



Salud Pública de México

ISSN: 0036-3634

spm@insp.mx

Instituto Nacional de Salud Pública  
México

Riojas-Rodríguez, Horacio; Schilman, Astrid; López-Carrillo, Lizbeth; Finkelman, Jacobo

La salud ambiental en México: situación actual y perspectivas futuras

Salud Pública de México, vol. 55, núm. 6, noviembre-diciembre, 2013, pp. 638-649

Instituto Nacional de Salud Pública

Cuernavaca, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10628941011>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# La salud ambiental en México: situación actual y perspectivas futuras

Horacio Riojas-Rodríguez, D en CSP,<sup>(1)</sup> Astrid Schilman, M en CS,<sup>(1)</sup>  
Lizbeth López-Carrillo, D en SP,<sup>(1)</sup> Jacobo Finkelman, Dr.<sup>(2)</sup>

Riojas-Rodríguez H, Schilman A,  
López-Carrillo L, Finkelman J.  
La salud ambiental en México:  
situación actual y perspectivas futuras.  
Salud Publica Mex 2013;55:638-649.

Riojas-Rodríguez H, Schilman A,  
López-Carrillo L, Finkelman J.  
Environmental health in Mexico:  
Current situation and future prospects.  
Salud Publica Mex 2013;55:638-649.

## Resumen

La salud ambiental se establece en México como disciplina a principios de los noventa retomando la tradición sanitarista del siglo pasado e incorporando nuevo conocimiento generado por la epidemiología y la toxicología ambiental. Durante la última década se han presentado avances en la revisión y actualización de la normatividad, se han diseñado programas y políticas para reducir la exposición a contaminantes y se han consolidado grupos de investigación y docencia en el área. Sin embargo, la mayoría de los problemas previamente diagnosticados prevalecen y se han incorporados nuevos riesgos a la salud producto del deterioro ambiental (contaminación atmosférica, exposición a tóxicos, cambio climático). Resulta necesario replantear el modelo de gobernanza en salud ambiental en México desde una perspectiva transectorial. Se propone crear un Programa Nacional de Salud Ambiental, actualizar el diagnóstico en el ámbito nacional y regional, fortalecer la enseñanza e investigación así como desarrollar un sistema integrado de vigilancia en salud ambiental.

Palabras clave: salud ambiental; contaminación ambiental; México

## Abstract

Environmental health has been established in Mexico as a discipline since the early nineties resuming the sanitarian tradition developed over the past century and incorporating new knowledge generated by environmental toxicology and epidemiology. During the last decade there has been some progress in reviewing and updating the regulations, designing programs and policies to reduce exposure to pollutants and consolidating research groups and teaching in the area. However, the most prevalent problems previously diagnosed still remain and new risks have emerged due to environmental degradation (air pollution, toxics exposure and climate change among others) have been incorporated. If this trend persists, the environmental risks will continue to increase and multiply. The environmental health governance in Mexico has to be redesigned involving a transectoral approach. Future proposals might include: establishment of a National Environmental Health Program, update the situational diagnosis at national and regional level, strengthening teaching and graduate programs in environmental health as well as increase support for research in the area and development of an integrated environmental health surveillance system.

Keywords: Environmental health; environmental pollution; Mexico

(1) Dirección de Salud Ambiental, Centro de Investigación en Salud Poblacional, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.

(2) Consultor independiente.

Fecha de recibido: 25 de septiembre de 2012 • Fecha de aceptado: 14 de junio de 2013

Autor de correspondencia: MC Astrid Schilman Halbinger. Dirección de Salud Ambiental, Centro de Investigación en Salud Poblacional, Instituto Nacional de Salud Pública, sede Tlalpan. 7ª Cerrada de Fray Pedro de Gante 50, col. Sección XVI. I4080, Tlalpan, México DF.

Correo electrónico: aschilman@insp.mx

## Desarrollo de la salud ambiental en México

La salud ambiental (SA) es definida como aquella área de la salud pública dedicada a evaluar los riesgos y daños a la salud producto de la degradación y contaminación ambientales, así como proponer y evaluar programas para su reducción.<sup>1</sup> Esta área se comienza a desarrollar en México a finales de la década de los ochenta y se establece como disciplina a principios de los noventa, retomando la tradición sanitarista desarrollada durante el siglo pasado e incorporando nuevo conocimiento generado por la epidemiología y toxicología ambiental, especialmente en los ámbitos de la contaminación atmosférica y la exposición a sustancias tóxicas, tales como los plaguicidas y metales.

Durante la mayor parte del siglo veinte, el sector salud se ocupó de atender los problemas de saneamiento ambiental básico, principalmente en lo relativo al abastecimiento de agua potable y a la disposición apropiada de excretas.<sup>2</sup> Posteriormente en el ámbito mundial, se reconoció la importancia de vincular los modelos de desarrollo económicos con los impactos ambientales y sus consecuentes riesgos a la salud. En 1972, de acuerdo a las recomendaciones emanadas de la Conferencia sobre el Medio Ambiente Humano, se crea en la Secretaría de Salubridad y Asistencia, la Subsecretaría para el Mejoramiento del Ambiente (cuadro I).<sup>3</sup> En esos años, la práctica de la SA se limitaba a las áreas de enfermedades infecciosas con una limitada vinculación entre la gestión ambiental y las actividades sanitarias.<sup>4</sup> A finales de la década de los ochenta, se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Am-

biente, como la base de la política ambiental en México. Se crean además varias dependencias gubernamentales como se enlista en el cuadro I.<sup>2,3</sup>

En este mismo periodo comienzan a realizarse estudios en México relacionados con exposiciones a contaminantes ambientales,<sup>5</sup> además de que inician los programas de posgrado en salud ambiental. Este desarrollo de la SA tiene su repercusión en el área normativa, pues a partir de entonces se generan y revisan las normas oficiales mexicanas de niveles máximos permisibles de contaminantes presentes en la atmósfera y en el agua. Todas estas normas se habían establecido en México con base en estudios realizados en otros países. Se realizó el primer diagnóstico nacional de salud ambiental y ocupacional basado en un conjunto de indicadores para los diferentes riesgos ambientales.<sup>6</sup>

Posteriormente, se creó la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris), con atribuciones de regulación, control y fomento sanitario en las áreas de medicamentos y tecnologías para la salud, sustancias tóxicas o peligrosas, productos y servicios, salud en el trabajo, saneamiento básico y riesgos derivados de factores ambientales.<sup>3</sup> En su programa de acción inicial se reconoce que el conocimiento de las concentraciones de los contaminantes en los distintos medios resulta trascendental para las intervenciones en salud pública y se planeaba establecer un sistema de vigilancia en salud pública ambiental, así como la modernización regulatoria que asegurara la protección en salud.<sup>7</sup>

Entre 1993 y 1994 se publicaron dos documentos que hablaban sobre la situación de salud ambiental en

Cuadro I

### ACONTECIMIENTOS CLAVE PARA EL DESARROLLO DE LA SALUD AMBIENTAL EN EL ÁMBITO NACIONAL E INTERNACIONAL

| Año  | México  | Internacional  |
|------|---|--|
| 1972 | Subsecretaría para el Mejoramiento del Ambiente, Secretaría de Salubridad y Asistencia                                      | Conferencia sobre el Medio Ambiente Humano<br>Declaración de Estocolmo                   |
| 1987 | Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas y Peligrosas |  |
| 1988 | Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente  |  |
| 1989 | Comisión Nacional del Agua  |  |
| 1992 | Instituto Nacional de Ecología<br>Procuraduría Federal de Protección al Ambiente  | Cumbre de la Tierra, Río de Janeiro<br>Agenda 21   |
| 1994 | Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca  | Tratado de Libre Comercio de América del Norte<br>Comisión para la Cooperación Ambiental |
| 2001 | Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios   | Convención de Estocolmo sobre Compuestos Orgánicos Persistentes                          |
| 2012 |   | Cumbre Río +20<br>El futuro que queremos   |

Con información de referencia 3

México,<sup>8,9</sup> así como un informe sobre el desarrollo de la epidemiología ambiental en los países de América Latina y el Caribe.<sup>5</sup> En esa época y en el contexto de la aprobación del Tratado de Libre Comercio por un lado y la publicación de la Agenda 21 como resultado de la reunión de Río en 1992, se establecía claramente la necesidad de desarrollar la SA en México como una respuesta a los retos para un desarrollo sustentable.<sup>10</sup> Hoy, 20 años después y tomando en cuenta las recomendaciones de la reunión de Río más 20, es pertinente señalar los avances en esta área de la salud pública en México y retomar los retos frente al milenio actual.<sup>11,12</sup>

Durante la última década se han consolidado grupos de investigación en el área, existen algunos avances en la revisión y actualización de la normatividad y se han hecho intervenciones para reducir la exposición a ciertos contaminantes. Sin embargo, la mayoría de los problemas previamente diagnosticados prevalecen y se han incorporado nuevos riesgos a la salud producto del deterioro ambiental.

### Situación del medio ambiente en México

Con la época de la posguerra y la posterior industrialización acelerada en el mundo, se inicia un proceso de deterioro del ambiente, pero es especialmente a partir de la década de los setenta en el siglo pasado que este proceso se expande teniendo repercusiones globales en la pérdida de biodiversidad con impacto hacia las sociedades humanas.

En México, la cobertura de los ecosistemas naturales del país se redujo 62% en 1976, 54% en 1993 y 38% para el año 2002 con las mayores pérdidas en las zonas tropicales.<sup>13</sup> De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones (INEM), en el país se emiten más de 40.5 millones de toneladas de contaminantes a la atmósfera.<sup>14</sup> Los indicadores de calidad del agua muestran que 73% de los cuerpos de agua del país están contaminados; el 80% de las descargas de centros urbanos y 85% de las descargas industriales se vierten directamente en ellos sin tratamiento previo.<sup>15</sup>

En México se generan alrededor de 36.9 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) al año, el equivalente a casi 101 mil toneladas/día. En los últimos diez años, la generación total de RSU se incrementó 26%.<sup>14</sup>

Según estimaciones del Instituto Nacional de Geografía e Informática en el año 2008, el gasto gubernamental destinado a la protección ambiental representó 0.2% del PIB, mientras que el Producto Interno Neto Ajustado Ambientalmente correspondió al 7.9% del Producto Interno Bruto total.<sup>16</sup>

### Carga de enfermedad

En el ámbito mundial, la carga global de la enfermedad atribuida a factores ambientales se calcula en alrededor de 25% del total para la población en general, y cerca de 35% para la población infantil, encontrándose diferencias significativas entre los países.<sup>17</sup>

México se encuentra en una etapa avanzada de la transición epidemiológica, si bien presenta una importante heterogeneidad a nivel subnacional. Para el año 2004, 75% de la mortalidad y 68% de la morbilidad, se deben a enfermedades no transmisibles, mientras que 14% de la mortalidad y 18% de la morbilidad se atribuyen a desnutrición, enfermedades transmisibles, maternas y perinatales. La región sur del país registra la mayor carga de enfermedad y mortalidad comparando con las demás regiones.<sup>18</sup>

La salud en la infancia es esencial para el desarrollo sustentable. Se estima que aproximadamente cuatro millones de niños, principalmente en países en desarrollo, mueren anualmente por causas asociadas a factores ambientales tanto pretransicionales (falta de condiciones sanitarias, contaminación del aire intramuros, etc.) como emergentes (compuestos químicos persistentes, plastificantes, etcétera). En Latinoamérica la mortalidad infantil ha disminuido drásticamente, no obstante prevalecen grandes contrastes entre los países de esa región. En el periodo de 1990 a 2006, en México la mortalidad infantil en menores de cinco años, tuvo una reducción del 34% (35 muertes por cada 1000 nacidos vivos en el año 2006), mientras que en Brasil fue del 65%, alcanzando una tasa de mortalidad infantil de 20 por cada 1000 nacidos vivos en el año 2006.<sup>19</sup>

## Discusión

### Problemas actuales de salud ambiental en México

Actualmente, la salud ambiental incluye el análisis de riesgos a la salud pre y postransicionales relacionados con modificaciones en el entorno.<sup>20</sup> Los temas en la agenda de salud ambiental han variado durante estos años, así como la incorporación de diferentes enfoques para su abordaje. Se cuentan entre los temas de la etapa pretransicional relacionados con factores ambientales a las enfermedades diarreicas (y en general aquellas transmitidas por el agua), las enfermedades transmitidas por vectores y la exposición al humo de leña. Ubicados dentro de los problemas transicionales se encuentra la exposición a contaminantes atmosféricos en las ciudades y la exposición a químicos (plaguicidas y otros compues-

tos orgánicos persistentes) y metales. Recientemente se han incorporado a este listado los riesgos derivados del cambio climático y la crisis ambiental global.

Esta problemática se ha vuelto más compleja por diversas circunstancias. En primer lugar se ha presentado una aceleración del deterioro de los ecosistemas y esto se expresa en el agotamiento de mantos freáticos, la incapacidad de los bosques para evitar inundaciones producto de la pérdida de suelos y capa forestal,<sup>13</sup> y el incremento en el número de ciudades que tienen problemas de contaminación atmosférica.<sup>21</sup> Además, el sector industrial se ha caracterizado por un crecimiento acelerado y desordenado y una mayor demanda de la capacidad ambiental asociada a la expansión de desarrollos habitacionales. El número de ciudades cercanas o mayores al millón de habitantes han crecido de manera significativa.

### Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se ha extendido en los últimos años a otras ciudades además de las zonas metropolitanas del Valle de México (ZMVM), Monterrey (ZMM) y Guadalajara (ZMG). El *Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas* pone en evidencia la necesidad de mejorar la calidad del aire en las ciudades mexicanas y resalta que la ZMVM, no es ya la peor clasificada en el país, salvo en lo que se refiere a la contaminación por ozono y dióxido de nitrógeno, tal como se puede observar en el cuadro II.<sup>21</sup> Este análisis también indica que los datos reportados por las distintas redes de monitoreo son heterogéneos y la información obtenida resulta insuficiente para varias ciudades.

Para la ZMVM, los avances en materia de gestión de calidad del aire, incluyen la disminución en el número de contingencias ambientales y la disminución en el número de días por encima de los máximos permisibles de ozono y partículas. Sin embargo, los criterios de calidad

del aire no han sido actualizados. En Salamanca, donde se ubica una central termoeléctrica y una refinería, disminuyeron las concentraciones de  $\text{SO}_2$ , sin embargo, sigue manteniendo el primer lugar de contaminación para este gas.<sup>21,22</sup> En otras ciudades o localidades donde se ubican termoeléctricas o refinerías, no existen monitoreos de la calidad del aire adecuados, por lo que se desconoce la situación real de contaminación. La medición de las partículas de la fracción fina ( $\text{PM}_{2.5}$ ) todavía no se consolida en las redes de monitoreo. Según los últimos cálculos realizados, utilizando la mejor información disponible, en la Ciudad de México aún ocurren más de mil muertes al año atribuibles a la contaminación del aire tomando en cuenta solamente los niveles anuales encontrados para ozono y  $\text{PM}_{10}$ .<sup>23</sup> Queda aún pendiente desarrollar los programas de gestión de calidad del aire en la mayoría de las medianas y grandes ciudades.

### Contaminación intramuros por el uso doméstico de combustibles sólidos

Aproximadamente 28 millones de habitantes en el país, de los cuales 90% viven en el área rural, utilizan combustibles sólidos (principalmente leña) como su principal fuente de energía doméstica.<sup>24</sup> En estos ambientes intramuros, donde generalmente se realiza la combustión en fogones abiertos, se alcanzan los niveles más altos de contaminación del aire en el país; los niveles de  $\text{PM}_{2.5}$  pueden alcanzar hasta  $1\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .<sup>25</sup> Como alternativa se ha desarrollado y promocionado el uso de estufas eficientes de leña a través de instituciones gubernamentales y no gubernamentales. El alcance de estas iniciativas ha sido limitado y la evaluación de su impacto es aún parcial. Una de las pocas experiencias que han sido evaluadas se desarrolló en Michoacán<sup>26</sup> y demostró que las mujeres que adoptan una estufa de este tipo reducen el riesgo de padecer enfermedades de las vías respiratorias.<sup>27</sup> Actualmente, a través del Programa

**Cuadro II**  
**CLASIFICACIÓN DE LAS CIUDADES POR CONTAMINANTE (AÑO 2009), MÉXICO<sup>21</sup>**

| Contaminante     | ZMVM | ZMG | ZMVT | Salamanca | León | Silao | Irapuato | ZMM | ZM Juárez |
|------------------|------|-----|------|-----------|------|-------|----------|-----|-----------|
| $\text{PM}_{10}$ | 4°   | 8°  | 2°   | 6°        | 5°   | 7°    | 9°       | 3°  | 1°        |
| $\text{O}_3$     | 1°   | 2°  | SC   | SC        | 3°   | 5°    | SC       | 4°  | SC        |
| CO               | 3°   | 1°  | SC   | 2°        | SC   | SC    | SC       | 4°  | SC        |
| $\text{SO}_2$    | 4°   | 6°  | SC   | 1°        | 3°   | 7°    | 2°       | 5°  | SC        |
| $\text{NO}_2$    | 1°   | SC  | SC   | SC        | SC   | SC    | SC       | 2°  | SC        |

ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México, ZMG: Zona Metropolitana de Guadalajara, ZMVT: Zona Metropolitana del Valle de Toluca, ZMM: Zona Metropolitana de Monterrey  
SC: sin clasificar



Especial de Cambio Climático, se espera instalar 600 mil estufas eficientes de leña en todo el país. El éxito de estos programas dependerá de la sensibilización de la población, la selección apropiada de los modelos de estufas a las necesidades regionales, la capacitación a usuarios y técnicos, el monitoreo del uso de la estufa y de los beneficios alcanzados.<sup>24</sup>

#### *Escasez y contaminación del agua*

Los problemas de escasez y contaminación del agua en el país no han desaparecido y por el contrario tienden a complicarse sobre todo en algunas zonas del país, incluyendo el agotamiento de mantos freáticos sobre todo en el norte del país, que favorece la contaminación por arsénico y flúor en regiones del norte y centro, contaminación por hidrocarburos en las zonas petroleras y problemas relacionados con inundaciones en las temporadas de huracanes. La contaminación química genera exposiciones crónicas a bajas dosis cuyos efectos se asocian, por ejemplo, con el incremento de cáncer en las zonas contaminadas por arsénico.<sup>28,29</sup>

Las enfermedades transmitidas por vectores se relacionan con el manejo del agua, tal es el caso de zonas periurbanas en donde el suministro del agua es irregular y por ende debe ser almacenada para cubrir las necesidades.<sup>30</sup> Las fuerzas conductoras que generan estos problemas se asocian con modelos de urbanización altamente demandantes del recurso, procesos de deforestación y la pérdida de suelos, así como de inundaciones que agravan los impactos. El calentamiento climático propiciará en los siguientes años problemas de disposición del agua sobre todo en el norte del país.

En el ámbito nacional, 33% de las cuencas presentan una fuerte presión hídrica, determinada principalmente por los asentamientos humanos y la actividad agrícola. El 53% de la población vive en estas cuencas, principalmente en el norte y centro de México.<sup>15</sup> La falta de saneamiento disminuye también la disponibilidad de agua de buena calidad. En el ámbito nacional para el año 2008, apenas 35% de las aguas residuales municipales y 18% de las industriales fueron tratadas y la mayoría, tratadas o no, se descargan en cuerpos de agua naturales. Si las descargas se hacen en las zonas altas de la cuenca, los ríos y arroyos acarrean agua con contaminantes a largo de todo su recorrido. Aun cuando las aguas residuales se hayan tratado, no se remueven la totalidad de los patógenos y sólidos suspendidos, los cuerpos de agua resultan severamente contaminados.<sup>31</sup>

La contaminación microbiológica del agua es causa de enfermedades diarreicas agudas, cuya mortalidad afecta a la población según los grados de marginación de los municipios.<sup>32</sup>

#### *Compuestos orgánicos persistentes*

México firmó el Convenio de Estocolmo comprometiéndose a reducir o eliminar la liberación de los compuestos orgánicos persistentes (COP) en el ambiente.<sup>3</sup> Las fuentes predominantes de estos compuestos han sido la agricultura, la generación de energía, la industria y el mal manejo de residuos.<sup>33</sup> Hasta el año 2000, el DDT se había utilizado en gran escala para el control de los vectores de la malaria, cuando se prohíbe su uso para fines de salud pública. Se reestructuró el abordaje de esta enfermedad utilizando el enfoque ecosistémico y se registraron impactos significativos en beneficio de la salud pública de México, controlando la malaria sin el uso del dicloro-difenil-tricloroetano (DDT).<sup>34</sup>

De acuerdo con los compromisos contraídos por nuestro país, es necesario desarrollar un sistema de monitoreo que incluya la vigilancia de COP en matrices biológicas humanas (sangre y leche) para verificar la progresiva disminución de la exposición a estas sustancias.<sup>33</sup> Así, México bajo la administración de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) participó en un programa trilateral de biomonitorio de los COP y metales en sangre de mujeres embarazadas primigestas. Los resultados indicaron que existen importantes diferencias regionales en los niveles de COP (DDT) y metales (plomo) que en algunos casos excedían las concentraciones observadas en Estados Unidos y Canadá.<sup>35,36</sup>

#### *Metales*

La preocupación por la presencia de metales en el ambiente en México se relacionó primero con el contenido de plomo en las gasolinas y también con desechos provenientes de la extracción y procesamiento de las industrias mineras. Uno de los logros importantes en términos de salud pública en México fue la eliminación total del plomo de las gasolinas en 1997. Varios estudios documentaron la situación prevaleciente hasta la década de los noventa y los beneficios ulteriores a la eliminación de este metal en las gasolinas.<sup>37,38</sup>

En la ciudad de Torreón, donde se ubica el complejo metalúrgico no ferroso más grande de Latinoamérica, se documentaron niveles muy elevados de exposición al plomo en la población residente. Estudios realizados entre 1997 y 2001, mostraron que más de 95% de los niños que residían en el área, tenían niveles de plomo en sangre por arriba de 10 µg/dL.<sup>39</sup> El seguimiento de esta población ha mostrado cómo las medidas de limpieza y remediación implementadas contribuyeron a reducir la exposición en los niños que viven próximos a esta planta.<sup>40</sup>

Sin embargo, estudios en diferentes regiones del país, continúan encontrando concentraciones de plomo, que si bien no son tan altas como las encontradas en Torreón, están por encima de los niveles recomendados por el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC por sus siglas en inglés).<sup>41-44</sup> En general, es posible encontrar la presencia de este mineral en las zonas mineras donde se extrae oro y plata. Este tema es relevante considerando la gran cantidad de proyectos mineros en exploración y explotación que hay actualmente en México. De acuerdo a la Cámara Minera, México es el cuarto destino más atractivo en el mundo y el primero en América Latina para las inversiones en exploración minera.<sup>45</sup> En el país existen más de 800 proyectos nuevos de exploración y explotación minera, que eventualmente pueden dañar la salud de la población.

Otros metales de importancia en el deterioro de la salud pública son el arsénico, el mercurio, el manganeso y en menor medida el cadmio y el cromo. A pesar del trabajo de investigación y de diferentes intervenciones, el arsénico se sigue localizando en regiones como La Comarca Lagunera, Zimapán, y algunas regiones de Guanajuato,<sup>46</sup> donde la sobreexplotación de mantos freáticos y la falta de alternativas en el suministro y tratamiento de agua continúa representando un problema para la salud poblacional. Las concentraciones más altas de manganeso, se han encontrado en la región minera de Molango en el estado de Hidalgo, con reconocidos efectos sobre la capacidad intelectual en los niños.<sup>43</sup> En otras zonas también se ha encontrado este mineral, incluida la Ciudad de México.<sup>47</sup>

La exposición a metales en población infantil es, sin duda, uno de los elementos de la agenda pendiente. Aunque existe bastante evidencia del efecto del plomo en el neurodesarrollo, documentos internacionales como la declaración de Brescia,<sup>48</sup> han señalado que es necesario avanzar en la investigación sobre los efectos neurológicos tempranos de plomo, mercurio y manganeso, así como en su progresiva eliminación como causa de exposición ambiental.

#### *Otros contaminantes (hidrocarburos y plaguicidas)*

Los últimos sexenios se han caracterizado por una apertura comercial que ha permitido la instalación de empresas priorizando la inversión sobre el cuidado y la protección del ambiente. Con la globalización, se acelera la transferencia de contaminantes entre países y una dinámica que genera presión sobre los recursos naturales (minerales y petróleo) de los países en desarrollo, donde la regulación normalmente es más laxa. Un ejemplo son las industrias que utilizan asbesto, ya

que este material no ha sido prohibido en el país como se ha hecho en otras naciones.<sup>49</sup>

La presencia de hidrocarburos en México ha sido motivo de preocupación tanto por sus efectos en el ambiente como por sus riesgos a la salud. De acuerdo con estadísticas de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), cada año ocurren en el país un promedio de 600 emergencias ambientales asociadas con materiales y residuos peligrosos, principalmente petróleo y sus derivados (gasolinas, combustóleo, diesel), agroquímicos, gas LP y natural, entre otros. Pemex informó que las tomas clandestinas en el país ascienden a mil 163 en el año 2011, el mayor número en los registros que tiene la paraestatal.<sup>47,50</sup>

Cada año se suman a las ya existentes, miles de nuevas sustancias químicas. El ciclo de vida de estas sustancias es un ejemplo claro de la necesidad de políticas y estrategias multisectoriales, además de considerar los compromisos internacionales que existen en la materia. La Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas y Peligrosas (Cicoplafest), tiene como una de sus funciones principales, la definición de estas políticas.<sup>3</sup>

#### *Cambio climático*

La crisis ambiental global generó durante los últimos 20 años, el reconocimiento del calentamiento climático como un problema común para todos los países del planeta. En 1997, la Organización Mundial de la Salud se adhiere a la agenda de cambio climático global y, de manera oficial en México hasta el año 2009, cuando la Secretaría de Salud se incorpora a la Comisión Intersecretarial para el Cambio Climático. El atraso del sector tanto en el componente de investigación como en la incorporación de elementos en los planes nacionales y estatales de adaptación, hace que este tema haya sido relegado, a pesar de su alta relevancia para la agenda de salud pública en los años por venir. A pesar de las deficiencias descritas, los riesgos a la salud relacionados con el cambio climático en México, se han enfocado principalmente al origen, intensificación y redistribución de enfermedades transmitidas por vectores, interacciones con contaminantes atmosféricos, incremento de enfermedades infecciosas principalmente diarreicas y efectos agudos como golpes de calor, así como riesgos relacionados con el incremento en el número e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos como inundaciones y sequías.<sup>51</sup>

Entre los retos más importantes para el futuro, se encuentra la creciente escasez de agua sobre todo en los estados del norte, los riesgos vinculados con la seguridad alimentaria, así como la construcción de sistemas de alerta temprana vinculados a los sistemas de vigilancia

epidemiológica, donde las variables climatológicas sean incorporadas adecuadamente.

### La investigación en salud ambiental en México

Hacia finales de la década de los ochenta, se comenzó a hacer investigación sobre salud ambiental en México tal y como la conocemos actualmente. Es en 1990 cuando se inician los primeros proyectos de investigación en salud ambiental dentro del programa de trabajo del Instituto Nacional de Salud Pública.<sup>4,8</sup> Las altas concentraciones de contaminantes atmosféricos, incluido el plomo, así como los trabajos realizados en zonas como Torreón sobre arsénico en el agua, marcaron el inicio de lo que ahora es una línea de investigación permanente en el país. En colaboración con grupos de investigadores internacionales, se consolidaron grupos de investigación en el Instituto Nacional de Salud Pública, en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) así como en la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Universidad de San Luis Potosí, en la Universidad de Guadalajara y en el Instituto Nacional de Ecología. Estos grupos han trabajado en la formación de recursos humanos y la generación de información de alto nivel en los temas que se han ido incorporando a la agenda de investigación en salud ambiental.

#### *Investigación en salud ambiental infantil*

La investigación en salud ambiental infantil es una estrategia para coadyuvar en la prevención y control de la exposición a contaminantes ambientales y se encuentra como prioridad en las agendas de varias organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUAM) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), pese a lo anterior, existe consenso internacional de la necesidad de producir mayor conocimiento y más aún utilizarlo como insumo de la políticas públicas para asegurar que el nacimiento, crecimiento y desarrollo infantil ocurra en ambientes saludables.

La investigación en salud infantil en Latinoamérica es escasa, se concentra en unos cuantos países y en general tiene un rezago tecnológico. Al juzgar por la cantidad de estudios epidemiológicos en salud ambiental infantil publicados en revistas con arbitraje en el periodo 2000-2010, se produjeron un total de 125, de ellos, casi 13 artículos por año en la región de Latinoamérica. No obstante, cabe destacar, que México

concentra casi 60% de dicha producción seguido de Brasil con 15%.

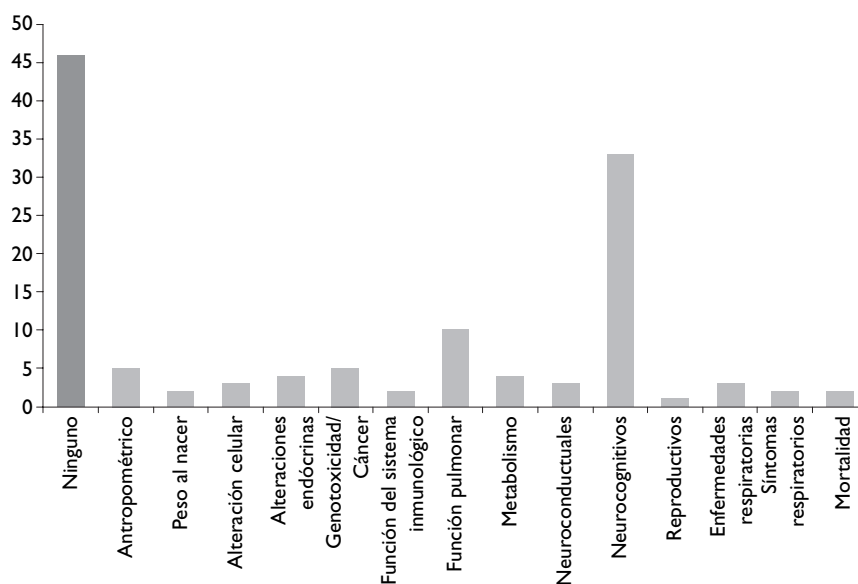
Un análisis a profundidad de dichos artículos muestra que se agrupan alrededor de tres principales objetivos: monitoreo biológico, identificación de fuentes de exposición a contaminantes ambientales e identificación de daños potenciales a la salud. Los estudios sobre manejo de riesgo o intervenciones poblacionales para la reducción de daños a la salud son prácticamente nulos. El contaminante mayormente estudiado ha sido el plomo<sup>49</sup> y los contaminantes del aire,<sup>24</sup> seguido de varios estudios sobre plaguicidas<sup>20</sup> y en menor grado el arsénico,<sup>12</sup> el mercurio.<sup>11</sup> En los últimos diez años se han publicado algunos reportes sobre la exposición a manganoso,<sup>5</sup> ftalatos<sup>2</sup> y compuestos polibromados.<sup>2</sup> En la figura 1 se muestra que la mayoría de los estudios corresponden a monitoreo ambiental, sin que se evalúen daños a la salud, salvo los relacionados con la exposición al plomo donde resalta el desarrollo cognitivo como uno de los daños a la salud infantil más estudiados.

Aunque en la región de Latinoamérica, México es líder en investigación en salud infantil, en el país aún se enfrentan varios obstáculos, entre ellos, la carencia de laboratorios certificados y una limitada infraestructura para la determinación de contaminantes diversos y para el procesamiento del número necesario de muestras. Asimismo, no se dispone de suficientes profesionales de alto nivel que con un enfoque multidisciplinario sean capaces de integrar el conocimiento básico, clínico, poblacional, de sistemas de salud, entre otros, que permita cerrar brechas entre la generación de nuevas evidencias y para la toma de decisiones, incluyendo la formulación y evaluación de las políticas públicas que redunden en beneficio de la salud infantil.

#### *Formación de recursos humanos*

Hasta finales de la década de los ochenta, bajo el enfoque sanitarista, la formación de posgrado en la Escuela de Salud Pública de México se impartía en el área de Ingeniería en Salud Pública. No fue sino hasta finales de esa década (1987-1989) cuando se creó la Especialidad en Salud Ambiental y posteriormente en 1990, se inicia la Maestría en Ciencias en Salud Ambiental en la Escuela de Salud Pública de México (ESPM) con el apoyo del Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, de la Organización Panamericana de la Salud (ECO-OPS).<sup>4</sup> El objetivo general de este programa de posgrado era, y sigue siendo, formar profesionales de alto nivel capaces de investigar y evaluar los riesgos a la salud de la población por exposiciones ambientales para fundamentar la toma de decisiones. La Maestría en Ciencias en Salud Ambiental en la Universidad de Gua-





**FIGURA 1. NÚMERO DE ARTÍCULOS DE ACUERDO AL DAÑO A LA SALUD INFANTIL ESTUDIADO, 2000-2010**

dalajara se inicia en 1995 igualmente con el apoyo de la OPS. Otros programas relevantes son los de Toxicología Ambiental impartidos por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y por el Centro de Investigación y Tecnología Avanzada (Cinvestav).

### La respuesta social

Como se mencionó anteriormente, en el sector salud, la atención de los asuntos de salud ambiental es competencia de la Cofepris, bajo el rubro de "riesgos sanitarios ambientales". En el programa 2007-2012 las acciones prioritarias son: playas limpias, contaminantes atmosféricos, exposición intradomiciliaria a humo de leña, calidad fisicoquímica y bacteriológica de agua para uso y consumo humano y cambio climático.<sup>52</sup> En el programa se aprecian vacíos importantes de varios temas que atañen a la salud ambiental (metales, exposición a compuestos orgánicos persistentes, disposición adecuada de residuos sólidos, entre otros) así como una ausencia de una acción intersectorial para los mismos. Tampoco se cuenta con un sistema integrado de vigilancia en salud ambiental.

El sector de medio ambiente, también participa en el diseño de políticas y programas relacionados con la salud ambiental. Las Secretarías de Medio Ambiente locales, por ejemplo, operan las redes de monitoreo de calidad del aire y vigilan el cumplimiento de las normas de la Secretaría de Salud. El Instituto Nacional de Eco-

logía brinda apoyo técnico para la instalación y mantenimiento de estas redes, así como el soporte necesario para la construcción de las bases con datos históricos sobre la calidad del aire en diferentes ciudades.

### Respuesta de la sociedad civil

La respuesta de la sociedad civil frente a los temas de salud ambiental ha sido variada. En general, se aprecia un incremento en el número de movimientos sociales cuyas demandas están relacionadas con riesgos de efectos a la salud debidos a contaminantes ambientales. Estas organizaciones demandan información para saber con mayor certeza el grado de riesgo que enfrentan al vivir, trabajar o transportarse en ambientes contaminados. Estas organizaciones tienen presencia en regiones contaminadas, zonas mineras, corredores industriales e instalaciones petroquímicas. Un ejemplo de este tipo de organismos no gubernamentales (ONG) es la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales con presencia en varios estados del país (<http://www.afectadosambientales.org/>).

Existen también grupos cuya acción está dirigida a crear conciencia sobre los efectos de los compuestos orgánicos persistentes, especialmente plaguicidas, utilizando la información científica y poniéndola a disposición del público en general (por ejemplo RAPAM Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México), así como algunas otras organizaciones que se

han creado para demandar una mejor calidad del aire (Respira México).

En el campo de los derechos humano, la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal ha descrito la calidad del aire como un bien público, y por tanto la contaminación atmosférica como una amenaza a la garantía del derecho humano a un medio ambiente saludable y a la seguridad humana.<sup>53</sup>

## Conclusiones

### *Perspectivas futuras*

#### La gobernanza de la salud ambiental en México

Durante las últimas dos décadas se han hecho avances significativos en cuanto al conocimiento e importancia de los efectos en la salud derivados de la contaminación ambiental y de los desbalances en los ecosistemas.<sup>54</sup> Aún ante estas evidencias, en México, como en otros países en América Latina, en la práctica la salud ambiental continúa siendo una prioridad de segundo orden.

En México, las políticas relacionadas con la salud ambiental no están circunscritas sólo a los sectores de salud y ambiente. Están dispersas en muchos más, incluyendo los de agricultura, energía, transporte, vivienda, entre otros. En lo general, la conciliación de los contenidos y alcances de estas políticas sectoriales es limitada y poco eficiente en función a las necesidades nacionales para seguir avanzando hacia un desarrollo sostenible. A su vez, las diferentes intervenciones y programas, tanto para la promoción de la salud ambiental, como las dirigidas a reducir y mitigar riesgos, además de incompletas son fragmentadas y tienden a ser más reactivas que proactivas, en un contexto donde persisten deficiencias de coordinación entre los gobiernos federal, estatal y municipal. También es importante hacer notar que la interacción entre las instancias públicas con los diversos sectores y grupos de la sociedad civil, académicos y productivos es más coyuntural que estratégica.<sup>3</sup>

La salud ambiental es un bien público que con frecuencia trasciende las fronteras. En un mundo crecientemente interdependiente, es necesario que la presencia y la calidad de la participación nacional en los diversos foros internacionales relacionados con la salud ambiental sea consistente y fortalecida.<sup>55</sup>

Estas realidades nacionales e internacionales demandan que la gobernanza de la salud ambiental en el país sea robustecida. Ante una complejidad económica, política y social creciente, no resulta apropiada una simplificación estratégica, y que una sola institución concentre e integre la vigilancia y la protección ante los

diferentes riesgos sanitarios, incluidos los ambientales. Llegó el momento de construir una nueva gobernanza donde diferentes dependencias o agencias coordinadas entre sí, converjan y respondan ante la sociedad brindando una protección especializada a los diferentes riesgos sanitarios. Es necesario replantear las capacidades y alcances de cada una de las dependencias institucionales del país en materia de salud ambiental, evaluar si responden a los desafíos que la realidad actual exige así como también a los retos del futuro.

Esto implica, por un lado, consolidar y fortalecer las áreas que se han desarrollado en el país (epidemiología ambiental, capacidad regulatoria, fortalecimiento de laboratorios) pero también modificar el enfoque sanitario actual por un planteamiento más integral que considere el vínculo con el desarrollo sostenible como está ocurriendo en otros países.<sup>56</sup>

Así, es necesario, tener una política firme de carácter transectorial, ya que las fuerzas motrices que dan lugar a la presión sobre el ambiente y a la generación de los múltiples problemas de salud ambiental, se encuentran fuera del sector tradicional de la salud pública. En este contexto, disposiciones y políticas en el uso y generación de energía, de transporte, la reglamentación del uso de plaguicidas o los reglamentos de construcción, son claros ejemplos que ilustran su importancia.<sup>20</sup> Las intervenciones que impactan en la salud ambiental son complejas y pocas veces son directamente administradas o controladas por el sector salud. La incertidumbre acerca del liderazgo y responsabilidades de los diferentes actores públicos y privados ha contribuido a la ineficacia de estas acciones. En este contexto, el sector salud no puede abdicar a sus responsabilidades.<sup>57</sup>

### Propuestas

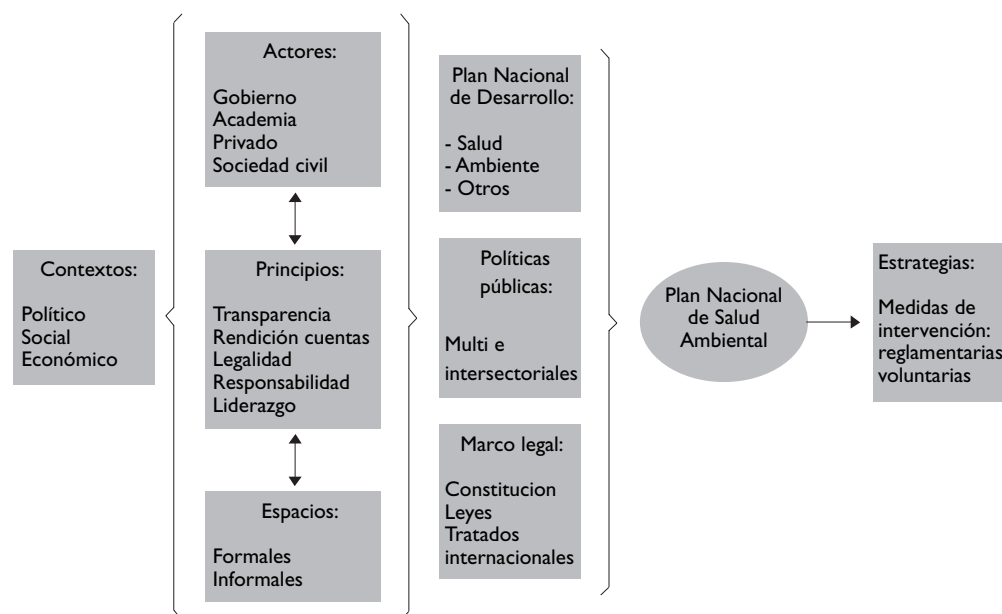
Ante los desafíos actuales y futuros, México no puede permitirse el carecer de un Programa Nacional de Salud Ambiental cuyo objetivo medular sea el prevenir y mitigar los riesgos y los daños a la salud producto de la degradación y contaminación ambientales. Los efectos negativos a la salud son el eslabón final de una serie de factores que contribuyen a su aparición. Por tanto, es necesario analizar y proponer intervenciones multisectoriales que incidan y modifiquen los factores estructurales que los generan (modelos de urbanización, control de fuentes móviles, exposiciones provenientes de la industria, como ejemplos). Además es crítico que este programa sea un punto de convergencia de los diferentes actores interesados en la materia, y para ello se propone que contemple a corto plazo las siguientes líneas de acción:

- I. Revisar y actualizar la arquitectura y modelo de gestión de la gobernanza en salud ambiental, redefiniendo el alcance y responsabilidades de las diferentes áreas de la Secretaría de Salud y otros actores relevantes del ejecutivo y legislativo, además de la academia, el sector privado y de la sociedad civil, en temas sustantivos como el de la formulación de políticas públicas en la materia, que respondan a los lineamientos legales establecidos en el país y a los objetivos incluidos en los planes nacionales de desarrollo (incluyendo el de salud, el de medio ambiente, entre otros) así como los principios y lineamientos que orienten el establecimiento del Programa Nacional de Salud Ambiental incluyendo las estrategias y medidas de intervención requeridas (figura 2).
- II. Actualizar el diagnóstico basado en un análisis multisectorial sobre los principales problemas y pasivos relacionados con la salud ambiental, así como de la capacidad de respuesta institucional ante los problemas detectados.<sup>58</sup> Este diagnóstico deberá incluir una evaluación del grado de cumplimiento de los acuerdos y tratados internacionales que el país ha suscrito en temas relacionados con la salud ambiental, en particular, aquellos de naturaleza vinculante.
- III. Establecimiento de prioridades para la acción, tanto federal, estatal y municipal. Derivado del diagnóstico, establecer las prioridades y medidas de intervención a ser implementadas por las tres esferas de gobierno, con objetivos claros y metas

medibles dirigidos a reducir riesgos y a mitigar los daños a la salud de las poblaciones expuestas.

- IV. Fortalecer la capacidad de respuesta institucional en todos los ámbitos de actuación, incluyendo la formación de cuadros técnicos, la mejoría de la capacidad analítica y de laboratorios, la movilización de los recursos financieros necesarios, así como mejorar la eficacia y eficiencia de la gestión que aseguren la confiabilidad y calidad de los programas y de las medidas de intervención a ser implantadas.
- V. Actualizar y fortalecer un sistema de monitoreo y vigilancia en salud ambiental tanto de los efectos, como de los factores de riesgo asociados.<sup>59</sup>
- VI. Investigación. Promover líneas y proyectos de investigación destinados a cerrar brechas de conocimiento, en temas prioritarios de la salud ambiental, orientados a fortalecer la generación de evidencias que sustenten las políticas y medidas de intervención requeridas.
- VII. Evaluación periódica y sistemática del avance en el cumplimiento de los objetivos y metas a ser cumplidas
- VIII. Fomentar una efectiva comunicación y rendición de cuentas que en forma transparente y objetiva, asegure un mejor acompañamiento y credibilidad por parte de la población de las medidas de intervención aplicadas.

*Declaración de conflicto de intereses.* Los autores declararon no tener conflicto de intereses.



**FIGURA 2. MODELO DE GOBERNANZA PARA SALUD AMBIENTAL**

## Referencias

- OPS. Glosario de salud ambiental en español. Lima: Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental/Organización Panamericana de la Salud, 2003.
- Gil MÁ. El sector ambiental en México. *Revista de Administración Pública* 1995; Administración Ecológica (87):29-36.
- Finkelman J, Galvao L, Henao S. Gobernanza de la salud ambiental en América Latina. En: Galvao L, Finkelman J, Henao S, editores. *Determinantes ambientales y sociales de la salud*. Washington, DC: OPS, Mc Graw Hill Interamericana, 2010:33-65.
- Santos-Burgoa C, Alatorre-Edén Wynter R, Carrillo G, Rivera-Ramírez L, Escamilla-Cejudo JA, Rojas-Bracho L, et al. Evaluación del nuevo programa de maestría en ciencias en salud ambiental. *Salud Publica Mex* 1993; 35:202-213.
- Finkelman J, Corey G, Calderón R. *Epidemiología ambiental: un proyecto para América Latina y el Caribe*. Washington DC: ECO/OPS, 1994.
- Dirección General de Salud Ambiental. *Primer diagnóstico nacional de salud ambiental y ocupacional*. México DF: Cofepri, 2002.
- Secretaría de Salud. Programa de acción: salud ambiental. México, DF: Ssa, 2002.
- Santos-Burgoa C RL, Linker F, Alatorre R. La salud ambiental en México. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública, 1993.
- Hernández-Ávila M. *Salud ambiental. Hacia un nuevo pacto con la naturaleza*. México: Secretaría de Salud, 1994.
- Organización de Naciones Unidas. Programa 21: Cumbre para la Tierra - Programa de acción de las Naciones Unidas en Río. Río de Janeiro; 14 de junio de 1992. [Consultado 7 de octubre de 2013]. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdeu/agenda21/sptoc.htm>.
- OPS. Informe de la Consulta Informal Preparatoria de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS) para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río +20); 2010 sept. 23-24; Washington DC.
- Organización de las Naciones Unidas. El futuro que queremos. Conferencia sobre el Desarrollo Sostenible, Río de Janeiro. Documento aprobado por la Asamblea General el 27 de julio de 2012. [Consultado 7 de octubre de 2013]. Disponible en: <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/66/288>.
- Sarukhán J, Koleff P, Carabias J, Soberón J, Dirzo R, Llorente-Bousquets J, et al. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009.
- Informe de la situación del medio ambiente en México. *Compendio de estadísticas ambientales*. México: Semarnat, 2008.
- Bunge V. La presión hídrica en las cuencas de México. En: Cotler Ávalos H, ed. *Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización*. México: INE, 2010:88-91.
- Sistema de Cuentas Nacionales de México. *Cuentas económicas y ecológicas de México 2003-2008*. México: INEGI, 2010.
- Prüss-Üstün A, Corvalán C. Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease: Ginebra: World Health Organization, 2006.
- Stevens G, Dias RH, Thomas KJA, Rivera JA, Carvalho N, Barquera S, et al. Characterizing the epidemiological transition in Mexico: national and subnational burden of diseases, injuries and risk factors. *PLoS Med* 2008; 5(6).
- UNICEF. Estado de la infancia en América Latina y el Caribe. Supervivencia infantil. Nueva York 2008. [Consultado 7 de octubre de 2013]. Disponible en: <http://www.unicef.org/spanish/sowc08/docs/SOLAC2008spanish.pdf>.
- Gosselin P, Morrison K, Lapointe S, Valcke M. Evaluación de riesgos y epidemiología ambiental. Los nuevos desafíos en las Américas. En: Galvao L, Finkelman J, Henao S, editores. *Determinantes ambientales y sociales de la salud*. Washington, DC: OPS, Mc Graw Hill Interamericana, 2010:67-100.
- INE-Semarnat. Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009). México: Instituto Nacional de Ecología, 2011.
- Zuk M, Tzintzun-Cervantes M, Rojas-Bracho L. Tercer almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en nueve ciudades mexicanas. México: INE-Semarnat, 2007.
- Rojas-Rodríguez H, Álamo U, Texcalac-Sangrador J, Romieu I. Estado del conocimiento sobre los efectos en la salud asociados a la contaminación del aire en la población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2012.
- Díaz-Jiménez R, Berrueta-Soriano V, Masera-Cerutti O. *Estufas de leña. Cuadernos temáticos sobre Bioenergía No. 3*. México: Red Mexicana de Bioenergía AC, 2011.
- Zuk M, Rojas L, Blanco S, Serrano P, Cruz J, Ángeles F, et al. The impact of improved wood-burning stoves on fine particulate matter concentrations in rural Mexican homes. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2007; 17(3):224-232.
- Masera OR, Díaz R, Berrueta V. From cookstoves to cooking systems: the integrated program on sustainable household energy use in Mexico. *Energy for Sustainable Development* 2005; 19(1):25-36.
- Romieu I, Rojas-Rodríguez H, Marrón-Mares AT, Schilman A, Pérez-Padilla R, Masera O. Improved biomass stove intervention in rural Mexico: impact on the respiratory health of women. *Am J Respir Crit Care Med* 2009; 180(7):649-656.
- Bundschuh J, Litter MI, Parvez F, Roman-Ross G, Nicolli HB, Jean JS, et al. One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries. *Sci Total Environ* 2012; 429:2-35.
- McClintock TR, Chen Y, Bundschuh J, Oliver JT, Navoni J, Olmos V, et al. Arsenic exposure in Latin America: Biomarkers, risk assessments and related health effects. *Sci Total Environ* 2012; 429:76-91.
- Hurtado-Díaz M, Rojas-Rodríguez H, Rothenberg SJ, Gómez-Dantés H, Cifuentes E. Short communication: impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Trop Med Int Health* 2007; 12(11):1327-1337.
- Bunge V. El estado de saneamiento en las cuencas de México. En: Cotler-Ávalos H, ed. *Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización*. México: INE, 2010:92-5.
- Rojas-Rodríguez H, Hurtado-Díaz M, Castañeda-Martínez A, Santos-Luna R, Hernández-Ávila J. Mortalidad por enfermedades diarreicas en cuencas hidrográficas. En: Cotler-Ávalos H, ed. *Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización*. México: INE, 2010:128-31.
- GRULAC. Primer informe de vigilancia regional. Región de América Latina y El Caribe. De conformidad con el artículo 16 del Convenio de Estocolmo sobre la evaluación de la eficacia. México DF: INE-Semarnat, 2009.
- Méndez-Galván J, Betanzos-Reyes A, Velázquez-Monroy O, Tapia-Conyer R. Guía para la implementación y demostración de alternativas sostenibles de control integrado de la malaria en México y América Central. OPS/CGUP. México: Secretaría de Salud, 2004.
- CEC. Trinational biomonitoring study: assessment of persistent organic pollutants and selected metals in the blood of first-birth mothers in southern Canada and Mexico and in women of reproductive age in the United States. Montreal: Commission for Environmental Cooperation, 2011.
- Rodríguez-Dozal S, Rojas-Rodríguez H, Hernández-Ávila M, Van Oostdam J, Weber JP, Needham LL, et al. Persistent organic pollutant concentrations in first birth mothers across Mexico. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2011; 22(1):60-69.
- Howson C, Hernández-Ávila M, Rall D. Lead in the Americas. México: Instituto Nacional de Salud Pública, 1997.
- Cortez-Lugo M, Téllez-Rojo MM, Gómez-Dantés H, Hernández-Ávila M. Tendencia de los niveles de plomo en la atmósfera de la Zona Me-

- tropolitana de la Ciudad de México: 1988-1998. *Salud Publica Mex* 2003; 45:196-202.
39. García-Vargas GG, Rubio-Andrade M, Del-Razo LM, Borja-Aburto V, Vera-Aguilar E, Cebrián ME. Lead exposure in children living in a smelter community in region Lagunera, México. *J Toxicol Environ Health A* 2001; 62(6):417-429.
40. Rubio-Andrade M, Valdés-Perezgasga F, Alonso J, Rosado JL, Cebrián ME, García-Vargas GG. Follow-up study on lead exposure in children living in a smelter community in northern Mexico. *Environ Health* 2011; 10:66.
41. Acosta-Saavedra LC, Moreno ME, Rodríguez-Kessler T, Luna A, Arias-Salvatierra D, Gómez R, et al. Environmental exposure to lead and mercury in Mexican children: a real health problem. *Toxicol Mech Methods* 2011; 21(9):656-666.
42. Trejo-Acevedo A, Díaz-Barriga F, Carrizales L, Domínguez G, Costilla R, Ize-Lema I, et al. Exposure assessment of persistent organic pollutants and metals in Mexican children. *Chemosphere* 2009; 74(7):974-980.
43. Riojas-Rodríguez H, Solís-Vivanco R, Schilman A, Montes S, Rodríguez S, Ríos C, et al. Intellectual function in Mexican children living in a mining area and environmentally exposed to manganese. *Environ Health Perspect* 2010; 118(10):1465-1470.
44. CDC. Low level lead exposure harms children: A renewed call for primary prevention. Report of the Advisory Committee on childhood lead poisoning prevention of the Centers for Disease Control and Prevention. Atlanta GA: CDC, 2012.
45. Camimex. Informe anual 2011. México: Cámara Minera de México, 2011.
46. Del Razo LM, García-Vargas GG, Valenzuela OL, Castellanos EH, Sánchez-Peña LC, Currier JM, et al. Exposure to arsenic in drinking water is associated with increased prevalence of diabetes: a cross-sectional study in the Zimapan and Lagunera regions in Mexico. *Environ Health* 2011; 10:73.
47. Henn BC, Schnaas L, Ettinger AS, Schwartz J, Lamadrid-Figueroa H, Hernández-Ávila M, et al. Associations of early childhood manganese and lead coexposure with neurodevelopment. *Environ Health Perspect* 2012; 120(1):126-131.
48. Landrigan P, Nordberg M, Lucchini R, Nordberg G, Grandjean P, Iregren A, et al. The Declaration of Brescia on Prevention of the Neurotoxicity of Metals. *Am J Ind Med* 2007; 50(10):709-711.
49. Reunión latinoamericana del asbesto. Carta de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina; 2001. [Consultado 7 de octubre de 2013]. Disponible en: <http://www.abrea.org.br/19mcarta.pdf>.
50. Notimex. Pemex reporta cifra histórica de tomas clandestinas. El Universal 2011 noviembre 11.
51. Riojas-Rodríguez H, Hurtado-Díaz M, Idrovo J. Distribución regional de los riesgos a la salud debidos al cambio climático en México. En: El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos. Cambio climático, amenazas naturales y salud en México. México: U y A editores, 2011:401-432.
52. Secretaría de Salud. Programa de acción específico 2007-2012: Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. México: SSA, 2007.
53. Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal. Informe especial sobre el derecho humano a un medio ambiente sano y la calidad del aire en la Ciudad de México. México: CDHDF, 2008.
54. IPCS. International Program on Chemical Safety. Assessment of Combined Exposures to Multiple Chemicals: Report of a WHO/IPCS International Workshop. Geneva: IPCS, 2009.
55. PAHO. Health and sustainable development in the region of the Americas. Report of the Consultative Meeting. 2011 november 2011; Sao Paulo, Brazil.
56. Pérez-Jiménez D, Diago-Garrido Y, Corona-Miranda B, Espinosa-Díaz R, González-Pérez JE. Enfoque actual de la salud ambiental. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 2011; 49(1):84-92.
57. Rehfuess EA, Bruce N, Bartram JK. More health for your buck: health sector functions to secure environmental health. *Bull World Health Organ* 2009; 87(11):880-882.
58. Arbeláez-Montoya M, Gosselin P, Hacon S, Ruiz A. Indicadores de salud ambiental para la toma de decisiones. En: Galvao L, Finkelman J, Henao S, ed. Determinantes ambientales y sociales de la salud. Washington, DC: OPS, Mc Graw Hill Interamericana, 2010:155-182.
59. Ferreira-Carneiro F C-O, ML, Bonini EM, Franco-Netto, G, Cancio, J. Simpósio Internacional sobre a construação de Indicadores para a Gestão Integrada em Saúde Ambiental. Recife, Brasil: Ministerio da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde/Representação da OPAS/OMS no Brasil, 2006.