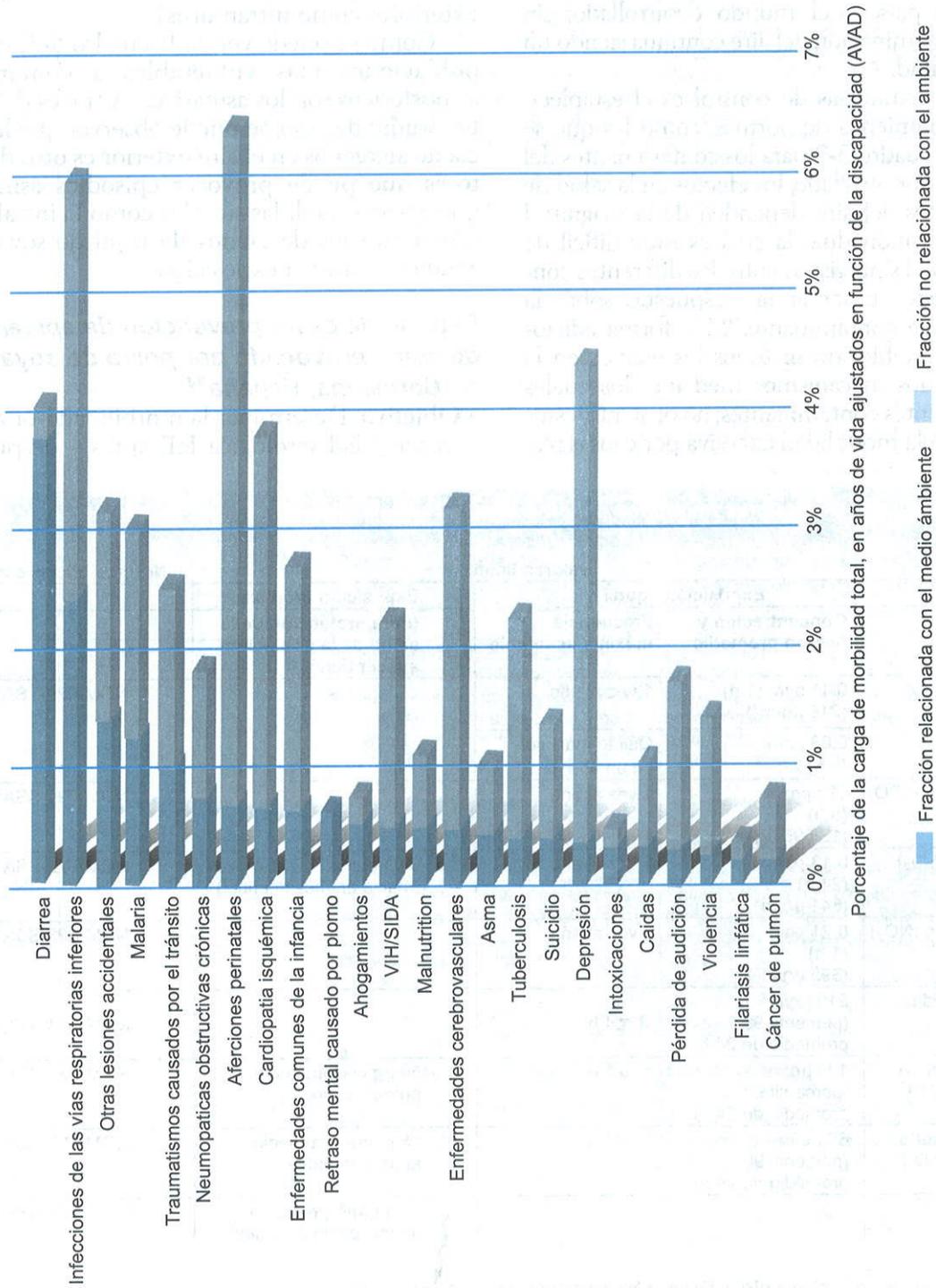


Figura 5-6. Carga de morbilidad atribuible a riesgos ambientales. Barra verde oscura + barra verde clara = carga de morbilidad total. Retraso mental (causado por el plomo), tal como se define en la lista de enfermedades de la OMS correspondiente al 2002, accesible en Internet (www.who.int/evidence). Fuente: Pruss Ustun y Corvalan 2002.²⁰

lizan leña; además, más de 1 500 millones de personas viven en áreas urbanas con niveles peligrosamente altos de contaminación del aire.¹⁵

Los esfuerzos actuales para controlar partículas y emisiones gaseosas han sido parcialmente exitosos sobre todo en países del mundo desarrollado; sin embargo, la contaminación del aire continua siendo un riesgo para la salud.¹⁵

Una de las estrategias de control es el establecimiento y cumplimiento de normas, como las que se presentan en el cuadro 5-2 para los contaminantes del aire en México. Por otro lado, los efectos en la salud de los contaminantes del aire dependen de la magnitud de la exposición individual la cual es muy difícil de estimar, además, el sinergismo entre los diferentes contaminantes puede aumentar las respuestas sobre la toxicidad de cada contaminante.¹⁹ De forma adicional, no se han establecido ni todos los efectos en la salud, ni todos los mecanismos mediante los cuales actúan los diferentes contaminantes; no obstante, estos efectos incluyen la mortalidad excesiva por causas res-

piratorias, la exacerbación del asma, la función pulmonar reducida y las alteraciones de las defensas.¹⁹

En el cuadro 5-3 se muestran algunos ejemplos de efectos en la salud de los niños provocados o agravados por la contaminación del aire (tanto de exteriores como intramuros).

Como se puede ver en la cuadro 5-3, una de las poblaciones más vulnerables a contaminantes atmosféricos son los asmáticos. A través del siguiente estudio de caso, se puede observar que la presencia de alérgenos en el aire exterior es otro de los factores que puede provocar episodios asmáticos, y que a veces medidas simples como la instalación de filtros en silos de granos de frijol de soya pueden ayudar a evitar la exposición.

Estudio de caso: prevención de epidemia de asma provocado por polvo de soya en Barcelona, España²⁴

- **Objetivo.** Determinar la morbilidad por asma y la reactividad serológica IgE antes y después de la

Cuadro 5-2. Valores normados para los contaminantes: criterios del aire en México

Contaminante	Valores límite		Normas oficiales mexicanas
	Exposición aguda		
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	(Para protección de la salud de la población susceptible)
Ozono (O ₃)	0.11 ppm (1 h) (216 µg/m ³)	1 vez al año	-
	0.08 ppm (8 h)	Quinto máximo en un año	
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 h) (12 595 µg/m ³)	1 vez al año	-
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.13 ppm (24 h) (341 µg/m ³)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.21 ppm (1 h) (395 µg/m ³)	1 vez al año	-
Partículas suspendidas totales (PST)	210 µg/m ³ (percentil 98 promedio de 24 h)	24 h	-
Partículas con diámetro menor a 10 µm (PM10)	120 µg/m ³ (percentil 98 promedio de 24 h)	24 h	50 µg/m ³ (promedio aritmético anual)
Partículas con diámetro menor a 2.5 µm (PM2.5)	65 µg/m ³ (percentil 98 promedio de 24 h)	24 h	15 µg/m ³ (promedio aritmético anual)
Plomo (Pb)	-	-	1.5 µg/m ³ (promedio aritmético en 3 meses)

Fuente: Instituto Nacional de Ecología (INE). Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire <http://sinaica.ine.gob.mx/estandares.html>

¹ Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994.

² Diario Oficial de la Federación del 30 de octubre del 2002.

³ Diario Oficial de la Federación del 26 de septiembre del 2005.

Cuadro 5-3. Efectos en la salud de los niños por contaminantes atmosféricos en exteriores e intramuros^{22,23}

Agentes	Población más susceptible	Efectos clínicos	Mecanismo/comentarios
Partículas (PM ₁₀ PM _{2.5})	Asmáticos	Aumento en mortalidad respiratoria Aumento en visitas de urgencia y hospitalización por condiciones respiratorias Aumento en síntomas respiratorios Decremento en funciones pulmonares Aumento en la exacerbación de asma Aumento en prevalencia de bronquitis crónica Aumento en marcadores de inflamación Catarro y exacerbación de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica	Irritación bronquial, inflamación e incremento de la reactividad Reducción de la respuesta de los macrófagos y quizá reducción de la inmunidad local Reacción fibrótica Efectos observados con exposición únicamente a partículas o en combinación con SO ₂ Efectos probables - Infecciones respiratorias agudas - Decremento en el crecimiento pulmonar - Bajo peso al nacer - Aumento en mortalidad postneonatal
Dióxido de azufre (SO ₂)	Asmáticos	Aumento en síntomas respiratorios y en broncoconstricción Catarro y exacerbación de asma Exacerbación de enfermedad pulmonar obstructiva crónica Enfermedad cardiovascular	Gas muy soluble con poca penetración en la parte distal de las vías aéreas La exposición aguda incrementa la reactividad bronquial En el largo plazo es difícil de disociar de los efectos de las partículas
Aerosoles ácidos	Asmáticos	Aumento en enfermedades respiratorias Decremento en función pulmonar	No existen estándares para este contaminante. Efectos en combinación con ozono y partículas
Ozono (O ₃)	Niños asmáticos haciendo ejercicio	Aumento de visita de urgencia y hospitalización por enfermedades respiratorias Síntomas asmáticos Aumento de hiperreactividad bronquial Decremento en funciones pulmonares Inflamación pulmonar Aumento en síntomas respiratorios Decremento en la capacidad por ejercicio	Efectos observados por debajo del estándar de la EPA Efectos observados en combinación con partículas y aerosoles ácidos Efectos probables: - Agravación de infecciones respiratorias agudas - Bronquiolitis crónica con exposición crónica - Decremento en el crecimiento pulmonar
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Asmáticos	Aumento en morbilidad respiratoria Aumento en reactividad de las vías Decremento en funciones pulmonares Aumento en síntomas respiratorios Aumento en enfermedades respiratorias Catarro y exacerbación de asma	La exposición aguda incrementa la reactividad bronquial La exposición a largo plazo incrementa la susceptibilidad a infecciones virales y bacterianas en los pulmones Efectos que ocurren por concentraciones encontradas en interiores de fuentes de combustión no cuantificadas Efectos probables: - Decremento en el crecimiento pulmonar en combinación con partículas y ozono
Monóxido de carbono (CO)		Decremento en capacidad de ejercicio Bajo peso al nacer (carboxihemoglobina fetal 2 a 10% o mayor) Incremento de muertes perinatales Dolor de cabeza, mareos	Enlace con la hemoglobina para producir carboxihemoglobina, la cual reduce la disponibilidad del oxígeno en órganos clave y en el desarrollo del feto Efecto se incrementa con anemia Efectos probables - Parto prematuro
Hidrocarburos aromáticos policíclicos		Cáncer de pulmón Cáncer de boca, nasofaringe y laringe	Carcinogenicidad
Humo de biomasa, (aromáticos policíclicos e iones de metales)		Cataratas	Absorción de toxinas a través del lente ocular, que produce cambios oxidativos

© Editorial El Manual Moderno Fotocopiar sin autorización es un delito

instalación de filtros en un silo de semillas de frijol de soya en Barcelona, España.

• **Métodos.** Se midió la concentración de alérgenos de frijol de soya en 136 muestras de aire recolectadas

durante nueve meses antes y 24 meses después de la instalación de filtros. Se compararon el número de días en los que hubo un incremento en las visitas esperadas por asma a la sala de urgencias, el

número de días en los que el número de visitas a la sala de urgencias por asma en un periodo de cuatro horas fue tan alto que no es probable que se deba al azar, y el promedio diario de admisiones a la sala de urgencias y a la unidad de cuidado intensivo por asma durante un periodo total de 60 meses antes y después de la instalación de los filtros. Se determinaron en 38 pacientes los anticuerpos IgE contra alérgenos de frijol de soya medidos antes y después de la instalación.

- **Resultados.** La concentración de alérgenos en el aire disminuyó de 324 a 25 U/m³ después de la instalación ($p < 0.001$). El número de días con visitas al hospital por asma superior a lo usual y el número de días con epidemias de asma disminuyeron de forma significativa de 29 a 6 y de 18 a 0 de manera respectiva. El promedio de días de admisión a urgencias y a la unidad de cuidados intensivos por asma pasaron de 8.3 a 5.4 y de 0.26 a 0.01 de manera respectiva. El promedio de anticuerpos IgE en los 38 pacientes estudiados disminuyó de 2 unidades de referencia por mililitro a 1 ($p < 0.001$).
- **Conclusiones.** La instalación de filtros en los silos previene la diseminación aérea de alérgenos de polvo de frijol de soya, elimina los brotes de asma provocados por inhalación de polvo, lo que apoya la idea que el evitar los alérgenos ayuda a la prevención del asma.

Biomasa

Se considera biomasa a toda la materia orgánica no fósil de origen biológico. Cerca de la mitad de la población en el mundo (alrededor de 90% en las zonas rurales), aún utilizan combustibles derivados de biomasa obtenidos de plantas y animales de manera intencional quemados para cocinar y calentar sus hogares.²³

En México, cerca de 25 millones de personas recurren a la biomasa como principal fuente energética para cocinar a diario.

La OMS atribuye a la contaminación atmosférica intramuros alrededor de 1 849 000 muertes cada año en los países en desarrollo y el Banco Mundial estima que 400 millones de niños y 700 millones de mujeres están expuestos a graves condiciones de contaminación intramuros.²³ Las infecciones respiratorias agudas constituyen el efecto más importante de la contaminación de este tipo (cuadro 5-3).

El estudio de caso que a continuación se presenta muestra una intervención en salud ambiental para reducir la contaminación intramuros y los efectos res-

piratorios de la misma. Dicho estudio contribuye a enriquecer los resultados encontrados en otras partes del mundo que demuestran el efecto protector de las estufas mejoradas contra enfermedades respiratorias. Además, los resultados encontrados se han corroborado con nuevos estudios realizados en México como el de la meseta Michoacana.²⁵

Estudio de caso: estufas mejoradas²⁶

- **Objetivos.** Evaluar los beneficios en salud del uso de estufas mejoradas tipo Ceta comparando a las familias que utilizaban dichas estufas (grupo de intervención) con las que utilizaban el fogón tradicional (grupo control).

¿Por qué es importante estudiar el efecto del humo de leña sobre la salud?

- **Material y métodos.** Estudio longitudinal efectuado entre abril y diciembre de 1997 en Santa Martha (56 familias) y San Pedro (11 familias), Chiapas, México. Se determinaron los niveles de partículas suspendidas, la cantidad de madera utilizada y los síntomas respiratorios presentados en niños y mujeres expuestos al humo de madera, además de otras variables como las condiciones de la vivienda, el estado nutricional de los niños y las diferencias en periodo de lluvias y de sequía.

¿Cuáles crees que sean los obstáculos encontrados al promover el uso de estufas mejoradas?

- **Análisis estadístico.** Frecuencias simples, análisis bivariado, regresión de Poisson, modelo multivariado con las variables significativas en el análisis bivariado.
- **Resultados.** La concentración de partículas menores a 10 μm de diámetro fue significativamente menor ($p = 0.03$) en los hogares con estufas mejoradas en el área de la cocina, área en donde los niños de manera habitual juegan (158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vs 305 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Los modelos multivariados muestran que el uso de estufas mejoradas tiende a proteger a los niños contra síntomas como los del resfriado común (RR 0.24; 95% CI 0.05, 1.02). El uso de mayores cantidades de leña para cocinar (en los fogones tradicionales) se asocia a un mayor riesgo de presentar problemas para respirar y de presentar el resfriado común en mujeres (RR 1.15; 95% CI 1.04, 1.27).
- **Conclusión.** A pesar de las limitaciones del estudio (tamaño de muestra pequeño además de que no todas las estufas mejoradas estaban en ópti-

mas condiciones) se puede concluir que el uso de estufas mejoradas reduce el riesgo de síntomas respiratorios que pueden contribuir al surgimiento de enfermedades respiratorias graves y a un incremento en la mortalidad.

Agua

Cada día son más los riesgos vinculados al deterioro de la calidad del agua, además, su escasez genera conflictos, conduce a la degradación del suelo y a la pobreza.^{15, 27} Un porcentaje elevado de todas las enfermedades en países en desarrollo se atribuye a la carencia de agua segura y a los medios apropiados para la disposición de excretas; asimismo, las enfermedades diarreicas son la causa principal de alrededor de cuatro millones de muertes de niños cada año.¹⁵

Las investigaciones y evidencia epidemiológica han permitido establecer lineamientos y regulaciones relacionados con la calidad del agua (cuadro 5-4), aunque también el umbral "permisible" se ve influido por intereses económicos, políticos y sociales.²⁷

La contaminación del agua puede ser biológica (p. ej., bacterias, virus), química (metales pesados, plaguicidas) o física (por radiación).²⁷

En el cuadro 5-4 se incluyen algunos de los efectos en la salud de los principales contaminantes químicos del agua, así como los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud, de la EPA y de las normas oficiales mexicanas para cada uno de estos contaminantes.

A continuación se presenta un estudio de caso que muestra los factores de riesgo asociados a infecciones intestinales por *Giardia intestinalis* en niños de México en el Distrito Federal.

Estudio de caso: riesgo de infección por *Giardia intestinalis* en niños de México en el Distrito Federal²⁸

- **Objetivo.** Evaluar el riesgo de infección por *Giardia intestinalis* en niños cuyos hogares son abastecidos de agua potable proveniente de fuentes subterráneas recargadas de forma artificial y de reuso. Se sabe que los quistes de este tipo de protozooario son resistentes a las prácticas comunes de desinfección como la cloración.
- **Material y métodos.** Se efectuaron dos encuestas transversales en 750 hogares de Xochimilco, México, seleccionadas de forma aleatoria de noviembre a mayo 2000-2001 y de junio a octu-

bre 2001 (temporada de lluvias). A través de cuestionarios estructurados se obtuvo información sobre variables socioeconómicas, abastecimiento de agua, saneamiento e higiene. Se tomaron igualmente muestras fecales de los 986 niños participantes y 30 muestras de agua de cinco pozos; en ambas muestras, se buscaron quistes de *Giardia intestinalis*.

- **Análisis.** Regresión logística múltiple.
- **Resultados.** Se encontraron quistes en las muestras de agua de tres de los pozos. La prevalencia de infección por *G. intestinalis* en temporada de lluvias fue de 9.4% y en temporada de sequía fue de 4.4%. Aunque no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de quistes en las muestras de agua y la infección en niños abastecidos por esos pozos, se pudieron detectar algunos factores de riesgo como una menor tasa de infección en las niñas en comparación con los niños (razón de posibilidades [odds ratio], OR del inglés) 0.55; 95% CI 0.34, 0.88), un mayor riesgo en los que almacenan el agua en recipientes sin tapa (OR 4, CI 4.69, 5.43 para jarras, cisternas y cubetas de manera respectiva), en los que no recurren a un servicio de pipa para adquirir el agua (OR 2.08; 95% CI 1.25, 4.84), en los niños cuyas familias presentan prácticas inseguras de higiene alimentaria (OR 2.41; 95% CI 1.10, 5.30) y en los niños con hábitos deficientes en el lavado de manos (OR 2.27; 95% CI 1.00, 5.20).
- **Conclusión.** Se demostró la presencia de quistes de *G. intestinalis* en la fuente de agua subterránea lo que incita a las autoridades a la formulación de políticas o lineamientos más estrictos en el proceso de recarga artificial de agua subterránea. Por otro lado, los factores de riesgo socio-culturales detectados son de utilidad para el diseño de intervenciones que rompan con la cadena de transmisión de enfermedades infecciosas intestinales.

¿De acuerdo con los factores de riesgo detectados, qué intervenciones propones?

TEMAS ACTUALES DE LA SALUD AMBIENTAL

INTERACCIÓN GEN-AMBIENTE

Los conocimientos de la genómica han permitido abrir un campo nuevo sobre la relación gen-ambiente. Los primeros resultados sugieren que susceptibilidades genéticas individuales pueden provocar que

Cuadro 5-4. Límites permisibles de químicos en el agua, fuentes y efectos en la salud

Característica	OMS mg/L	Estándares de la EPA (USA) mg/L	Norma Oficial Mexicana * NOM-127 mg/L	Fuentes	Efectos en salud por arriba de este umbral
Arsénico	0.01 (p)	0.005	0.025 (**)	Naturales y descargas industriales	Lesiones cutáneas, cáncer de piel, pulmón, vías urinarias, entre otros
Bario	0.7	2.0	0.7	Antropogénicas en especial	Escasamente documentados
Cadmio	0.003	0.005	0.005	En aguas superficiales por descargas industriales, lixiviados, materiales de tuberías, soldaduras	La exposición aguda produce desórdenes gastrointestinales y efectos renales como proteinuria, glucosuria y aminoaciduria. En exposiciones altas produce daño renal irreversible
Cianuro	0.07	0.2	0.07	Descargas de industrias que procesan metales, manufactura de coque, gas e industrias químicas	Las dosis elevadas son fatales. A dosis bajas no hay daño en humanos
Cromo total	0.05 (p)	0.1	0.05	Efluentes industriales	El cromo hexavalente a dosis elevadas produce necrosis hepática y nefritis. A dosis bajas produce irritación de la mucosa gastrointestinal
Fluoruros	1.5	4.0	1.5	Natural. Concentraciones altas en áreas con minerales con flúor, por fluoración o por descargas industriales	Cuando se aplica a los dientes, reduce la solubilidad del esmalte bajo condiciones de acidez, protegiendo contra la caries dental. A dosis elevadas produce gastroenteritis hemorrágica
Manganeso	0.5 (p)	0.05 (a)	0.15	Descargas industriales, alimentos	Problemas neurológicos, alteraciones motoras
Mercurio	0.001	0.002	0.01	Efluentes industriales, actividades mineras. Agricultura	Trastornos neurológicos y renales, por compuestos de mercurio orgánicos e inorgánicos, de manera respectiva. Embriotóxico y teratogénico
Plomo	0.01	---	0.01	En aguas superficiales proviene de descargas industriales. En agua de grifo por el uso de tuberías con plomo	A dosis muy elevadas constituye un veneno metabólico general y acumulativo. Concentraciones altas producen encefalopatía y problemas de comportamiento en niños, y a dosis bajas afecta el desarrollo neuroconductual. La exposición oral tiene efectos cardiovasculares en niños y adultos. La exposición prenatal se ha asociado a retraso en el crecimiento, bajo peso, prematuridad y retraso neuroconductual
Compuestos orgánicos Aldrin y dieldrin (separados o combinados)	µg/L 0.03	---	0.03	Antropogénicas en especial	La exposición prolongada a concentraciones moderadas produce cefalea, vértigo, irritabilidad, vómitos o movimientos tónico crónicos. Basado en estudios en animales, la EPA ha determinado un probable efecto carcinogénico en seres humanos
Benceno	10.0	0.005	10.0	Antropogénicas en especial	La exposición breve (5 a 10 min) a concentraciones muy altas de benceno en el aire (10 000 a 20 000 ppm) puede producir la muerte. Concentraciones más bajas (700 a 3 000 ppm) pueden producir letargo, vértigo, taquicardia, cefalea, disinesia, confusión y pérdida del conocimiento. La ingestión de alimentos o bebidas con altas concentraciones de benceno puede producir vómitos, síntomas gastrointestinales, vértigo, somnolencia, convulsiones, taquicardia, coma y la muerte. Tanto la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer como la EPA han determinado que el benceno es carcinogénico en seres humanos
DDT (total de isómeros)	2.0	---	1.0	Antropogénicas en especial	Bajo peso al nacer, aborto, gran susceptibilidad de infecciones en la niñez, efectos en el sistema nervioso

(a) Regulaciones secundarias para el agua potable, que tratan sobre efectos cosméticos del agua, como la decoloración del diente, o estéticos, como el olor y sabor del agua. (c) No constituye propiamente un estándar, sino el nivel en el cual es esperable que haya quejas por parte de los consumidores. (p) Límite provisional sugerido por la OMS. *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de junio del 2000. **para el año 2005*** cloro residual libre. Adaptado de referencia 27.

algunos contaminantes afecten más a ciertas personas. Se sabe que algunos polimorfismos genéticos afectan la síntesis de enzimas involucradas en la respuesta de estrés oxidativa, como es el caso del gen glutatión-S-transferasa M1 (GSTM1), lo cual puede incrementar la susceptibilidad al ozono e incrementar la respuesta alérgica ante la exposición al diesel.^{21, 29} Además, se ha observado en un estudio de intervención aleatorizada que la administración de un suplemento de antioxidantes como vitaminas C y E mitiga el efecto del ozono en individuos con este tipo de polimorfismo.²⁹

CAMBIO CLIMÁTICO

En los últimos años, se ha generado evidencia de los cambios que ha sufrido el clima a nivel mundial como consecuencia de varias de las actividades de los seres humanos. Los efectos en la salud poblacional debido al cambio climático están aún por documentarse completamente, pero existen evidencias sobre su efecto en las enfermedades transmitidas por vectores (dengue, paludismo, chagas), en los golpes de calor en especial en mayores de 65 años, en el incremento de las enfermedades respiratorias debido a la interacción con contaminantes atmosféricos, en las enfermedades diarreicas en niños, y en las muertes y heridos por traumatismos debidos al aumento en intensidad y número de los huracanes.³⁰

En México son muy recientes los estudios sobre este tema y deben vincularse también a los aspectos de vulnerabilidad en cada región.

NIÑOS

Muchos de los esfuerzos en investigación en salud ambiental a lo largo del planeta se han dirigido a los niños, ya que la evidencia indica que son más vulnerables a peligros ambientales que los adultos³¹ por varias razones:¹⁵

- El efecto de una agresión ambiental puede interferir con su desarrollo.
- Los niños son en general menos capaces de metabolizar y de eliminar tóxicos.
- Al estar en un estadio de crecimiento rápido, incrementan su susceptibilidad a compuestos tóxicos.
- Por ser más pequeños y por estar en desarrollo, su capacidad respiratoria, es proporcionalmente mayor y aspiran más contaminación del aire en relación a su peso corporal que un adulto en circunstancias similares.
- Tienen una oportunidad mayor de experimentar efectos crónicos de exposición a peligros ambienta-

les que los adultos, puesto que es más probable que los niños vivan más allá del periodo de latencia de las enfermedades asociadas al deterioro y contaminación del ambiente.

- Ciertas enfermedades son más frecuentes en la niñez (por ejemplo asma), y las concentraciones altas de toxinas (como la contaminación del aire) los afectarán antes a ellos que a los adultos.
- Los ambientes físicos de los niños son diferentes a los de los adultos. Por ejemplo, los niños pequeños, al vivir cerca del suelo se exponen a contaminantes en la tierra y el polvo.
- Pueden ser vulnerables en un sentido social cuando provienen de familias pobres además de contar con menos capacidad para protegerse a sí mismos.
- Por estado de malnutrición y condiciones de vida, pueden estar expuestos a varios contaminantes que pueden actuar en sinergismo.

APLICACIÓN/SERVICIOS EN SALUD AMBIENTAL

La parte operativa de la salud ambiental en México se lleva a cabo en especial por la Secretaría de Salud. Desde julio del 2001, se reestructuró el Sistema Nacional de Regulación Control y Fomento Sanitario, al crear la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).³²

La COFEPRIS es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Salud que tiene como misión proteger a la población contra riesgos sanitarios, para lo cual integra el ejercicio de la regulación, control y fomento sanitario bajo un solo mando, dando unidad y homogeneidad a las políticas que se definan.

A la par de esta Comisión, se estableció el Sistema Federal Sanitario conformado por todas las entidades federativas con el objeto de organizar y armonizar en toda la República Mexicana las acciones de control, vigilancia y fomento sanitario.

Algunas entidades federativas reestructuraron su organigrama y cuentan en la actualidad con comisiones estatales para la protección contra riesgos sanitarios, en otras perdura la estructura de direcciones de regulación sanitaria. Sin embargo, todos las entidades federativas, a través de los servicios de salud, tienen un espacio para la regulación, control y fomento sanitario en materia de salud ambiental y ocupacional, cuyo objetivo es contribuir a la disminución de riesgos a la salud de la población en general y del personal ocupacionalmente expuesto, a través de la vigilancia del cum-

plimiento de la normatividad y del fortalecimiento de actividades de fomento al saneamiento básico.

Dichas áreas de salud ambiental se encargan de vigilar el uso o exposición a plaguicidas, los nutrientes vegetales, las sustancias tóxicas y radiaciones, la disposición sanitaria de excretas y de residuos sólidos, la calidad sanitaria de agua para uso y consumo humano y la fauna nociva y transmisora.

Una parte importante de la aplicación de la salud ambiental en México se da a través de programas como los de control de dengue y paludismo, los de contingencias ambientales, y a través de algunos componentes del sistema de vigilancia epidemiológica.

EL MÉDICO FRENTE A LOS RIESGOS AMBIENTALES

A pesar de que se le dedica poco tiempo durante los estudios de medicina a adquirir un entrenamiento en riesgos ambientales y a sus asociaciones con enfermedades,³³ en muchas ocasiones es el médico general o el pediatra quien tiene el primer contacto ante padecimientos provocados por factores ambientales.

Algunas organizaciones como las Unidades Pediátricas Ambientales han recalcado la importancia de mejorar las habilidades de los médicos para enfrentar este tipo de efectos que van desde las tradicionales enfermedades asociadas al agua o a los alimentos contaminados, hasta aquellas que se derivan de la exposición a tóxicos químicos u otros riesgos ambientales. Para lograr este propósito, se han propuesto algunos cuestionarios y algunas publicaciones, como el manual pediátrico de salud ambiental, dirigidos a pediatras y a médicos generales, como herramientas para considerar y explorar la historia de exposiciones a riesgos ambientales durante la práctica clínica.³³ Dichos cuestionarios incluyen preguntas como las características de la vivienda y de los lugares en donde el niño (o el paciente) pasa la mayor parte del tiempo, los hábitos familiares de fumar, los factores asociados al agua y a los alimentos, la exposición solar y las posibles exposiciones laborales, entre otros.

A continuación se presenta, a manera de ejemplo, una evaluación clínica ante una posible intoxicación por plomo en niños.

- **Ejemplo:** un niño con concentraciones de plomo en sangre $> 60 \mu\text{g}/\text{dL}$ se puede quejar de cefaleas, dolor abdominal, pérdida de apetito, constipación y presentar torpeza, agitación, somnolencia y decremento de la actividad; éstos son síntomas que

muestran una implicación del sistema nervioso central y pueden preceder a vómitos, estupor y convulsiones.³³ Es importante reconocer que los primeros síntomas son muy inespecíficos, sobre todo a menores concentraciones en sangre y que el médico tendrá que pensar en el diagnóstico de intoxicación por plomo dependiendo de las condiciones de vida y de la exposición del niño.

Se deberá realizar la historia clínica del niño, preguntando sobre: síntomas, desarrollo del niño, hábitos como llevarse cosas a la boca, determinaciones pasadas de concentraciones de plomo en sangre, historial familiar de intoxicación por plomo. Asimismo, se deberá preguntar acerca de la historia medioambiental como: características de la vivienda (edad, condición, remodelaciones, pintura), posibilidades de que el niño haya estado expuesto a pintura con plomo, historial ocupacional y recreativo de los adultos con quienes el niño convive, otras potenciales fuentes locales de plomo (como el uso de loza vidriada).

Se efectuará la historia nutricional del niño recabando datos relacionados con la dieta y las concentraciones de hierro en la sangre así como la exploración física del menor orientada en especial en los aspectos neurológicos, en el desarrollo psicosocial y del lenguaje.³³

La eliminación es el paso más importante del tratamiento de intoxicación por plomo. Se deben tratar las deficiencias de hierro, de calcio y de zinc y se recurre a un tratamiento con quelantes. De ser necesario, se recomienda consultar a un pediatra con experiencia en este tipo de problemas.³³

INSTITUCIONES EN MÉXICO QUE TIENEN RELACIÓN CON EL SECTOR DE LA SALUD AMBIENTAL

Los cambios presentados en la concepción de la salud ambiental a partir de los años setenta se han acompañado de una reestructuración institucional. Por ejemplo, en México, en 1972 se crea la primera subdirección de Mejoramiento del Ambiente en el marco de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Actualmente, sin pretender nombrarlas a todas, las instituciones que desempeñan una función, ya sea normativa, regulatoria, operativa, en investigación o en formación en el campo de la salud ambiental son (además de la COFEPRIS y el sistema federal sanitario ya mencionados):

- **El Instituto Nacional de Ecología (INE)**, creado en 1992, es actualmente un órgano desconcentrado de

plimiento de la normatividad y del fortalecimiento de actividades de fomento al saneamiento básico.

Dichas áreas de salud ambiental se encargan de vigilar el uso o exposición a plaguicidas, los nutrientes vegetales, las sustancias tóxicas y radiaciones, la disposición sanitaria de excretas y de residuos sólidos, la calidad sanitaria de agua para uso y consumo humano y la fauna nociva y transmisora.

Una parte importante de la aplicación de la salud ambiental en México se da a través de programas como los de control de dengue y paludismo, los de contingencias ambientales, y a través de algunos componentes del sistema de vigilancia epidemiológica.

EL MÉDICO FRENTE A LOS RIESGOS AMBIENTALES

A pesar de que se le dedica poco tiempo durante los estudios de medicina a adquirir un entrenamiento en riesgos ambientales y a sus asociaciones con enfermedades,³³ en muchas ocasiones es el médico general o el pediatra quien tiene el primer contacto ante padecimientos provocados por factores ambientales.

Algunas organizaciones como las Unidades Pediátricas Ambientales han recalcado la importancia de mejorar las habilidades de los médicos para enfrentar este tipo de efectos que van desde las tradicionales enfermedades asociadas al agua o a los alimentos contaminados, hasta aquellas que se derivan de la exposición a tóxicos químicos u otros riesgos ambientales. Para lograr este propósito, se han propuesto algunos cuestionarios y algunas publicaciones, como el manual pediátrico de salud ambiental, dirigidos a pediatras y a médicos generales, como herramientas para considerar y explorar la historia de exposiciones a riesgos ambientales durante la práctica clínica.³³ Dichos cuestionarios incluyen preguntas como las características de la vivienda y de los lugares en donde el niño (o el paciente) pasa la mayor parte del tiempo, los hábitos familiares de fumar, los factores asociados al agua y a los alimentos, la exposición solar y las posibles exposiciones laborales, entre otros.

A continuación se presenta, a manera de ejemplo, una evaluación clínica ante una posible intoxicación por plomo en niños.

- **Ejemplo:** un niño con concentraciones de plomo en sangre $> 60 \mu\text{g/dL}$ se puede quejar de cefaleas, dolor abdominal, pérdida de apetito, constipación y presentar torpeza, agitación, somnolencia y decremento de la actividad; éstos son síntomas que

muestran una implicación del sistema nervioso central y pueden preceder a vómitos, estupor y convulsiones.³³ Es importante reconocer que los primeros síntomas son muy inespecíficos, sobre todo a menores concentraciones en sangre y que el médico tendrá que pensar en el diagnóstico de intoxicación por plomo dependiendo de las condiciones de vida y de la exposición del niño.

Se deberá realizar la historia clínica del niño, preguntando sobre: síntomas, desarrollo del niño, hábitos como llevarse cosas a la boca, determinaciones pasadas de concentraciones de plomo en sangre, historial familiar de intoxicación por plomo. Asimismo, se deberá preguntar acerca de la historia medioambiental como: características de la vivienda (edad, condición, remodelaciones, pintura), posibilidades de que el niño haya estado expuesto a pintura con plomo, historial ocupacional y recreativo de los adultos con quienes el niño convive, otras potenciales fuentes locales de plomo (como el uso de loza vidriada).

Se efectuará la historia nutricional del niño recabando datos relacionados con la dieta y las concentraciones de hierro en la sangre así como la exploración física del menor orientada en especial en los aspectos neurológicos, en el desarrollo psicosocial y del lenguaje.³³

La eliminación es el paso más importante del tratamiento de intoxicación por plomo. Se deben tratar las deficiencias de hierro, de calcio y de zinc y se recurre a un tratamiento con quelantes. De ser necesario, se recomienda consultar a un pediatra con experiencia en este tipo de problemas.³³

INSTITUCIONES EN MÉXICO QUE TIENEN RELACIÓN CON EL SECTOR DE LA SALUD AMBIENTAL

Los cambios presentados en la concepción de la salud ambiental a partir de los años setenta se han acompañado de una reestructuración institucional. Por ejemplo, en México, en 1972 se crea la primera subdirección de Mejoramiento del Ambiente en el marco de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Actualmente, sin pretender nombrarlas a todas, las instituciones que desempeñan una función, ya sea normativa, regulatoria, operativa, en investigación o en formación en el campo de la salud ambiental son (además de la COFEPRIS y el sistema federal sanitario ya mencionados):

- **El Instituto Nacional de Ecología (INE)**, creado en 1992, es actualmente un órgano desconcentrado de

la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) cuya misión es “la generación de información científica y técnica sobre problemas ambientales y la capacitación de recursos humanos, para informar a la sociedad, apoyar la toma de decisiones, impulsar la protección ambiental, promover el uso sustentable de los recursos naturales, y apoyar a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales en el cumplimiento de sus objetivos”³⁴ (<http://www.ine.gob.mx/index.php>). Mantiene estrecha relación, con la Procuraduría General de Protección al Ambiente (PROFEPA) ahora con COFEPRIS.

- **El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)**, creado en 1986, coordinado en la actualidad por la Secretaría del Medio Ambiente y de Recursos Naturales, cuya misión es: “realizar investigación, desarrollar, adaptar y transferir tecnología, prestar servicios tecnológicos y preparar recursos humanos calificados para el manejo, la conservación y la rehabilitación del agua y su entorno, a fin de contribuir al desarrollo sustentable.”³⁵ <http://www.imta.mx/>
- **El Instituto Nacional de Salud Pública (INSP)**, en especial a través de la Dirección de Salud Ambiental, se encarga de efectuar investigación en temas prioritarios de salud ambiental como son: riesgos por exposición a contaminantes atmosféricos, efectos a la salud de plaguicidas, metales pesados, agua insegura, cambio climático, control y prevención de dengue, entre otros. También imparte una maestría en ciencias de la salud con énfasis en salud ambiental.³⁶ <http://www.insp.mx/> y otra en protección y riesgos sanitarios.
- **Las Unidades Pediátricas Ambientales** en Cuernavaca y en San Luis Potosí (SLP). La primera tiene como misión “proteger a la población infantil de los riesgos generados por los contaminantes presentes en el medio ambiente y fortalecer las acciones de salud pública relacionadas con la salud ambiental, así como incrementar el acervo de conocimientos sobre temas de salud ambiental”, la de SLP, llamada “Consortio académico niños ambiente y salud (CANICAS)” tiene como objetivos el diseño de un programa para la salud infantil para sitios contaminados con Pb y As, la elaboración de material didáctico y la evaluación de su efecto en comunidades específicas.
- Algunas **universidades** a lo largo del país, como la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, a través de su programa multidisciplinario de posgrado en Ciencias Ambientales; la Universidad de Guadalajara a través del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias en coordinación con el

Centro Universitario de Ciencias de la Salud, que ofrece líneas de investigación y una maestría en ciencias de la salud ambiental; el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Pública de la Universidad Autónoma del Estado de México y las maestrías en salud en el trabajo de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

- **Organizaciones no gubernamentales** como *Green-peace-México*, Fundación México EUA para la Ciencia, y otras.

Es importante recalcar que, a través de los años, ha crecido el interés por el vínculo entre salud y medio ambiente. Algunas veces, esta intersección se da por medio de la cooperación entre instituciones de salud e instituciones del medio ambiente como es el caso entre el INE y la COFEPRIS, otras mediante la creación de departamentos internos como es el caso de la dirección de Salud Ambiental del INSP.

Por otro lado, a la par de las instituciones nacionales, algunos organismos internacionales tienen influencia en las acciones e investigaciones en salud ambiental en México, porque vivimos en una época de globalización y porque muchos de los problemas en salud ambiental son compartidos en todo el planeta.

De esta forma, la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud contribuyen a la reestructuración y tendencias de la salud ambiental en México, a través de sus lineamientos, recomendaciones, planes regionales de acción y oficinas representantes en México. Otro ejemplo es la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) creada en 1994 como complemento de las disposiciones ambientales del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC), para la protección del medio ambiente compartido por México, EUA y Canadá, para prevenir posibles conflictos ambientales derivados de la relación comercial y para promover la aplicación efectiva de la legislación ambiental.

También está el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) coordinado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) que evalúa la información disponible sobre cambio climático, sus impactos socioeconómicos y ambientales y formula estrategias de respuesta.

Por último, está el Centro de Investigación para el Desarrollo Internacional (IDRC, por sus siglas en inglés), que es un organismo canadiense que apoya con capacitación y financiamiento a proyectos de salud ambiental (y otros temas) bajo un enfoque ecosistémico.

CONCLUSIONES

La salud ambiental es un área de la salud pública en desarrollo que enfrenta diferentes retos: los provenientes del rezago epidemiológico como la contaminación biológica del agua; la incorporación progresiva de sustancias químicas al ambiente con las que la población entra en contacto; los problemas como el cambio climático y la globalización que generan retos inéditos sobre investigación y protección a las poblaciones, en especial las más vulnerables.

Los avances científicos y tecnológicos han permitido enfrentar algunos de estos retos e iniciar la comprensión de la relación entre las poblaciones y los contaminantes, sin embargo, el trabajo interdisciplinario es fundamental. El área de salud ambiental reúne a profesionales de diversas disciplinas, como la epidemiología genética, la vigilancia epidemiológica ambiental, la comunicación de riesgos y la promoción de la salud ambiental, que están en las primeras etapas de desarrollo en México. La medicina desempeña una función fundamental en el área de salud ambiental a través de ramas como la fisiología, neurología, a embriología y genómica. En muchas ocasiones el médico será la primera persona que detecte un efecto en la salud provocado por alteraciones o contaminación del medio ambiente, de ahí la importancia de conocer no sólo los principales síntomas y padecimientos provocados por contaminantes químicos, físicos y biológicos y la manera de tratarlos, sino también, la estructura operativa del área de salud ambiental en México, las prioridades de investigación en el área, las principales estrategias para comprender, evaluar y solucionar problemas de salud ambiental, los recursos institucionales que intervienen en el campo y las competencias de los profesionales de la salud ambiental.

PREGUNTAS DE EVALUACIÓN

1. ¿Qué importancia tiene para el médico en formación tener conocimientos sobre salud ambiental?
En todas las latitudes del planeta, la intervención del hombre ha ocasionado el incremento de fuentes de contaminación y no parece que en el corto plazo se tomen medidas de fondo para enfrentar los problemas que dicha contaminación ha ocasionado. En este contexto, el médico es el profesional que puede realizar un diagnóstico oportuno y preciso sobre los padecimientos que presente la población, sobre todo en el caso de los niños; de otra manera, puede ocurrir que se asignen tratamientos
2. ¿Por qué se dice que el enfoque ecosistémico constituye una alternativa para abordar y entender los problemas de salud ambiental?
El enfoque ecosistémico no se ocupa sólo de los síntomas o de la dimensión física u orgánica del padecimiento que presenta un paciente, sino que toma en cuenta la manera diferencial en que el medio ambiente influye en los individuos, tanto a nivel doméstico, como a nivel laboral, tanto por la edad del sujeto como por otras características relevantes. En este enfoque se considera la relación que el individuo establece con el entorno a través de costumbres, valores y prácticas que requieren ser modificadas para evitar que el problema de salud continúe. Asimismo, la salud ambiental ofrece información importante para el establecimiento de normas que protejan la salud de las personas.
3. ¿Cómo se define la estrategia de evaluación de riesgos?
Se trata de un proceso cuantitativo que permite identificar la naturaleza y magnitud de los riesgos potenciales para la salud pública, provocados por cualquier agente contaminante. Su aplicación hace posible obtener información que orienta la toma de decisiones basada en evidencias, de tal suerte que los recursos disponibles se orienten de manera eficaz.
4. ¿Qué datos e información inicial se debe recopilar al efectuar una evaluación de riesgos?
Se deberán revisar estudios previos sobre los efectos tóxicos de determinados contaminantes en humanos y en animales y de la forma en la que los contaminantes pueden estar presentes o transformarse en el ambiente. Se deberá igualmente establecer información sobre la frecuencia, intensidad y dosis de exposición, además de localizar y caracterizar las posibles rutas de exposición (agua, aire, suelo, alimentos) y fuentes de emisión de los contaminantes, así como evaluar las vías de exposición (oral, respiratoria, dérmica, por transferencia placentaria, por inoculación).
5. ¿Por qué son importantes los estudios en epidemiología ambiental?
La epidemiología ambiental permite desarrollar estudios poblacionales para comparar, en determinado momento o a lo largo del tiempo, grupos expuestos contra otros con diferente grado de exposición. Los resultados expresados como riesgos relativos (o

sus aproximaciones) asociados a exposiciones ambientales, representan evidencia científica útil en el diseño de intervenciones y en la formulación de normas y reglamentaciones en el área de salud ambiental a nivel nacional e internacional.

6. ¿Por qué se considera que los niños son una población vulnerable ante los peligros ambientales?

La exposición de los niños a peligros ambientales puede interferir con su desarrollo. La susceptibilidad de este grupo poblacional a compuestos tóxicos se ve incrementada al encontrarse en una etapa de crecimiento rápido. Los niños metabolizan y eliminan compuestos tóxicos con mayor dificultad y aspiran más contaminación del aire en relación a su peso corporal que un adulto en circunstancias similares. Asimismo, al estar expuestos desde temprana edad a algunos compuestos, presentan una mayor probabilidad de efectos crónicos. De forma adicional, por ejemplo, al jugar en el piso, los niños tienen más contacto que los adultos con ciertos ambientes físicos como al polvo y a la tierra. Por otro lado, son más vulnerables socialmente cuando provienen de familias pobres y pueden estar expuestos a varios contaminantes al mismo tiempo que actúen en sinergismo. Los efectos a la salud asociados a peligros ambientales pueden complicarse o agravarse ante un pobre estado nutricional o en presencia de otras enfermedades.

SIGLAS

As: arsénico

ATSDR: agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades

AVAD: años de vida ajustados en función de la discapacidad

BPC: bifenilos poli clorados

CANICAS: consorcio académico niños ambiente y salud

CCA: Comisión para la Cooperación Ambiental

CI: intervalo de confianza

CO: monóxido de carbono

COFEPRIS: Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

DDT: dicloro difenil tricloroetano

EPA: Agencia Protectora del Medio Ambiente de EUA

EUA: EUA de América

GSTM1: gen glutation-S-transferasa M1

HCl: ácido clorhídrico

IDRC: Centro de Investigación para el Desarrollo Internacional

IMTA: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

INE: Instituto Nacional de Ecología

INSP: Instituto Nacional de Salud Pública

IPCC: Panel Intergubernamental para el Cambio Climático

NO₂: Bióxido de nitrógeno

O₃: Ozono

OMM: Organización Meteorológica Mundial

OMS: Organización Mundial de la Salud

OR: odds ratio (razón de posibilidades)

Pb: Plomo

PCR: programa de comunicación de riesgos

PM10: Partículas con diámetro menor a 10 µm

PM2.5: Partículas con diámetro menor a 2.5 µm

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PROFEPA: Procuraduría General de Protección al Ambiente

PST: partículas suspendidas totales

RR: riesgo relativo

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SLP: San Luis Potosí

SO₂: bióxido de azufre

TLC: Tratado de Libre Comercio

E

	"Todo lo que es externo al individuo humano. Puede clasificarse en físico, químico, biológico, social, cultural, entre otros, cualquier cosa o todo lo que puede influir en la condición de salud de la población" (El marco de la salud, 1995). "Conjunto de medios en interacción con el organismo humano a causa de sus actividades". ¹³
Caracterización del riesgo	Etapa del modelo de evaluación de riesgos propuesto por la EPA. Busca contestar las siguientes preguntas: ¿cuál es el riesgo de efectos tóxicos en la población expuesta?, ¿la exposición rebasa el umbral y por lo tanto representa una preocupación ambiental? Integra la información sobre toxicidad obtenida de la evaluación dosis-respuesta y los datos resultantes de la exposición a la sustancia tóxica. Debe considerar las suposiciones hechas a lo largo de los cálculos utilizados y las limitaciones e incertidumbres de los datos.
Dosis aplicada	Cantidad de la sustancia en contacto con una barrera de absorción del cuerpo (p. ej., piel, pulmones, tracto intestinal) y disponible para su absorción.
Dosis efectiva 50 (DE₅₀)	Dosis que provoca algún tipo de efecto en el 50% de los animales de prueba.
Dosis interna	Concentración que logra entrar al cuerpo.
Dosis letal 50 (DL₅₀)	Dosis que mata al 50% de los animales a los que se les suministra.
Dosis potencial o administrada	Cantidad o concentración de la sustancia que entra en contacto con el organismo por cualquiera de sus vías.
Ecosistema	"Sistema de relaciones dinámicas interdependientes entre los organismos vivos y su ambiente...entidad limitada que ha adquirido mecanismos estables propios y un balance interno... Así como el concepto de homeostasis (la capacidad de los sistemas del cuerpo humano para funcionar en una manera coordinada para asegurar la constancia de sus funciones internas) ahora es comprendido y aceptado...que estos complejos mecanismos de compensación parecen aplicarse al ecosistema de la misma manera"
Evaluación de la exposición	Etapa del modelo de evaluación de riesgos propuesto por la EPA. Busca contestar las siguientes preguntas: ¿qué cantidad del contaminante reciben las personas expuestas?, ¿cuántas personas están expuestas? Medición o estimación de la intensidad, frecuencia, ruta y duración de la exposición. Por muestreo biológico (sangre, orina, cabello, entre otros), biomarcadores (cambios medibles de origen bioquímico, fisiológico o morfológico), muestreo ambiental.
Identificación del peligro	Etapa del modelo de evaluación de riesgos propuesto por la EPA. Busca contestar la siguiente pregunta: ¿el contaminante está vinculado con ciertos efectos a la salud? Implica la visita al lugar, recopilación de datos del lugar, revisión de evidencia epidemiológica (riesgo relativo, riesgo atribuible, entre otros), toxicológica (dosis letal 50, dosis efectiva, entre otros), de estudios de mutagenicidad. Depende de: toxicidad del contaminante, duración de la exposición y sensibilidad del receptor.
Interdisciplinariedad	Consiste en la búsqueda sistemática de integración de las teorías, métodos, instrumentos y, en general, fórmulas de acción científica de diferentes disciplinas, a partir de una concepción multidimensional de los fenómenos y del reconocimiento del carácter relativo de los enfoques científicos por separado.
Manejo del riesgo	Etapa del modelo de evaluación de riesgos propuesto por la EPA. Busca contestar la siguiente pregunta: ¿qué se va a hacer para evitar o disminuir el riesgo? Permite evaluar diferentes políticas y alternativas y seleccionar la acción reguladora más apropiada integrando los resultados obtenidos de la evaluación de riesgos, tomando en cuenta los aspectos sociales, económicos y políticos inherentes a la toma de decisiones.
Peligro	"Factor de exposición que puede afectar a la salud adversamente", ⁽¹⁸⁾ puede ser biológico, químico, físico, mecánico o psicosocial.
Riesgo	"La probabilidad de que un evento ocurrirá, por ejemplo, que un individuo llegará a estar enfermo o muerto dentro de un período de tiempo o edad establecido; la probabilidad de un resultado (en general) desfavorable". ¹⁸
Riesgo atribuible	Describe la diferencia entre la probabilidad de desarrollar la enfermedad con y sin exposición.
Riesgo relativo	Proporción del riesgo de enfermedad en la población expuesta entre la proporción de la población no expuesta
Salud	Un estado de completo bienestar físico, mental y social y no meramente la ausencia de enfermedad o incapacidad.

REFERENCIAS

1. Steenberghe EV, Doumont D: L'education relative à la santé environnementale en milieu communautaire un nouveau champ en emergence? 2005.
2. OMS. Comisión Mundial sobre el Ambiente y Desarrollo. WCED 1987.
3. UNEP. Agenda 21. United Nations Environment Programme. Environment for development 1992.
4. WHO. Definition of environmental health. World Health Organization; 2006 [updated 2006; cited 2008]; Available from: <http://www.who.int/phe/en/>
5. Ministros de salud, ambiente y desarrollo. Carta Panamericana sobre salud y ambiente en el desarrollo humano sostenible: CEPIS 1995.
6. CCA. Informe del Secretariado con base en el Artículo 13 del ACAAN sobre movimiento de sustancias tóxicas en América del Norte Eco Región Boletín del Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental 1996.
7. De Koning H, Cantanhede A, Benavides L: Desechos peligrosos y salud en América Latina y El Caribe. CEPIS Publicaciones 1994.
8. Agencia-Europea-del-Medio-Ambiente. Agotamiento del ozono estratosferico. 1998.
9. Riojas RH, Holguin F, González HA, Romieu I: Uso de la variabilidad de la frecuencia cardiaca como marcador de los efectos cardiovasculares asociados con la contaminación del aire. Salud Pública de México. 2006 julio-agosto 48(4):346-355.
10. Bellinger D, Leviton A, Waternaux C *et al.*: Longitudinal analyses of prenatal and postnatal lead exposure and early cognitive development. N Engl J Med 1987;23; 316 (17):1037-1043.
11. Hernández AM, Cortez LM, Muñoz I *et al.*: Lead exposure in developing countries. In: Abraham MG, editor. Lead poisoning prevention and treatment: implementing a national program in developing countries. Bangalore, India: The George Foundation; 1999.
12. Evans J, Fernández BA, Ize LI *et al.*: Introducción al análisis de riesgos ambientales. 1 ed. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT); 2003.
13. Peña C, Carter D, Ayala-Fierro F. Toxicología ambiental. Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. Distributed on the Internet via the Southwest Hazardous Waste Program website at <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/>; 2001.
14. Lacasaña NM, Aguilar GC: Plomo. In: Isabelle R, López S, editors. Contaminación ambiental y salud de los niños en América Latina y el Caribe. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública; 2002.
15. Yassi A, Kiellstrom T, DeKok T, Guidotti T. Salud ambiental básica. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología; 2002.
16. Calabrese EJ: ATSDR Public Health Assessment Guidance Manual. Amherst, USA: CRC-Taylor & Francis; 1992.
17. Mejía J, Carrizales L, Rodríguez V *et al.*: Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras. salud pública de México. 1999;41(S2):S132-S40.
18. Last J: Editor. A Dictionary of Epidemiology, 3 ed., New York: Oxford University Press 1995.
19. Romieu I, Korc M: Contaminación del aire exterior. In: Romieu I, López S, editors. Contaminación ambiental y salud de los niños en América Latina y el Caribe. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública 2002:110-129.
20. Pruss UA, Corvalan C: Ambientes Saludables y prevención de enfermedades. Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente. OMS; 2006.
21. Riojas RH, Holguin F, Gonzalez HA, Romieu I: Use of heart rate variability as a marker of cardiovascular effects associated with air pollution. Salud Pública Mex. 2006;48(4):348-357.
22. Romieu I, Barraza-Villarreal A: Efectos de los contaminantes en el aire exterior sobre la salud de los niños In: Sanchez I, Prado F, editors. Enfoque clínico de las enfermedades respiratorias del niño. Santiago, Chile Universidad Católica de Chile; 2007:475-485.
23. Riojas RH: Contaminación intramuros y efectos a la salud. In: Romieu I, López S, editors. Contaminación ambiental y salud de los niños en América Latina y El Caribe. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública; 2002.
24. Antó JM, Sunyer J, Reed C *et al.*: Preventing asthma epidemics due to soybeans by dust-control measures. New England Journal of Medicine 1993;(9)329: 1760-1763.
25. Riojas RH, Romieu I, Schilman A, Marrón T: Evaluación del impacto en la salud por introducción de estufas mejoradas. Cartel presentado en el XII Congreso de investigación en salud pública 7-9 marzo 2007. [Cartel presentado en el XII Congreso de investigación en salud pública 7-9 marzo 2007.]. In press 2007.
26. Riojas RH, Romano RP, Santos BC, Smith KR: Household firewood use and the health of children and women of indian communities in Chiapas, México. International Journal of occupational and environmental health. 2001;7(1):43-53.
27. Cifuentes E, Carvalho C: Agua y saneamiento básico. In: Romieu I, López S, editors. Contaminación ambiental y salud de los niños en América Latina y el Caribe. 1 ed. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública; 2002:31-49.
28. Cifuentes E, Suárez L, Espinosa M *et al.*: Risk of Giardia intestinalis infection in children from an artificially recharged groundwater area in Mexico City. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 2004;71(1):65-70.
29. Romieu I, Sierra MJ, Ramírez AM *et al.*: Genetic polymorphism of GSTM1 and antioxidant supplementation influence lung function in relation to ozone exposure among asthmatic children in Mexico City. Thorax 2004;59:8-10.

30. WHO. Climate change and human health [cited 2008]; Available from: <http://www.who.int/globalchange/en/>.

31. CCA. Salud infantil y medio ambiente en América del Norte. Un primer informe sobre indicadores y mediciones disponibles. Montreal: Comisión para la cooperación ambiental; 2006.

32. COFEPRIS. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios [cited 2008]; Available from: <http://www.cofepris.gob.mx/>.

33. Etzel R, Balk S: Editors. Handbook of Pediatric Environmental Health. Elk Grove Village, Illinois: American Academy of Pediatrics 1999.

34. INE. Instituto Nacional de Ecología [cited 2008]; Available from: <http://www.ine.gob.mx/index.php>.

35. IMTA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [cited 2008]; Available from: <http://www.imta.mx/>.

36. INSP. Instituto Nacional de Salud Pública [cited 2008]; Available from: <http://www.insp.mx/>.

37. ...

38. ...

39. ...

40. ...

41. ...

42. ...

43. ...

44. ...

45. ...

46. ...

47. ...

48. ...

49. ...

50. ...

51. ...

52. ...

53. ...

54. ...

55. ...

56. ...

57. ...

58. ...

59. ...

60. ...

61. ...

62. ...

63. ...

64. ...

65. ...

66. ...

67. ...

68. ...

69. ...

70. ...

71. ...

72. ...

73. ...

74. ...

75. ...

76. ...

77. ...

78. ...

79. ...

80. ...

81. ...

82. ...

83. ...

84. ...

85. ...

86. ...

87. ...

88. ...

89. ...

90. ...

91. ...

92. ...

93. ...

94. ...

95. ...

96. ...

97. ...

98. ...

99. ...

100. ...