



MEDIO AMBIENTE



MIREYA A. ÍMAZ GISPERT
COORDINADORA

0

RECUPERAR Y CONSERVAR
EL MEDIO AMBIENTE
PARA MEJORAR NUESTRA
CALIDAD DE VIDA ➔

MÉXICO 2013

AGENDA CIUDADANA DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

MEDIO AMBIENTE



Agradecimientos:

La *Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación* fue posible gracias al generoso trabajo de miles de personas a quienes dedicamos la presente serie de libros.

La coordinación general de la *Agenda Ciudadana* agradece a todas las instituciones involucradas en el proyecto; en especial, a las comisiones de Ciencia y Tecnología y de Educación de la LXI y LXII Legislatura de la Cámara de Senadores, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el financiamiento otorgado, y a la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM por el trabajo editorial realizado.

Asimismo, los editores de esta serie de libros agradecemos el apoyo que otorgaron los siguientes especialistas al revisar y dar su opinión sobre los contenidos: Luis Aboites Aguilar, Francisco Alba Hernández, Pablo Álvarez Watkins, Rodolfo Corona Vázquez, Arturo Curiel Ballesteros, Manuel Gil Antón, María de Ibarrola Nicolín, Francisco A. Larqué Saavedra, Polioptro Martínez Austria, Blanca Emma Mendoza Ortega, Pablo Mulás del Pozo, Guillermina Natera Rey, Julio Everardo Sotelo Morales.

Coordinación general: José Franco

Coordinación editorial: Rosanela Álvarez

Asistente editorial: Paula Buzo Zarzosa

Corrección de textos: Kenia Salgado y Héctor Siever

Diseño y formación: Miguel Marín y Elizabeth García

Medio ambiente

Primera edición, 2013.

D. R. © Academia Mexicana de Ciencias, A. C.

Casa Tlalpan, km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca s/n,
Col. San Andrés Totoltepec, Del. Tlalpan, C. P. 14400, México, D. F.

ISBN: 978-607-96209-7-4

MEDIO AMBIENTE

COORDINADORA

MIREYA A. ÍMAZ GISPERT

COLABORADORES

CALIDAD DEL AIRE Y FORZAMIENTO CLIMÁTICO

MARÍA AMPARO MARTÍNEZ ARROYO

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (INECC)

CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA, UNAM

TELMA GLORIA CASTRO ROMERO

CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA, UNAM

ÓSCAR PERALTA ROSALES

CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA, UNAM

DARA SALCEDO GONZÁLEZ

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

MARÍA DE LA LUZ ESPINOSA FUENTES

CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA, UNAM

MARÍA ISABEL SAAVEDRA ROSADO

CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA, UNAM

ANA MATILDE DURÓN AGUIRRE

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ



CONSERVACIÓN DE SUELOS
HELENA COTLER ÁVALOS
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (INECC)

BIODIVERSIDAD
ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

JAVIER ENRIQUE SOSA ESCALANTE
CENTRO PARA LA GESTIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

GESTIÓN DE RESIDUOS
MIREYA A. ÍMAZ GISPERT
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE MEDIO AMBIENTE, UNAM

CRISTINA CORTINAS DE NAVA
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE MEDIO AMBIENTE, UNAM

ANTONIO JACINTOS NIEVES
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE MEDIO AMBIENTE, UNAM

JOSÉ LUIS GUTIÉRREZ PADILLA
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE MEDIO AMBIENTE, UNAM

CONTENIDO

7

PRESENTACIÓN

11

RESUMEN EJECUTIVO

15

CAPÍTULO 1
DIAGNÓSTICO

33

CAPÍTULO 2
PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

41

CAPÍTULO 3
PROPUESTAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS
Y SOLUCIONES IDENTIFICADAS

47

CAPÍTULO 4
ESTIMADO PRESUPUESTAL

48

BIBLIOGRAFÍA

PRESENTACIÓN

La construcción de una sociedad democrática y con desarrollo sustentable requiere que ciencia, tecnología e innovación formen parte medular de la agenda nacional y que la ciudadanía conozca los avances en la generación y aplicación del conocimiento. Para lograrlo, es necesario ubicar estos conocimientos como parte de la cultura y como un instrumento imprescindible en la toma de decisiones y en la construcción de políticas públicas, especialmente aquellas encaminadas a combatir los grandes problemas nacionales, incluyendo a la desigualdad social y la pobreza.

La *Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación* ha sido un ejercicio de participación ciudadana y comunicación de la ciencia que, además de elevar la cultura científica, busca conocer la opinión de la población sobre los principales retos que enfrenta el país y ante los cuales ciencia, tecnología e innovación pueden y deben actuar. Es la primera consulta de este tipo que se realiza en México.

Esta iniciativa explora nuevas formas de diálogo entre científicos, ciudadanía y tomadores de decisiones y representa un avance significativo en el camino que México emprende hacia una sociedad basada en el conocimiento.

La *Agenda Ciudadana* constituye una búsqueda hacia la reflexión conjunta con la sociedad y la posibilidad de que ésta se vincule y establezca una nueva relación con la política nacional y las instituciones. La participación de más de 200 instituciones públicas y de la sociedad civil, así como de más de 70 medios de comunicación, permitió que este proyecto acercara el trabajo de los investigadores a la sociedad.

La selección de los temas de la consulta se hizo considerando el amplio abanico de problemas y necesidades de nuestro país y tomando en consideración las capacidades ya existentes, tanto humanas como de infraestructura. La lista inicial de temas era muy extensa. Sin embargo, se seleccionaron diez retos que incluyen problemas que están en la agenda global. Éstos son:

- **Agua.** Asegurar el abasto de agua potable para toda la población.
- **Cambio climático.** Desarrollar la capacidad de prevención y adaptación a los efectos del cambio climático.

- **Educación.** Modernizar el sistema educativo con enfoque humanístico, científico y tecnológico.
- **Energía.** Contar con un sistema de energía limpio, sustentable, eficiente y de bajo costo.
- **Investigación espacial.** Desarrollar una industria aeroespacial mexicana competitiva y con resultados de interés para la sociedad.
- **Medio ambiente.** Recuperar y conservar el medio ambiente para mejorar nuestra calidad de vida.
- **Migración.** Construir una sociedad informada sobre la diversidad migratoria y sensibilizada con los derechos de los migrantes.
- **Salud mental y adicciones.** Integrar la atención de la salud mental y adicciones a la salud pública.
- **Salud pública.** Conformar un sistema integral de salud de alta calidad para toda la población.
- **Seguridad alimentaria.** Lograr un campo más productivo y alcanzar la seguridad alimentaria.

Seis de los temas elegidos para la *Agenda Ciudadana* son relevantes a nivel global y coinciden con los tópicos recientemente definidos como prioritarios por la Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP) en su asamblea general, realizada en marzo de 2013 en Río de Janeiro, Brasil. Estos temas son: agua, cambio climático, medio ambiente, ciencias de la educación, energía, salud y seguridad alimentaria. Lo anterior significa que, más allá de su importancia nacional, los retos seleccionados forman parte de las preocupaciones a nivel mundial.

En la primera consulta realizada en nuestro país participaron más de 150 000 personas, en el periodo del 7 de noviembre de 2012 al 30 de enero de 2013. Este ejercicio se realizó a nivel nacional, lo que permitió obtener un sondeo en las 32 entidades de la República Mexicana.

Como parte de las reflexiones generadas durante este ejercicio, se creó una serie de diez libros que examinan y proponen posibles soluciones a los problemas planteados. La elaboración de los títulos estuvo a cargo de equipos conformados por expertos en cada uno de los temas y fueron revisados por especialistas externos a los equipos de autores, quienes aportaron su valiosa opinión sobre los contenidos de los libros.

Cada volumen presenta un resumen ejecutivo donde se identifican los principales aspectos de cada uno de los retos considerados en la *Agenda Ciudadana*. Los autores realizaron un análisis y diagnóstico de la situación actual de los problemas abordados.

Finalmente, se discuten alternativas de solución y propuestas para la construcción de políticas públicas, considerando un estimado presupuestal, con la intención de ofrecer una guía que resulte útil a los tomadores de decisiones encargados de dar solución a los retos de la agenda nacional.

México vive una etapa de transición en la que el fortalecimiento de las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación debe jugar un papel decisivo para impulsar la competitividad en todos los sectores, el desarrollo económico y el bienestar de la población. En este tránsito es importante crear canales de diálogo y concertación entre los distintos actores sociales.

La participación ciudadana debe ocupar un lugar destacado en la identificación de las problemáticas que necesitan ser atendidas. La *Agenda Ciudadana* constituye una posibilidad para la apropiación del conocimiento científico por parte de la sociedad, así como el punto de partida para la elaboración de nuevas políticas públicas sobre ciencia, tecnología e innovación en nuestro país. ☉

Francisco Bolívar Zapata
*Coordinador de Ciencia, Tecnología e Innovación
de la Oficina de la Presidencia*

Enrique Cabrero
*Director del Consejo Nacional de Ciencia
y Tecnología (Conacyt)*

Roberto Escalante
*Secretario General de la Unión de Universidades
de América Latina y el Caribe (UDUAL)*

Rubén Félix Hays
*Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología
de la LXII Legislatura de la Cámara de Diputados*

José Franco
Presidente de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC)

Alejandro Tello
*Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología
de la LXII Legislatura de la Cámara de Senadores*

RESUMEN EJECUTIVO

Esta sección comprende algunos de los temas más relevantes de la agenda ambiental sobre los que será necesario diseñar una nueva generación de políticas públicas para la actual década. Existen otros temas relevantes que han conseguido colocarse firmemente en la agenda pública, como el cambio climático, la gestión del agua y de la energía, los cuales se abordan en otros títulos de esta serie de libros, razón por la cual no se incluyen en esta sección.

Las instituciones científicas y de educación superior desarrollarán un papel imprescindible en la generación del conocimiento necesario para que dichas políticas públicas tengan la mayor certidumbre de éxito posible.

Los temas considerados en este título son: *Biodiversidad, Conservación de suelos, Calidad del aire y forzamiento climático en megaciudades y Gestión de residuos*.

Los dos primeros temas llevan hacia la integración de la agenda del desarrollo en el territorio no urbano de nuestro país, a efecto de mantener las condiciones de nuestros ecosistemas que hacen factible la permanencia de la sociedad actual.

Los siguientes dos temas, aunque pertenecen propiamente al ámbito urbano, sin duda tienen efectos que se expresan también fuera de ese entorno. Comprender mejor las dinámicas de generación y distribución de contaminantes permitirá reducir y mitigar sus efectos en la salud de la población y de los ecosistemas. A continuación se expone brevemente la razón principal por la que se consideraron estos cuatro temas.

Biodiversidad

México es un país con una riqueza natural extraordinaria que alberga entre 10 y 12% de toda la biodiversidad mundial. Al mismo tiempo, la época actual está marcada por una profunda crisis ambiental que se caracteriza, entre otros aspectos, por una erosión y pérdida de la biodiversidad mundial a una tasa sin precedentes. La magnitud del problema es tal que se ha considerado que transitamos por la sexta extinción masiva, esto es, un proceso en el que la tasa de extinción de especies es varios órdenes de magnitud más acelerada que en un periodo “normal”. La última extinción masiva ocurrió hace 65 millones de años, cuando desaparecieron los dinosaurios (Wake y Vradenburg, 2008).

Conservación de suelos

Los suelos son un elemento básico para la vida y un medio sobre el que descansan servicios ecosistémicos tales como la seguridad alimentaria, la regulación de los recursos hídricos y los ecosistemas. Hoy en día no hay un programa articulado y de largo alcance cuyo objetivo principal sea la conservación, mejoramiento, protección o restauración de los suelos, los cuales se encuentran bajo procesos de presión que han mermado gravemente su calidad. Los instrumentos con los que se cuenta son políticas incluidas en programas enfocados a temas específicos en cuanto a los usos que se le da al suelo (agrícolas, ganaderos y forestales, principalmente).

Calidad del aire y forzamiento climático en megaciudades

La población mundial se ha duplicado en los últimos 50 años y ha aumentado en 2 000 millones de personas en los últimos 25 años, alcanzando ya 7 000 millones en octubre de 2011. Casi la mitad de la población vive en áreas urbanas, las cuales cubren menos de 3% de la superficie terrestre. En ese periodo de 50 años la población urbana mundial ha crecido (~2.7% por año) más rápido que el total de la población (~1.8% por año) (Gurjar y Lelievre, 2005) y es probable que las áreas urbanas mantengan este ritmo de crecimiento en el futuro inmediato. De hecho, por primera vez en la historia del planeta, más de 50% de las personas viven en ciudades, y en México lo hacen 77.8%. Al crecer la población también aumenta la demanda de servicios: transporte, electricidad, agua, etcétera, de modo que el crecimiento acelerado en extensión, población y consumo de energía de las ciudades genera más

emisiones contaminantes a la atmósfera con efectos importantes en la calidad del aire, los ecosistemas y el clima.

Gestión de residuos

La gestión de los residuos sólidos es uno de los mayores retos de las zonas urbanas independientemente de su tamaño, desde las megaciudades hasta las pequeñas ciudades y poblados, que son el hogar de la mayor parte de la humanidad. En nuestro país, más de 77.8% de la población habita en localidades con más de 2 500 personas. A pesar de ser un tema que usualmente se encuentra entre los primeros cinco, en cuanto a la dificultad que representa para las administraciones de una ciudad, es notable la poca atención que recibe en comparación con otros temas de gestión de la misma. El ya señalado crecimiento de la población mundial y su urbanización, conjugado con el rezago en materia de gestión de los residuos en nuestro país, nos coloca ante la perspectiva de contaminar zonas cada vez más extensas de suelos y cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

Frente a este breve panorama, en este libro se profundizará sobre el estado actual que guardan los temas de calidad del aire, biodiversidad, suelos y residuos, y sobre el papel estratégico que puede desempeñar la investigación científica en la construcción de conocimiento que haga posible el diseño de propuestas de solución en cada una de estas temáticas.

De igual forma, se abordará el estado de la política pública actual y se definirán sus principales deficiencias, con el objetivo de aportar elementos para el diseño de nuevas políticas que nos permitan superar la grave crisis que enfrentan nuestros ecosistemas y nos otorguen mejores he-

ramientas para una adecuada gestión del territorio.

Aunque la agenda de investigación asociada a esta problemática es extensa, las principales líneas de investigación se refieren al cumplimiento de cuatro grandes objetivos:

- Realización del inventario nacional de especies.
- Instrumentación del observatorio de forzamiento radiativo y de contaminantes atmosféricos.
- Desarrollo de un sistema para la conservación y el uso adecuado de los suelos.
- Desarrollo de un sistema para una adecuada reducción y un manejo integral en la gestión de residuos. ☉

DIAGNÓSTICO

Biodiversidad

La diversidad biológica, o biodiversidad, se refiere a todas las formas en que la vida se manifiesta en la Tierra. En su sentido más amplio, la biodiversidad no se limita al número de especies que han existido en la historia de la vida, sino que también comprende la variación genética en individuos y poblaciones, así como la diversidad de ecosistemas y biomas (Wilson, 1988). Por ejemplo, las diferentes variedades de una misma especie, como el maíz (*Zea mays*), que han sido desarrolladas por la cuidadosa selección de campesinos por miles de años, así como la variedad de bosques de coníferas o selvas húmedas del mundo; todo ello está contenido en el concepto de biodiversidad.

A pesar de los más de 300 años de trabajo sistemático desarrollado por miles de científicos para conocer la variedad de la vida en el planeta, seguimos lejos de alcanzar una idea precisa de su dimensión. En la actualidad se han descrito alrededor de 1.74 millones de especies en el mundo; sin embargo, las estimaciones de la riqueza total de especies (descubiertas y por descubrir) van desde siete hasta cien millones, lo que nos muestra nuestro profundo desconocimiento sobre la riqueza del patrimonio natural universal (Chapman, 2009). Por ejemplo, la expedición oceánica del *Sorcerer II*, que en 2006 realizó muestreos en la superficie de los océanos en Canadá, Sudamérica, Australia, África y el Atlántico, obtuvo más de 200 litros de agua para inventariar los microorganismos, y como resultado de los análisis, sólo en una muestra del Mar de los Sargazos, en el Atlántico norte, los investigadores encontraron alrededor de 1.2 millones de genes, que infieren la presencia de unas 1 800 especies de bacterias (Gross, 2007).

Para México la situación del conocimiento de su biodiversidad no es muy diferente. Siendo uno de los 17 países megadiversos, que en conjunto reúnen entre 65 y 70% de la riqueza mundial de especies, sólo posee entre 10 y 12% de la biodiversidad del mundo.

A la fecha se conocen alrededor de 109 mil especies de todos los grupos taxonómicos en el país, lo que supone que el total de especies puede oscilar alrededor de 200 mil en los cálculos más conservadores (Llorente-Bousquets y Ocegüera, 2008). Si estas cifras son certeras, significa que hemos descrito apenas un poco más de la mitad de las especies de nuestro país.

México también es un país particularmente rico en ecosistemas terrestres, fluviales, lacustres, costeros y marinos. Para los ecosistemas terrestres existen diversos sistemas de clasificación, que varían según la especificidad con que describen los componentes biológicos y la estructura fisonómica de las comunidades vegetales (Miranda y Hernández X., 1963; Rzedowski, 1978; INEGI, 2005). Challenger y Soberón (2008) los engloban en siete clases:

bosques tropicales perennifolios, bosques tropicales caducifolios, bosques mesófilos de montaña, bosques templados de coníferas y latifoliadas, matorrales xerófilos, pastizales y humedales. Bajo esta clasificación, los matorrales xerófilos son las comunidades vegetales de mayor extensión del territorio, y los bosques mesófilos y los humedales, los de distribución más restringida (tabla 1).

Tabla 1. Extensión original de los diferentes ecosistemas en México, superficie actual en condición primaria (inalterada) y secundaria (alterada), y porcentaje de superficie perdida

Vegetación	Cobertura original (millones de ha)	%	Superficie actual (millones de ha)		Pérdida %
			Condición primaria	Condición secundaria	
Bosques tropicales perennifolios	17.82	9.4	3.16	6.31	46.9
Bosques tropicales caducifolios	33.51	17.6	7.93	14.19	34
Bosques mesófilos de montaña	3.09	1.6	0.87	0.95	41.1
Bosques templados de coníferas y latifoliadas	43.96	23.2	21.19	11.13	26.5
Matorrales xerófilos	70.49	37.1	53.1	5.36	17.1
Pastizales	18.68	9.8	8.42	4.12	32.9
Humedales	2.34	1.2	1.22	0.07	44.9

Fuente: Challenger y Soberón (2008).

En la zona económica exclusiva marítima de México existen seis provincias marinas que incluyen 24 ecorregiones en su clasificación más desagregada: Baja California Pacífico, Golfo de California, Región Panámica del Océano Pacífico, Suroeste del Golfo de México, Banco de Campeche y Caribe mexicano. A pesar de ser el duodécimo país a nivel mundial con mayor superficie marina y una enorme riqueza ecosistémica y específica, el conocimiento que se tiene sobre su biodiversidad es en general bastante pobre, con excepción de las especies de interés comercial.

De acuerdo con Ceballos *et al.* (2010), la tasa de extinción “natural” es de una

especie que se extingue entre 10 000 especies cada 100 años; mientras la tasa de extinción actual, estimada a partir de las especies extintas desde que se tiene registro histórico extraído de las listas de la International Union for Conservation of Nature (IUCN), es 6 500 veces más acelerada. En la región neotropical la tasa de extinción de vertebrados es casi 280 veces más acelerada que la tasa natural (Ceballos y Ortega-Baés, 2011). Para ponerlo en perspectiva, hace aproximadamente 12 mil años se extinguió más de 85% de los mamíferos del mundo con peso mayor a 45 kg (megafauna) (Gill *et al.*, 2009), posiblemente por un efecto combinado de un

calentamiento global que marcó el final de la última Era del Hielo y la expansión humana por el mundo. La ola de extinción actual es varios órdenes de magnitud más alta respecto de la que acabó con la megafauna, pues involucra a todos los grupos taxonómicos en el planeta.

Se sabe que en México se han extinto por lo menos 127 especies (26 plantas, 38 peces, 29 anfibios, 19 aves y 15 mamíferos) de las cuales más de la mitad eran endémicas, lo cual significa que su pérdida es definitiva. Varias de estas especies presentaban distribuciones geográficas naturales muy pequeñas o restringidas a islas, condición que las hace particularmente vulnerables.

Principales amenazas

Los factores que se han identificado como amenazas para la biodiversidad y causales directos de la extinción de especies varían según el grupo taxonómico, pero en general se incluyen la destrucción de su hábitat, la contaminación, la sobreexplotación, la introducción de especies exóticas y, más recientemente, el cambio climático. En especies terrestres, como en plantas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, una causa generalizada es la pérdida de su hábitat por cambios en la cobertura del terreno. Las especies de distribución restringida y especialistas a ciertos tipos de ambientes, como algunas plantas que están asociadas a manantiales, o anfibios estrictos a determinado bosque mesófilo, son ejemplos, pues incluso cambios relativamente pequeños en esos sitios pueden tener impactos muy importantes en las poblaciones.

El cambio en la cobertura del terreno provoca cambios en la disponibilidad de alimento, refugios, sitios para la re-

producción, etcétera, además de causar la fragmentación y reducción del área habitable, lo que ha llevado a la extinción local de algunas poblaciones, como los grandes carnívoros (*e.g.*, lobo, jaguar, puma) en la región central del país, o incluso de algunas otras especies como el carpintero imperial (*Campephilus imperialis*) en los bosques de la Sierra Madre Occidental.

En México, la pérdida de áreas naturales es un problema central en la conservación de la biodiversidad. De acuerdo con los números de Challenger y Soberón (2008), alrededor de 50% del territorio ya ha perdido su cobertura vegetal original, y en estas zonas perturbadas 22% presenta cobertura de vegetación secundaria. Esto significa que cerca de 27% del territorio ya ha sido profundamente transformado a zonas agrícolas, a pastizales para el ganado o a zonas urbanas. Los tipos de vegetación más afectados por la deforestación son las selvas o bosques tropicales perennifolios o siempre verdes, los humedales y el bosque mesófilo de montaña, donde más de 40% de la superficie ha sido totalmente transformada (tabla 1).

México cuenta con un importante proyecto de áreas protegidas encabezado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), la cual administra 174 áreas naturales protegidas que equivalen a 25 millones 334 mil 353 hectáreas y 317 áreas certificadas de 357 mil 616 hectáreas. Además, hay 308 áreas estatales y 109 municipales que son gestionadas por los gobiernos locales. Sin embargo, esto no es suficiente para proteger el patrimonio natural del país.

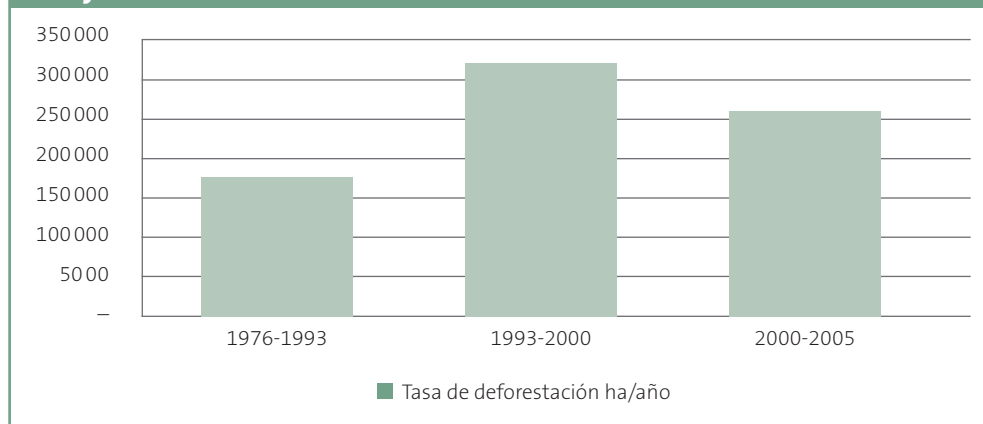
La tasa de deforestación en México, es decir, la velocidad a la que se desmontan las áreas naturales, no ha sido fácil de

estimar, principalmente porque la cartografía desarrollada históricamente para hacer los cálculos de cobertura de terreno ha seguido metodologías diferentes que impiden una comparación directa (Semarnat, 2006). Existen diversos esfuerzos para cuantificar la tasa de deforestación en el país, los cuales arrojan cifras muy dispares, que van desde 75 mil a cerca de 2 millones de ha/año en distintos periodos en el tiempo. Uno de los estudios más recientes, en el que se buscó hacer una homogeneización de las fuentes, muestra que la tasa de deforestación de 1976 a 1993 fue de 175 mil ha/año, y de 1993 a 2000 fue de 319 mil ha/año (Velásquez *et*

al., 2002). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la tasa de deforestación para México de 1990 a 2000 fue de 348 mil ha/año, y de 2000 a 2005 fue de 260 mil ha/año (FAO, 2006); sin embargo, estas estimaciones tampoco están exentas de problemas en sus fuentes (Hoare, 2005) (figura 1).

La pérdida de hábitat no es la única amenaza para las especies terrestres. Algunas poblaciones y especies extintas o en vías de extinción han sido objeto de una persecución dirigida o de una explotación desmedida. Por ejemplo, en la década de 1950 se estableció una campaña

Figura 1. Tasa de deforestación anual en México en tres periodos diferentes entre 1976 y 2005



desde el gobierno mexicano dirigida a erradicar a los depredadores del ganado en el norte del país, específicamente a los lobos, osos, pumas y coyotes, siguiendo políticas implementadas en Estados Unidos desde finales del siglo XIX. Después de algunas décadas el programa logró parcialmente su cometido, pues en 1964 se cazó al último oso pardo (*Ursus arctos nelsoni*) de que se tenga registro en territorio nacional, y hacia la década de 1980 se declaró extinto en estado silvestre al lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) (Ceballos y Oliva, 2005).

En los cenotes de Yucatán probablemente se han extinguido dos subespecies de peces cíclidos: *Cichlasoma urophthalmus conchitae* y *C. u. ericymba* (Schmitter-Soto, 2001; Conabio, 2012). Por otro lado, la extracción por coleccionistas de ciertos grupos de plantas, como cactáceas, orquídeas y cícadas, ha diezariado poblaciones de varias especies, al tiempo que la explotación excesiva de aquellas de importancia comercial, como algunos peces de agua dulce, las ha llevado a números poblacionales tan bajos que están en alguna categoría de riesgo, como es el caso del pescado blanco de Chapala (*Chirostoma promelas*) (Rojas y Sasso, 2005).

El tráfico ilegal de vida silvestre es uno de los principales factores que han afectado negativamente a las poblaciones de especies nativas. Algunas fuentes mencionan que el tráfico de vida silvestre se ubica entre las tres primeras causas de extinción de especies a nivel mundial, junto con la pérdida de hábitat y los efectos causados por especies invasoras (IFAW, 2008; Conabio, 2010). En el mundo existen 4 956 especies de animales reguladas contra la explotación excesiva debido al comercio internacional; entre ellas,

602 (12%) reptiles, 1 420 (29%) aves y 572 (12%) mamíferos; de éstas, 602 (12%) se encuentran en territorio nacional (CITES, 2011; Conabio, 2011).

El tráfico ilegal de vida silvestre es una industria masiva a nivel global, comparable únicamente con el tráfico de drogas y armas, con un valor de entre 10 mil y 20 mil millones de dólares anuales (CCA, 2005; Interpol, 2008). Al ser una actividad ilícita, resulta prácticamente imposible hacer una estimación real de las extracciones anuales de fauna silvestre de su hábitat natural. Sin embargo, para algunas regiones del país existen estimaciones que muestran la magnitud del problema. Por ejemplo, en Charco Cercado, San Luis Potosí, ubicado en el Altiplano potosino-zacatecano, se ha documentado que de 1979 a 2011 existió un incremento de 25% en el número de especies comercializadas en esa localidad; dicho aumento no sólo se observó en la pérdida de especies, sino también en la composición de los diferentes grupos de organismos que han sido sujetos a un aprovechamiento ilegal y en la complejidad del *modus operandi* de los comerciantes. Las aves fueron el grupo de vertebrados con mayor grado de comercialización ilegal (Sosa-Escalante, 2011). Otro caso paradigmático lo observamos en la Península de Yucatán (Campeche, Quintana Roo y Yucatán), donde en un periodo de 11 años se han asegurado o decomisado 655 piezas (productos y subproductos), 455 kg de carne y 1 570 ejemplares de por lo menos 29 especies de mamíferos terrestres nativos (Profepa, 2012). Todas las especies con distribución en la Península de Yucatán incluidas en los Apéndices I y II de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres)

han sido aseguradas o decomisadas por la autoridad correspondiente, así como por lo menos nueve especies en peligro de extinción, cuatro amenazadas y seis endémicas de Mesoamérica. El mayor número de ejemplares asegurados o decomisados ha sido de pecarí *Peccari tajacu* (355 ejemplares), mono araña *A. geoffroyi* (328 ejemplares), venado cola blanca *Odocoileus virginianus* (299 ejemplares), coatí *Nasua narica sp.* (103 ejemplares), venado temazate *Mazama sp.* (36 ejemplares), jaguar *Panthera onca* (26 ejemplares), tigrillo *Leopardus wiedii* (23 ejemplares) y ocelote *Leopardus pardalis* (21 ejemplares), por señalar los más relevantes.

Otras causas de la pérdida de biodiversidad en nuestro país, específicamente de la flora y fauna acuáticas, son la contaminación y la reducción de los cuerpos de agua por sobreexplotación o por la modificación de los ciclos hidrológicos debido a la construcción de presas o desvío de cauces. Un caso particularmente grave es el del Lago de Xochimilco, que por encontrarse en el Valle de México ha sufrido una enorme presión desde hace varios siglos y actualmente se mantiene como un conjunto de canales y lagos que representan apenas 5% del sistema lacustre original y ha perdido una alta proporción de sus especies nativas (Zambrano *et al.*, 2007; Contreras *et al.*, 2009).

En especies marinas, la sobreexplotación comercial, la contaminación de los mares y la profunda degradación de decenas de lagunas costeras —sitios de reproducción de un gran número de especies marinas— son las causas principales de la pérdida de diversidad biológica (Naranjo y Dirzo, 2009). Por otro lado, la introducción de especies exóticas ha sido particularmente nociva para la biodiversidad

de sistemas cerrados como son las islas o los lagos (Aguirre Muñoz *et al.*, 2009). Por ejemplo, los gatos ferales en Isla Guadalupe han llevado a dos especies endémicas de aves a la extinción y han mermado las poblaciones de otras más (Luna Mendoza *et al.*, 2009).

El cambio climático, generado por el incremento en las concentraciones de gases de efecto invernadero como consecuencia de la quema de combustibles fósiles, se ha identificado como uno de los factores causales de la extinción de poblaciones y especies, con posibles impactos profundos en las próximas décadas (Parry *et al.*, 2007). Recientemente se han documentado las extinciones de poblaciones de varias especies de lagartijas del género *Sceloporus* ocurridas en las últimas tres décadas en diferentes partes del país, como consecuencia directa del calentamiento global (Sinervo *et al.*, 2010). Las proyecciones hacia el futuro, en este estudio y otros, sugieren que una proporción importante de la biodiversidad mexicana podría verse seriamente afectada por los cambios en el clima, como es el caso de los bosques mesófilos de montaña (Ponce *et al.*, 2012).

Es importante resaltar que los agentes directos de la pérdida de biodiversidad mencionados son consecuencia de otra serie de factores subyacentes de naturaleza social, económica, cultural y política, y en muchos casos se encuentran estrechamente interrelacionados de forma no lineal, dándole una dimensión altamente compleja a este problema (Challenger y Dirzo, 2009). Los factores sociales asociados a la degradación de los sistemas naturales y pérdida de la biodiversidad son de diversa índole y varían en importancia relativa y magnitud en las diferentes re-

giones del país, pero incluyen, entre otros, los demográficos, en especial el crecimiento poblacional acompañado del aumento desmedido en la demanda de bienes y servicios; la falta de información y sensibilidad con respecto a la importancia de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos a nivel de la población en general y de las autoridades en todos los niveles de gobierno; los conflictos sociales originados por el control y tenencia del territorio, así como el desplazamiento forzado y reubicación de poblaciones; el crimen organizado en sus diferentes expresiones, como el narcotráfico, la tala ilegal y el tráfico de especies; todo lo anterior está estrechamente asociado con la omnipresente corrupción y ausencia de aplicación de la ley.

Debe señalarse que México cuenta con un importante proyecto de áreas protegidas encabezado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), la cual administra 174 áreas naturales protegidas, que equivalen a 25 millones 334 mil 353 hectáreas, y 317 áreas certificadas de 357 616 hectáreas. Además, hay 308 áreas estatales y 109 municipales que son gestionadas por los gobiernos locales. Sin embargo, este sistema, federal, estatal y local, no está siendo suficiente para contener el acelerado deterioro y pérdida del patrimonio natural del país, por deficiencias en su instrumentación y ausencia de recursos suficientes para completar y hacer cumplir los correspondientes planes de manejo.

Conservación de suelos

Los suelos conforman una delgada y desigual capa sobre la superficie terrestre, pero son responsables de numerosas funciones indispensables, como proveer el

medio para el enraizamiento de las plantas y suplir los nutrientes necesarios para su desarrollo. Ésta constituye una de las funciones más conocidas; sin embargo, los suelos cumplen con otras funciones igual de trascendentes, como son la regulación de la parte terrestre del ciclo hidrológico (evaporación, infiltración, escurrimiento) y la purificación del agua. Asimismo, constituyen el medio donde se realizan los ciclos biogeoquímicos necesarios para el reciclaje de los compuestos orgánicos. Como resultado de este proceso se estima que el contenido de carbón almacenado en el primer metro del suelo es 1.5 veces mayor al acumulado en la biomasa (Sombroek *et al.*, 1993), constituyendo la tercera fuente más importante de carbono (LaI, 1999).

Según sus características, el suelo funciona también como hábitat de un gran número de organismos, desde células microscópicas a pequeños mamíferos y reptiles, haciendo posible la conservación de una gran biodiversidad. Finalmente, en los ecosistemas urbanos, el suelo juega un papel fundamental como cimiento de la infraestructura urbana y como soporte de sus áreas verdes (Huinink, 1998).

La importancia de los suelos para el sostén de la vida humana ha sido reconocida durante el último medio siglo con la aparición de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y decenas de otras instituciones internacionales y nacionales, que año tras año alertan sobre la degradación y sus repercusiones en el mantenimiento de la biodiversidad, la mitigación de la pobreza y la seguridad alimentaria (PNUMA, 2000). Asimismo, ante el cambio climático, la fertilidad de los suelos también variaría, alterando la vulnerabilidad del rendimiento de los cultivos en zonas áridas y húmedas

de manera diferenciada (Castillo-Álvarez *et al.*, 2007).

Causas de la degradación de los suelos

La degradación de suelos se refiere a los procesos inducidos por la sociedad que disminuyen la capacidad actual y futura de los suelos para sostener la vida humana (Oldeman, 1998). Los fenómenos de degradación merman la calidad de los suelos, entendida ésta como la capacidad de un específico tipo de suelo para funcionar, dentro de los límites de un ecosistema, natural o manejado, para sostener la productividad vegetal o animal, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la vida humana (Doran y Parkin, 1994).

La degradación de suelos ocurre como respuesta a numerosos factores ambientales y socioeconómicos, rara vez aislados. Si bien es cierto que en algunos paisajes los suelos pueden ser más erosionables o las lluvias más erosivas, en prácticamente todos el factor preponderante recae en las actividades humanas.

Desde la década de 1960 se han realizado diversas evaluaciones para analizar la degradación de suelos en México. Estas estimaciones indican que entre 45 y 90% de la superficie nacional presenta evidencias de erosión. Esta divergencia es resultado del manejo de conceptos y metodologías distintas, por lo que ninguna evaluación es comparable con la otra. El último estudio de degradación de suelos (Semarnat/Colegio de Posgraduados, 2002) menciona que 45% de la superficie está afectada por algún proceso de degradación, principalmente causada por actividades agropecuarias. Sin embargo, estos datos no han sido actualizados, lo cual impide conocer los resultados de los

esfuerzos gubernamentales y sociales para prevenir y revertir la degradación de los suelos.

Si bien la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica aún constituye un problema irresuelto, la intensificación de las actividades agrícolas, acompañadas de políticas de subsidios para ciertos agroquímicos y la escasa capacitación en campo, está ocasionando nuevos problemas de degradación, en la forma de declinación de la fertilidad y de contaminación difusa.

En relación con el primero, la compactación del suelo por el paso repetido de la maquinaria agrícola, aunada a la escasa, y a veces nula, incorporación de materia orgánica, está causando el deterioro de las condiciones físicas y químicas que sustentan la fertilidad de los suelos.

En relación con la contaminación difusa, ésta es causada por el lavado de contaminantes (provenientes de pesticidas) y de nutrientes en exceso (provenientes de fertilizantes) a través del suelo, hasta llegar a cursos de agua superficiales o sistemas de agua subterráneos. La contaminación difusa puede ser continua o intermitente, siendo esta última la más común debido a que está relacionada con actividades estacionales propias de la agricultura, como la época de fertilización o de aplicación de pesticidas (Carpenter *et al.*, 1998). La intensidad de la lixiviación de pesticidas y fertilizantes varía de una región a otra; sin embargo, la mayor vulnerabilidad ocurre en regiones con altas precipitaciones en suelos, principalmente arenosos, y con sistemas agrícolas intensivos (Brady y Weil, 1999; Hanson y Trout, 2001; Ongley, 1997). Una primera estimación indica que 19% de las cuencas del país podrían estar presentando problemas por contaminación difusa (Cotler

y Lura, 2010). Durante mucho tiempo las consecuencias de la contaminación difusa pasaron desapercibidas; hoy en día, la intensidad de las actividades humanas y el efecto acumulativo de los contaminantes en los ríos y cuerpos de agua han tomado tales proporciones que ponen en riesgo la salud de los ecosistemas, la salud humana y las actividades productivas en áreas terrestres y marinas muy extensas. Hace apenas unas décadas, algunos países de la Unión Europea y Estados Unidos comenzaron a establecer políticas para enfrentar este fenómeno (Collins y McGonigle, 2008; DEFRA, 2007) con costos que han llegado a alcanzar 597 millones de dólares (Secchi *et al.*, 2007).

Consecuencias de la degradación de suelos

Inicialmente las consecuencias de la degradación de suelos pueden dividirse en dos tipos: aquellas de interés privado, donde el dueño de la tierra es el principal afectado, y aquellas de interés público, donde el conjunto de la sociedad resulta perjudicada por las externalidades negativas de este proceso. Las consecuencias regionales y globales son más extensas y costosas (Cotler *et al.*, 2007).

Las consecuencias de la degradación de suelos sobre las actividades agropecuarias son notorias en México. Según el VIII Censo Agropecuario (INEGI, 2007), durante el ciclo primavera-verano 2007 más de un cuarto de las unidades de producción con superficie agrícola del país (31%) no fueron sembradas, aduciendo que el suelo estaba erosionado, con baja fertilidad, o bien, que se dejó descansar. Esto último es una estrategia de los agricultores para permitir al suelo recuperar parte de su fertilidad, luego de su deterioro, lo

que significa que en 300 890 unidades de producción no se obtuvo ninguna cosecha durante esa temporada, impactando la seguridad alimentaria de México.

La degradación de los suelos genera altos costos en la agricultura mexicana. Margulis (1992) sugiere que el efecto de la erosión en las explotaciones agrícolas (en términos de la soja, el maíz, el sorgo y el rendimiento de trigo) podría superar mil millones de dólares. Por otro lado, Cotler *et al.* (2011) estiman que por erosión de suelos agrícolas en México se pierde el equivalente de 38.3 a 54.5 dólares/ha, equivalentes a 4.2-7.2% del valor de producción del maíz. En general, Pimentel *et al.* (1993) estiman una disminución de 15 a 30% de alimentos provenientes de tierras de temporal a causa de la erosión de suelos.

A estos costos sería necesario sumar las externalidades de la degradación de suelos como la producción de azolves y eutrofización en cuerpos de agua, el incremento de la necesidad de potabilización de agua, la pérdida de capacidad de generación de energía, las tolvaneras y sus problemas relacionados con salud, entre otros.

Calidad del aire y forzamiento climático en megaciudades

Los contaminantes atmosféricos, además de tener un impacto directo en la calidad del aire, son agentes importantes en el forzamiento radiativo y promueven variaciones anormales en el clima (Crutzen y Ramanathan, 2003; IPCC, 2007; Hidy *et al.*, 2011). Los gases y partículas contaminantes absorben o dispersan radiación solar, alteran la meteorología regional (Raga *et*

al., 2001; Ramanathan *et al.*, 2001) y modifican la química de la atmósfera. Además, varios estudios indican que la contaminación generada en las zonas metropolitanas (gases y partículas) se transporta por vientos fuera de las ciudades modificando los niveles de radiación, temperatura y fotoquímica del lugar a donde emigran y afectando el clima a escala global (Jacobson, 2001; Molina y Molina, 2002). Al mismo tiempo, el cambio climático altera los procesos atmosféricos que determinan la concentración de contaminantes. Por ejemplo, la velocidad de las reacciones químicas depende de la temperatura, al igual que las velocidades de precipitación de sustancias a tierra, la lluvia, las concentraciones de compuestos naturales, etcétera (Ravishankara, 2012).

Los gobiernos de algunos países han implementado acciones para controlar la emisión de contaminantes con la finalidad de proteger la salud de la población; sin embargo, han puesto poca atención en los efectos que las emisiones contaminantes tienen en el clima. Al mismo tiempo, las políticas para mitigar los efectos del calentamiento global pueden tener implicaciones importantes en la calidad del aire. Por ello es importante enfatizar la necesidad de abordar integralmente el estudio de la contaminación del aire y el cambio climático en el diseño de políticas ambientales.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007) concluye que las emisiones antropogénicas de gases y partículas de efecto invernadero se mantendrán y afectarán la atmósfera y el clima, es así que la mayoría de los modelos climáticos pronostican que la temperatura aumentará a nivel global.

La calidad del aire y el clima afectan directamente los sectores de salud, agrícola, forestal, de transporte y energético, entre otros, así que los estudios de calidad del aire pueden identificar áreas de vulnerabilidad y crear escenarios con una perspectiva de prevención, en el aspecto tanto tecnológico como de políticas públicas.

La mayor parte de la energía que mantiene el clima de la Tierra proviene del Sol, debido a que los componentes de la atmósfera la absorben y calientan el ambiente. Parte del calor se irradia de nuevo al espacio, enfriando el planeta. El equilibrio entre la energía absorbida e irradiada determina la temperatura promedio del planeta. El forzamiento radiativo implica cambios en el balance de la radiación (calor) entrante o saliente de un sistema climático. El balance de radiación se puede alterar por varios factores, como la intensidad de la energía solar que llega a la superficie (radiación solar incidente), la reflexión de dicha energía hacia el espacio por nubes, la absorción de energía por gases atmosféricos y la emisión de calor por diversos materiales. Un forzante positivo tiende a calentar el sistema (el cual recibe o conserva más energía que la que emite), mientras que uno negativo lo enfría (más energía perdida que recibida). Así, gases invernadero como el CO₂ y el CH₄ son forzantes positivos.

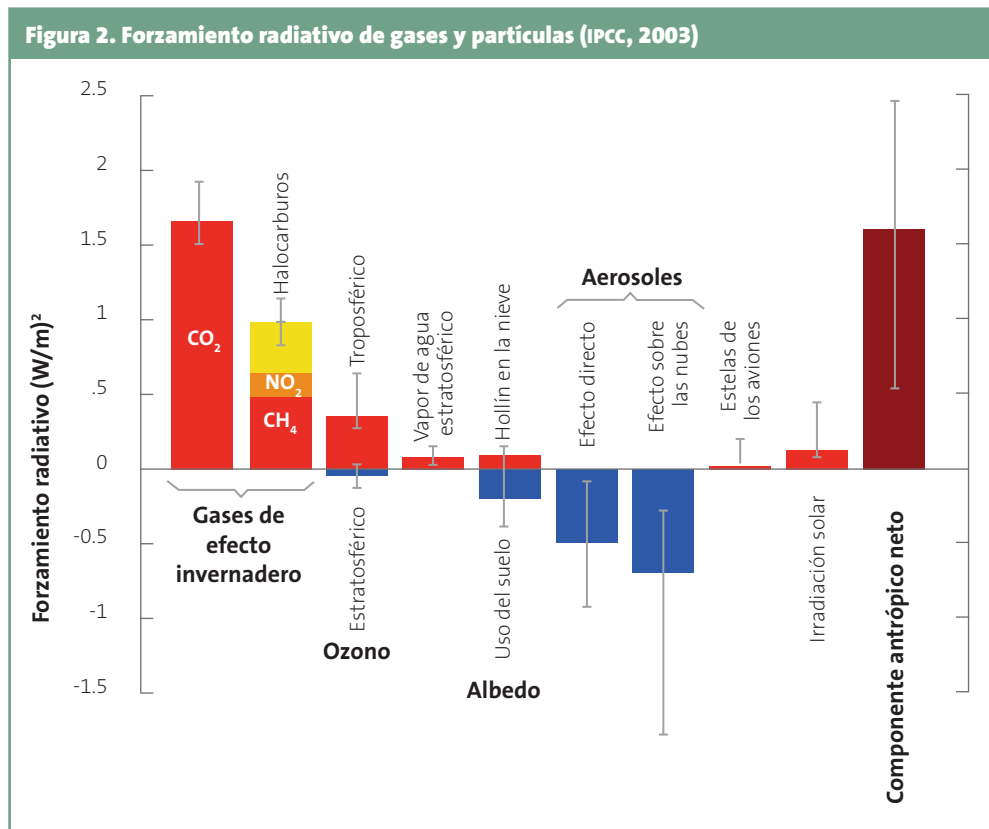
Las partículas de aerosol también influyen fuertemente en el clima, pues afectan la transferencia de radiación y el balance radiativo del sistema Tierra-atmósfera. El carbono negro (CN) en las partículas absorbe grandes cantidades de luz solar y opera como un núcleo de condensación de nubes que cambia las propiedades de las gotas y disminuye la precipitación. Sin embargo,

los aerosoles también provocan un enfriamiento en la atmósfera, muchos reflejan la luz solar hacia al espacio y evitan que llegue a la superficie terrestre. La magnitud de este fenómeno depende del tamaño y de la composición de las partículas de aerosol, así como de sus propiedades ópticas.

Se piensa que el enfriamiento provocado por aerosoles puede disminuir el calentamiento provocado por emisiones de CO_2 , atribuidas a actividades humanas (IPCC, 2007); sin embargo, éstas tienen un efecto nocivo en la calidad del aire, y tie-

nen impactos en la salud de las personas y en los ecosistemas.

La figura 2 muestra la contribución de gases y partículas en el forzamiento radiativo del planeta. Se puede observar que los dos gases que generan un efecto radiativo mayor son el bióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4). Por otro lado, los aerosoles son forzantes negativos si tienen efectos en nubes, pero son positivos cuando se encuentran como hollín o partículas con alto contenido de CN.



Megaciudades

Una megaciudad se define como una urbe con 10 millones de habitantes o más (Gurjar y Lelieveld, 2005), lo que implica un reto para las autoridades en términos de administración del transporte, disposición de residuos, abastecimiento de servicios y salud (Lynn, 1999; Graizbord y Monteiro, 2011).

Las proyecciones sugieren que los servicios serán cada vez más difíciles de cubrir a medida que más personas migren de las áreas rurales a las urbanas, especialmente en países en desarrollo donde se localizarán las nuevas megaciudades (Gurjar *et al.*, 2008). La figura 3 muestra una distribución mundial de las megaciudades al 2004.



Las plumas de contaminantes que generan las megaciudades contienen una gran cantidad de compuestos perjudiciales, como los gases de efecto invernadero, los precursores de ozono (O₃) y las partículas, los cuales están afectando el clima del planeta (Molina *et al.*, 2004; Madronich, 2006).

Pese a que las ciudades son diferentes unas de otras, pues cada una tiene su estructura, morfología y dinámica particular, presentan problemas comunes; todas ellas son dinámicas y cambian continuamente alterando el estilo de vida, el comportamiento social y la salud de sus habitantes.

En general, la urbanización se vincula con problemas de salud por escasez de agua, contaminación, sedentarismo, ruido y desnutrición. De hecho, las principales causas de muerte y discapacidad en el siglo XXI se deben a enfermedades no transmisibles.

Asimismo, las ciudades pueden representar ventajas en el proceso de ocupación del territorio y de economías de escala, y las soluciones a los problemas de las ciudades se encuentran en ellas mismas; pero es necesario plantear un desarrollo urbano que minimice los daños a la salud de los habitantes y de los ecosistemas. Es

urgente configurar ciudades más inteligentes y bajas en emisiones de carbono para lograr un ahorro neto en su consumo de energía, incorporando sistemas de generación distribuida apoyados en energías renovables, como contribución a la lucha contra la contaminación atmosférica y el calentamiento global (Conama, 2012).

Forzadores climáticos de vida corta

Los gases de efecto invernadero más importantes son el bióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4). La capacidad de actuar como gas invernadero de una molécula de CH_4 es 20 veces mayor que la de una molécula de CO_2 . Sin embargo, el bióxido de carbono es más abundante en la atmósfera y, por lo tanto, tiene una mayor contribución en el calentamiento global.

El metano (CH_4) tiene una vida media de diez años, además de que es precursor del ozono (O_3) troposférico, que también es un gas de efecto invernadero. El ganado, los cultivos de arroz y los procesos microbiológicos de residuos (rellenos sanitarios, estiércol y aguas residuales), así como la extracción de carbón mineral, petróleo y gas natural, son las actividades con mayores emisiones de metano. A esto debe añadirse el riesgo de licuación del *permafrost* en Groenlandia, Siberia y otras zonas cercanas al Ártico, así como emisiones submarinas que ocurren al desaparecer el hielo ártico, y que tienen un enorme potencial de liberación de metano a la atmósfera.

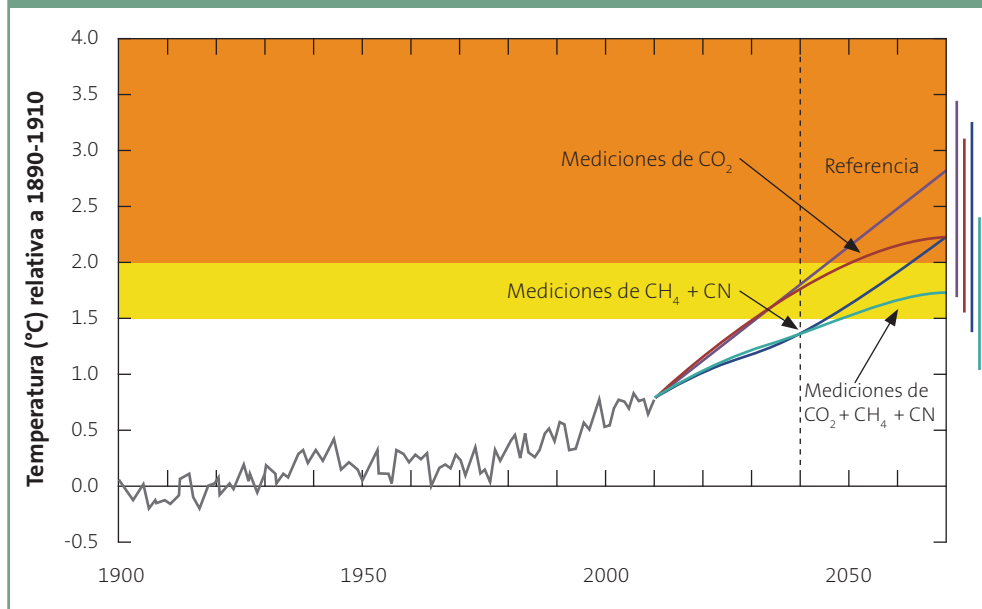
A nivel de superficie, el ozono (O_3) es un contaminante secundario que se forma en procesos fotoquímicos, y el cual puede controlarse mediante la reducción de sus precursores (óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgá-

nicos volátiles y metano), los cuales a su vez son contaminantes del aire. El O_3 juega un papel importante en la troposfera debido a su reactividad química y a sus efectos adversos para la salud humana, la vegetación y el clima (IPCC, 2001). Las observaciones de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) en latitudes medias y altas (Norte América, Europa y Asia) muestran un aumento desde mediados del siglo XX como resultado del incremento en el uso de combustibles fósiles, lo cual conduce también a una elevación de las concentraciones de O_3 (Lin *et al.*, 2000; Jaffe y Ray, 2007).

El carbono negro (CN) es un contaminante primario de la quema de combustibles fósiles, biomasa, etcétera, y junto con otros compuestos presentes en las partículas atmosféricas causa padecimientos respiratorios (Pope III y Dockery, 2006; Laden *et al.*, 2006). Se considera un forzante climático porque absorbe calor en la atmósfera, y si se deposita en nieve o hielo reduce su albedo o reflexión. Tiene una vida media en la atmósfera de algunos días y se estima que contribuye fuertemente al calentamiento global (Ramanathan y Carmichael, 2008). La figura 4 muestra las estimaciones del aumento en la concentración de CO_2 , CH_4 y CN en un futuro, según distintos escenarios de crecimiento, y su contribución al incremento de la temperatura media del planeta.

La evidencia científica reciente muestra que el control de las partículas con carbono negro y metano (precursor del ozono troposférico) a través de una rápida implementación de medidas de reducción de emisiones tendría beneficios inmediatos y múltiples para el bienestar humano y el clima (<http://www.mce2.org/>).

Figura 4. Estimaciones del incremento de temperatura por especies de forzamiento radiativo



Gestión de residuos

El manejo adecuado de los residuos en México es un tema en el que, a pesar de que diferentes actores e instituciones han dedicado múltiples esfuerzos, prevalecen retos básicos de carácter urgente.

En México la gestión y manejo de residuos sigue enfrentando situaciones tan críticas como las resumidas hace 15 años en un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana de Salud:

- Debilidad institucional.
- Falta de planificación.
- Carencia de sistemas nacionales de información y seguimiento.

Los avances en la gestión de residuos se centran, principalmente, en materia legal y normativa y en la generación de herramientas de planificación y diversos ma-

nuales y guías elaborados por secretarías federales, organizaciones internacionales y especialistas nacionales. Sin embargo, la articulación y cumplimiento en campo de estos ordenamientos dista mucho de lo que debe ser un manejo adecuado de los residuos en el país.

El manejo de los residuos a nivel nacional carece de diagnósticos precisos y la generación de datos se ha dejado en manos de los generadores y recolectores, lo que ha conducido a un registro poco confiable de cuánto se genera, cómo se maneja y cómo se dispone. El manejo y reporte de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son responsabilidad de los municipios, mientras los residuos peligrosos lo son de la federación, aunque en realidad lo son de quienes los generan.

En México los residuos se clasifican en tres categorías para su manejo: peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial.

Tabla 2. Clasificación de residuos en México

Residuos peligrosos: son aquéllos que poseen alguna de las características CRETIB (corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o agentes biológico-infecciosos) que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados al ser transferidos a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley.

Residuos sólidos urbanos: son aquéllos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas, de los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole.

Residuos de manejo especial: son aquéllos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Fuente: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, México, DOF (8 de octubre de 2003).

Un problema clave que enfrenta nuestro país en esta materia es la falta de información sobre la generación, manejo y disposición final de los residuos, lo que dificulta conmensurar el problema y diseñar las acciones necesarias para una adecuada administración.

Residuos peligrosos

Con base en los volúmenes anuales de generación, la ley reconoce tres categorías de generadores de residuos peligrosos:

- grandes generadores (más de 10 ton/año),
- pequeños generadores (entre 400 kg/año y 10 ton/año) y
- microgeneradores (hasta 400 kg/año).

Hasta el año 2011 el número de generadores de residuos peligrosos registrados en todo el país era de 62 250, los cuales reportaron un total de residuos de 1 826 174 ton (tabla 3). Sin embargo, a fin de determinar el grado de cumplimiento de esta obligación, es indispensable conocer qué porcentaje del total de unidades económicas generadoras de residuos peligrosos sujetas a registro está efectivamente registrado.

Aunque no son propiamente un riesgo para el ambiente, la generación de los residuos biológico-infecciosos (RPBI) representa riesgos para la salud humana, especialmente de los trabajadores que los manipulan.

Tabla 3. Generadores y estimación del volumen de generación de residuos peligrosos en México, 2004 a 2011

	Unidades generadoras en total		Microgeneradoras		Pequeñas generadoras		Grandes generadoras	
	Número	Generación (ton)	Número	Generación (ton)	Número	Generación (ton)	Número	Generación (ton)
TOTAL	62 250	1 826 174	34 145	10 409	22 964	66 588	5 541	1 749 177

Fuente: Dirección General de Gestión de Materiales y Actividades Riesgosas, Semarnat, 2011.

Tabla 4. Generación de residuos peligrosos biológico-infecciosos en México, 2004 a 2011

Total (ton)	Cultivos y cepas (ton)	Punzocortantes (ton)	Patológicos (ton)	No anatómicos (ton)	Sangre (ton)
69 522	1 601	8 411	14 812	44 197	499

Fuente: Dirección General de Gestión de Materiales y Actividades Riesgosas, Semarnat, 2011.

En 2011 se reportaron 1 298 establecimientos autorizados con una capacidad acumulada de 16 millones de toneladas; y se estima una generación acumulada de residuos peligrosos de 1.2 millones de toneladas en mayo de 2011, las cuales representan 668.59% del total anual generado respecto de 2004, según el Quinto Informe de Labores de la Semarnat (2011).

Los residuos peligrosos generados en los hogares, también conocidos como residuos peligrosos domiciliarios, son materia pendiente en el manejo de los residuos peligrosos en el país.

Residuos sólidos urbanos y de manejo especial

A diferencia de lo que ocurre con los residuos peligrosos, existe poca información sobre los residuos sólidos urbanos (RSU) y de manejo especial, que son competencia de autoridades de entidades federativas y municipios.

En 2009 existían 109 rellenos sanitarios y sitios controlados para disposición de residuos sólidos urbanos, lo cual implica que gran parte de los municipios del país no cuenta con los servicios de limpieza adecuada

y, por tanto, los residuos no se depositan en espacios apropiados para este fin. Esto ocurre por diversas y complejas razones, entre las que destaca la falta de recursos financieros, humanos y tecnológicos.

La situación es preocupante, ya que el manejo inadecuado de los residuos sólidos puede tener consecuencias negativas no sólo a nivel local, sino también a nivel regional y global. Por ejemplo, la descomposición de los residuos, particularmente de los orgánicos, genera metano (CH_4), importante gas de efecto invernadero. De igual forma, la quema de residuos al aire libre provoca la emisión de una variedad de sustancias tóxicas, entre las que se encuentran contaminantes orgánicos persistentes (COP) como las dioxinas, que pueden dispersarse a grandes distancias.

Se estima que en el país se generan 94 800 toneladas diarias de RSU con una composición aproximada de: 53% orgánicos, 28% potencialmente reciclables y 19% residuos no aprovechables (figura 5). En los últimos diez años, la generación de residuos sólidos urbanos se ha incrementado en 26%.

Figura 5. Composición de los residuos sólidos orgánicos en México (Semarnat, 2004)



La generación de estos residuos no es homogénea en el país: mientras en el Distrito Federal y la frontera norte se registran generaciones por habitante de entre 1.4 y 1.1 kilogramos al día, los habitantes de la región sur del país generan menos de un kilogramo, según el informe de la Secretaría

de Desarrollo Social (Sedesol) en 2007. También se calcula que se recolecta 91% de los residuos generados, de los cuales 68% se envían a 88 rellenos sanitarios y 21 sitios controlados, y el resto se deposita en tiraderos a cielo abierto o sitios sin control (tabla 5).

Tabla 5. Generación, recolección y disposición final de RSU y RME en México, por entidad federativa en 2009

Estado	Recolección		Disposición				
	Generación miles ton/año	miles ton/año	Población atendida	Sitios controlados	Sitios no controlados más reciclaje*		
Aguascalientes	376	369	98%	1 121 198	376	100%	-
Baja California	1 336	1300	97%	3 081 440	1 281	96%	55
Baja California Sur	204	198	97%	547 051	168	82%	36
Campeche	248	215	87%	690 722	111	45%	138
Coahuila	883	816	92%	2 429 292	645	73%	239
Colima	197	174	89%	531 497	100	51%	97
Chiapas	1 153	1 007	87%	3 933 296	336	29%	817
Chihuahua	1 263	1 179	93%	3 165 712	1 060	84%	203
Distrito Federal	4 782	4 638	97%	8 576 658	4 782	100%	-
Durango	493	445	90%	1 400 479	390	79%	103
Guanajuato	1 708	1 566	92%	4 625 582	1 223	72%	485
Guerrero	876	774	88%	2 774 878	380	43%	103
Hidalgo	642	574	89%	2 164 852	178	28%	464
Jalisco	2 767	2 572	93%	6 522 486	2 251	81%	516
México	6 314	5 311	84%	12 479 355	3 595	57%	2 719
Michoacán	1 106	951	86%	3 408 163	448	41%	658
Morelos	558	489	88%	1 467 311	225	40%	333
Nayarit	292	251	86%	833 685	206	71%	86
Nuevo León	1 971	1 921	97%	4 334 506	1 925	98%	46
Oaxaca	810	719	89%	3 151 074	12	1%	798
Puebla	1 770	1 621	92%	5 173 229	1 446	82%	325
Querétaro	577	543	94%	1 621 754	426	74%	152
Quintana Roo	442	401	91%	1 193 762	332	75%	110
San Luis Potosí	726	647	89%	2 212 603	423	58%	303
Sinaloa	902	844	94%	2 483 318	725	80%	177
Sonora	847	747	88%	2 214 173	410	48%	437
Tabasco	639	552	86%	1 771 401	222	35%	417
Tamaulipas	1 121	971	87%	2 767 409	851	76%	270
Tlaxcala	307	292	95%	1 081 209	269	88%	38
Veracruz	2 070	1 767	85%	6 216 138	776	37%	1 294
Yucatán	573	526	92%	1 764 109	330	58%	243
Zacatecas	372	338	91%	1 264 347	200	54%	173
Nacional	38 325	34 719	91%	97 022 689	26 100	68%	12 225

Fuente: elaboración propia con datos del Gobierno Federal (PNPGR, 2010).

* Lo más probable es que esta categoría sólo refleje la disposición no adecuada, ya que en los casos del D. F. y Aguascalientes se reporta en ceros.

Un manejo adecuado de estos residuos impacta de manera positiva en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, pues se estima que los desechos son responsables de 16% de las emisiones de estos gases en el país (INE, 2006). Esto es un problema si se toma en cuenta la débil capacidad de los municipios para mantener operando como rellenos sanitarios, acordes con la normatividad ambiental, sus sitios de disposición final; sin embargo, también puede considerarse como una oportunidad para desarrollar nuevas tecnologías que permitan el aprovechamiento de los residuos orgánicos como fuente de energía o materia prima para otros procesos.

Los residuos de manejo especial (RME) son un campo aún más difuso.

Datos recientes parecen mostrar que los RME pueden tener un gran impacto por

el volumen que representan. Por ejemplo, en el estado de Aguascalientes se genera un total de 2 998.797 ton/día de residuos, de los cuales 2 207.1 ton/día son RME, 791.41 ton/día son RSU y 0.287 ton/día son residuos peligrosos (RP) de microgeneradores; esto implica que aproximadamente 74% de los residuos totales generados y controlados en el estado son RME, y que de este universo 44%, (básicamente de origen agropecuario), tiene una “disposición dispersa” (UAA, 2011).

Los residuos agropecuarios son un tema poco conocido del que actualmente se carece de información a nivel nacional. Una primera aproximación a estos residuos establece que en el país se generan 73 224 ton/día, siendo Jalisco, Veracruz y Chiapas los estados que más los generan. ☉

PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Inventario nacional de especies

Como se ha mostrado, los problemas relacionados con el tema de biodiversidad son variados y con diferentes grados de complejidad. En esta sección se presentan algunas propuestas de solución a varios problemas específicos, tales como el rezago en el conocimiento de la riqueza de especies del país, y se analiza el andamiaje de política pública para una mayor transversalidad del tema ambiental y una mejor administración y procuración de justicia ambiental.

De acuerdo con los datos más recientes sobre el inventario nacional de especies, en el país se han descrito un poco más de 109 mil especies de todos los grupos taxonómicos en más de 200 años de colecta sistemática. Se estima que estos números corresponden a 55% de las especies que pueden existir en el país. Cabe enfatizar que estas estimaciones son conservadoras, ya que existen grupos taxonómicos prácticamente desconocidos para el país, como virus y otros microorganismos, e incluso algunas familias de insectos y otros invertebrados (Llorente-Bousquets y Ocegüera, 2008).

Los elementos que se requieren para completar el inventario nacional de especies son:

- Taxónomos y sistemáticos especialistas en los diferentes grupos.
- Instituciones académicas con la infraestructura adecuada para albergar colecciones científicas y laboratorios para hacer análisis moleculares.
- Recursos financieros.
- Una entidad que se encargue de reunir y organizar la información generada en el país.

Si bien en México existen las condiciones para llevar a cabo este inventario nacional en el curso de los próximos años, es necesario reforzar decididamente los elementos anteriores, ya que cada uno presenta diferentes niveles de desarrollo.

Programa de acción

La propuesta se compone de cuatro etapas: planeación, exploración, trabajo en colecciones y análisis, organización y distribución de la información. A continuación se describe cada una de estas etapas.

Planeación

En esta etapa se deben realizar análisis taxonómicos y geográficos que permitan identificar los grupos taxonómicos y las regiones del país que requieren atención prioritaria para optimizar recursos y tiempo. Necesariamente, por ser ésta la primera de las acciones, tiene que realizarse en un plazo corto.

Específicamente, los análisis que se requieren para alcanzar las metas de esta etapa son los siguientes: *a)* identificación de los vacíos taxonómicos, *b)* identificación de los vacíos geográficos. El resultado de esta etapa debe ser un listado de grupos taxonómicos a buscar, así como una lista de sitios a visitar y las rutas de exploración.

Exploración

Esta etapa corresponde al trabajo de campo del proyecto y su desarrollo es en el mediano plazo, desde la fase final de la primera etapa, a partir del tercer año, y durante unos 5 a 7 años. Comprende la conformación de equipos de especialistas en los diferentes grupos taxonómicos para los muestreos, la colecta y el depósito del material resguardado en las diferentes colecciones científicas. Para llevar a cabo esta etapa será necesaria una estrecha colaboración entre científicos de diversas instituciones académicas, la Conabio y la Conanp, así como el financiamiento para el trabajo de campo.

Trabajo en colecciones

Cuando el material colectado llega a la colección comienza el trabajo taxonómico y sistemático. Esta etapa es sin duda la más demandante de tiempo y de recursos financieros, pues implica un alto costo de gasto corriente en las instituciones ya establecidas, y también un gasto importante de inversión en las instituciones que así lo requieran.

Análisis, organización y distribución de la información

La información generada tiene que ser organizada y analizada para tener una visión global. La Conabio sería la institución coordinadora de esta etapa, respaldada por su amplia experiencia en este tipo de iniciativas, en la que participarían las diversas instituciones académicas involucradas. Ésta es la fase final; comenzaría en 12-15 años y duraría entre uno y dos años.

La duración estimada para la realización de todo el proyecto es de 15-17 años, con un costo alrededor de 267 millones de pesos (tabla 6).

Observatorio de forzamiento radiativo y de contaminantes atmosféricos

La medición continua de bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y carbono negro (CN) podría permitir una estimación

Tabla 6. Costo estimado para la realización del inventario nacional de especies

Etapa	Duración (años)	Costo (millones de pesos)
Planeación	3	2.3
Exploración	7	17.5
Trabajo en colecciones	3	24.5
Análisis y organización de la información	2	2.3
Total	15	267.1

oportuna del forzamiento radiativo que pueden inducir estas especies en zonas confinadas y cuencas atmosféricas. Estas especies no se consideran contaminantes, criterio por el que no suelen determinarse en las estaciones de monitoreo atmosférico de calidad del aire.

Dado que las partículas con CN provienen casi exclusivamente de procesos de combustión incompleta, otra alternativa de solución es modificar o reemplazar el tipo de combustibles empleados actualmente por otros más limpios, así como modernizar los equipos, maquinarias o instrumentos que generan grandes cantidades de CN, para tener una mayor eficiencia de combustión y, por lo tanto, una menor emisión de partículas. El uso de filtros y sistemas de colección de partículas también podría ser de utilidad.

Sin embargo, la modernización de los equipos de combustión debe acompañarse con un monitoreo continuo del CN en el ambiente, de modo que se compruebe la efectividad de las medidas adoptadas para disminuir las emisiones del mismo. Por tanto, se propone establecer observatorios de calidad de aire y forzamiento climático en las principales urbes del país (México, Guadalajara, Monterrey, Tijuana, Cancún, Puebla, etcétera), donde las actividades industriales y vehiculares tienen antecedentes de incidencia directa en la calidad del aire. Los observatorios deben contar con equipo que mida las propiedades ópticas de las partículas y las concentraciones ambientales de CO_2 y CH_4 .

El programa Global Atmospheric Watch (GAW) de la Organización Meteorológica Mundial intenta recopilar la mayor cantidad de información sobre la atmósfera y promover la química atmosférica como un área de estudio y monitoreo tan impor-

tante como otros parámetros comunes medidos en meteorología (temperatura, dirección y velocidad del viento, etcétera) para describir las propiedades del tiempo meteorológico y el clima de una región. El observatorio de forzamiento radiativo podría proporcionar datos e información para GAW, así como para otras redes de información e intercambio de datos atmosféricos a nivel regional y global.

Programa de acción

De seguir las tendencias actuales de emisiones de gases de efecto invernadero, para el año 2100 las temperaturas globales podrán alcanzar un incremento de 2.4 a 6.4°C según los diferentes escenarios del IPCC (2007). La implementación de esta propuesta permitirá instalar y operar el primer observatorio de calidad de aire y forzamiento climático en un intervalo de tiempo breve (de dos a cinco años). En 15 años, a partir de la instalación del primer observatorio, el banco de información deberá proporcionar datos para ser usados en modelos climáticos más precisos. Además, si cada dos años se instala un nuevo observatorio, en 15 años se habrán cubierto las ocho principales ciudades del país. En ese tiempo algunos de los efectos del calentamiento global serán ya notorios y México podrá comprobar si las medidas adoptadas en la década anterior han sido efectivas, así como evaluar las acciones a seguir en los años siguientes. Para confirmar o rechazar esta hipótesis, es necesario establecer ahora los observatorios de calidad de aire y forzamiento climático dedicados específicamente a vigilar los forzantes involucrados directamente en el calentamiento de la atmósfera terrestre. Finalmente, para mediados de la década de 2050 se podría operar una red más am-

plia y detallada, de modo que todas las zonas industriales del país, así como los asentamientos humanos más importantes y las áreas naturales protegidas, estén supervisadas constantemente en cuanto a su contribución y sensibilidad a la calidad del aire y el calentamiento global. Los observatorios podrán proporcionar diagnósticos y pronósticos inmediatos con base en las lecturas momentáneas y el acervo de datos históricos recolectados.

El presupuesto para instalar un observatorio de calidad del aire y forzamiento climático se desglosa a continuación. Los

instrumentos listados detectan los dos principales gases de efecto invernadero, así como las propiedades ópticas de las partículas involucradas en la absorción y esparcimiento de la luz en la atmósfera. Además, se considera que el equipo recibirá anualmente mantenimiento y calibración. El observatorio trabajará de manera autónoma.

La red deberá crecer en número de observatorios, y en un lapso de 15 años debe contar con al menos cinco observatorios nuevos, con un costo aproximado de 39.2 millones de pesos.

Tabla 7. Costo estimado para la instalación del observatorio de forzamiento radiativo

Periodo	Observatorios de forzamiento climático	Consideraciones	Costo (millones de pesos)
2013-2015	1	Se instalará el primero en la ciudad de México	0.7
2015-2025	7	Se cubrirán las ciudades más grandes del país	4.9
2013-2025	8	Mantenimiento	33.6
Total			39.2

Desarrollo de un sistema para la conservación y el uso adecuado de los suelos

La conservación de suelos enfrenta dificultades sociales, técnicas, institucionales y de ausencia de información que dé sustento a los programas de conservación de suelos. Las investigaciones disponibles están normalmente asociadas a la conservación de suelo para uso agrícola. Adicionalmente, se trata de información generada mediante metodologías heterogéneas, desde parcelas de experimentación hasta estudios de alcance nacional; sólo en algunos casos se atienden regiones particulares o condiciones edáficas específicas (Cotler *et al.*, 2007).

Puede afirmarse que el conocimiento actual es de carácter muy general y poco preciso al tratar sobre las causas y consecuencias del proceso de degradación de los suelos en México, lo cual se traduce necesariamente en acciones de conservación poco efectivas. Por esta razón se requiere impulsar a nivel nacional metodologías y estudios que permitan profundizar el conocimiento sobre la degradación de los suelos en México. Las necesidades de investigación son extensas; algunos de los temas identificados como prioritarios por un panel de expertos se encuentran desarrollados en la siguiente tabla.

Tabla 8. Necesidades de investigación en el tema de conservación de suelos (Zorrilla y Cotler, 2010)

Tema	Necesidad de investigación identificada
Estudios sobre el estado de los suelos	Evaluar la calidad y cantidad de áreas verdes y de la cobertura vegetal en las ciudades.
	Estudio de la paleta vegetal apta para zonas de áreas verdes y suelo de conservación.
	Levantamiento de tipos de suelo.
	Líneas de investigación permanentes sobre el tipo de contaminantes de suelos que se presentan de manera más recurrente.
	Desarrollar investigación para definir criterios técnicos, tales como: capacidades de carga, escalas temporales y espaciales, y efectos acumulativos para los casos de biosólidos.
	Incremento de la resiliencia ante el cambio climático mediante la conservación de suelos.
	Prácticas adecuadas en el manejo de la tierra para mitigar sequías. Efecto acumulativo de degradación de suelos a nivel de cuenca: impacto en sequías e inundaciones.
Ordenamientos o zonificaciones	Integración del ordenamiento ecológico con los ordenamientos territoriales.
	Incentivar la investigación con respecto del ordenamiento ecológico y local, como una forma de potencializar sus atributos en la conservación de suelos.
	Análisis de dinámica y proceso de aprobación de planes y autorización de nuevos desarrollos inmobiliarios.
	Gestión de vulnerabilidad de zonas urbanas.
Desarrollo tecnológico y mejores prácticas	Aplicación de tecnologías ambientales en nuevas construcciones y en control de suelo (geomática).
	Investigación para desarrollar alternativas tecnológicas menos costosas para el confinamiento, tanto de residuos peligrosos como de sólidos y de manejo especial.
	Investigación en tecnologías de remediación del suelo.
	Investigar tecnologías de incineración que sean más baratas y amigables con el ambiente. Investigación en el desarrollo de tecnologías de tratamiento de aguas <i>ad hoc</i> al tipo de descargas.
	Desarrollo de tecnologías para la reutilización de los residuos, compostas, etcétera.
Desarrollo institucional	Armonización de leyes relacionadas con conservación de suelos (metas, objetivos, atribuciones).
	Incorporación de artículos específicos sobre conservación de suelos en LGEEPA, LDRS, Ley de asentamientos humanos.
	Coordinación metropolitana en planeación urbana.
	Análisis de funciones y atribuciones de los tres órdenes de gobierno, sobre la conservación de suelos.
	Reflexión y análisis sobre la tenencia de la tierra. Generación y promoción de instrumentos compatibles (inmobiliarias ejidales).
	Percepción social del suelo y áreas verdes, dando como resultado estrategias de divulgación.
	Identificación de los mecanismos de control de los gobiernos para intervenir aspectos clave de la dinámica del mercado en cuestiones que atañen el desarrollo urbano.
	Evaluar la eficiencia de la normatividad para el cumplimiento de los objetivos de política sobre el manejo adecuado de residuos y su disposición en relación a la conservación de suelos.
Otros	Capacitación técnica en el manejo de áreas verdes.
	Homologación de conceptos sobre el suelo entre la lógica urbana y la lógica ambiental (acción gubernamental) y entre disciplinas.
	Identificación de servicios ambientales, beneficiarios y costos.
	Investigación de conocimiento tradicional en la conservación de suelo.
	Análisis de las redes informales de ocupación irregular. Investigación y diagnóstico de los jales, tepetateros y terreros, que indague sobre su composición, antigüedad y sus efectos (si se están lixiviando, si se están movilizandolos metales contenidos, etcétera).

Todas son necesidades de conocimiento que deberían cubrirse en el corto plazo, con la finalidad de planear más efectivamente la gestión del territorio, con énfasis en la conservación del suelo. Sin embargo, en esta serie de incógnitas destacan los estudios sobre el estado de los suelos, cuyo monto de inversión estimado ascendería aproximadamente a 40 millones de pesos, para desarrollarse en un periodo de tres años.

Asimismo se requiere construir una estrategia de divulgación. Con tal propósito pueden utilizarse medios de comunicación (radio, televisión, periódicos, etcétera) para promover y reconocer acciones de conservación de suelos a nivel local; además, promover foros, talleres, congresos o seminarios multidisciplinarios para dar seguimiento a los estudios y estrategias de conservación de suelos.

Desarrollo de un sistema para una adecuada reducción y un manejo integral en la gestión de residuos

En materia de residuos existe un profundo desconocimiento de la situación actual en cuanto a su generación y disposición, particularmente en el caso de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Esto provoca que sea inviable planear sistemas más eficientes de gestión a nivel municipal, así como sistemas locales, regionales o nacionales de recuperación de subproductos. Las principales necesidades de investigación identificadas se enlistan a continuación:

- Elaboración o actualización de los diagnósticos sobre residuos sólidos urbanos y de manejo especial en las 31 entidades federativas y el Distrito Federal.

- Diagnósticos específicos para determinar la generación de residuos con alto valor comercial o impacto en el ambiente y proponer sistemas de gestión adecuados.
- Diagnósticos sobre el impacto ambiental de los rellenos sanitarios pertenecientes a las principales ciudades del país y para proponer medidas de mitigación.
- Diseño de sistemas de aprovechamiento de metano producido en los rellenos sanitarios de las principales ciudades del país.
- Desarrollo o adaptación de tecnologías para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.
- Diseño de estrategias regionales para la gestión de residuos, atendiendo a las particularidades de cada tipo de residuo (sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos) y los actores involucrados en su gestión.
- Instrumentación de proyectos piloto por región del país para el tratamiento, valoración y aprovechamiento de residuos por fracción, identificando modelos de gestión sustentable de residuos a implementar en todos los municipios y estados.

De estas necesidades, la más urgente es la elaboración de los diagnósticos sobre los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en las entidades federativas que aún no cuentan con ello. El desarrollo de cada uno de estos diagnósticos debe incluir el volumen generado, su compo-

sición, sus fuentes principales y destino final, así como los aspectos sociales y económicos involucrados en la gestión de los residuos en la entidad.

El desarrollo de cada uno de estos diagnósticos debería tomar entre seis y

diez meses, con un costo aproximado de 1.5 millones de pesos, lo que representaría un monto de 48 millones de pesos para cubrir todo el país. ☉

PROPUESTAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS Y SOLUCIONES IDENTIFICADAS

Los factores sociales y económicos que propician la degradación de los ecosistemas y ponen en riesgo la biodiversidad que albergan son, en gran medida, producto de la ausencia de una política de Estado que tenga en perspectiva el desarrollo del país.

El territorio nacional debe ser concebido como un espacio común, cuya ocupación y aprovechamiento corresponda a una visión integral de nación, respetuosa de los rasgos locales que caracterizan cada región, planeada desde la base del ordenamiento del territorio, y donde la dimensión en materia ambiental, económica y social se integre de manera armónica.

En ausencia de cualquier concepción del desarrollo como objetivo de Estado, las políticas públicas orientadas al cuidado de nuestros ecosistemas presentan tres problemas: *a)* preeminencia de la dimensión económica en la gestión del territorio; *b)* falta de coordinación de las diversas agendas del desarrollo en el ámbito rural, y *c)* escasez de recursos públicos orientados a compensar la degradación de los ecosistemas.

Preeminencia del interés económico sobre la conservación

La política nacional en el ámbito rural se ha caracterizado por la ausencia de interés sobre la importancia del patrimonio natural del país como motor de desarrollo, y no sólo como producto de consumo.

Desde la Colonia hasta nuestros días, la prioridad de los gobiernos se ha centrado en la explotación de los recursos naturales que generan altos ingresos en el corto plazo, pero con un altísimo costo ambiental, como la minería y el petróleo.

Asimismo, siendo un país de tradición agrícola, y más recientemente ganadera, diversas iniciativas en la política pública del pasado siglo xx estuvieron orientadas hacia el incremento de la actividad de estos dos sectores, fomentando la ocupación y el desmonte de zonas naturales para la expansión de la frontera agrícola y ganadera. Esto como respuesta a la creciente demanda de los productos del campo, debida al aumento acelerado en la tasa de crecimiento poblacional (Challenger y Dirzo, 2009).

Más recientemente, el crecimiento del sector turístico y la ampliación de la infraestructura en las vías de comunicación se han sumado a los procesos de uso del territorio y de recursos de manera desordenada.

Políticas contradictorias y descoordinadas

La ausencia de una visión unificada de la política ambiental orientada a la sustentabilidad entre instituciones gubernamentales, e incluso dentro de los mismos ámbitos federal, estatal y municipal, provoca conflictos entre los organismos responsables al incentivar acciones y políticas en direcciones opuestas.

En el ámbito rural de nuestro país existe una multitud de agencias que orientan sus esfuerzos al cumplimiento de objetivos específicos, que no se consideran recíprocamente y actúan en el mismo territorio y con los mismos actores sociales de forma desarticulada y, en ocasiones, contrapuesta. Los programas orientados al desarrollo de la agricultura y la ganadería compiten contra otros, orientados a la conservación de los ecosistemas, y se traslapan con otras agendas, como la del desarrollo social.

Mientras que la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) promueve la expansión agrícola y ganadera en detrimento de los ecosistemas naturales, la Comisión Nacional Forestal (Conafor) promueve acciones e incentivos para los dueños de la tierra por realizar acciones encaminadas a reducir la deforestación.

Otro caso frecuente es la concesión de permisos y facilidades tributarias por parte de los gobiernos para incentivar los desarrollos turísticos o de minería a cielo abier-

to, incluso en sitios de alto valor biológico o cultural, y donde los costos ambientales y sociales, muchas veces irreversibles, claramente pasan a segundo plano.

Escasez de recursos

Los recursos públicos que el gobierno federal destina al ramo que corresponde a medio ambiente y recursos naturales reflejan una ausencia de compromiso con este sector. En 2009 se aprobaron 47 226.2 millones de pesos para la Semarnat, mientras para 2010 el Ejecutivo propuso 40 485.9 millones de pesos, planteando un aumento de 7% en lo que corresponde a gasto corriente, pero disminuyendo en 18.58% el gasto de inversión.

Entre 1999 y 2004 los recursos destinados a la protección ambiental apenas representaron 2% de los costos por agotamiento y degradación ambiental de los ecosistemas, provocados por otros sectores económicos (tabla 9), cifra claramente insuficiente para compensar un deterioro creciente y acumulativo.

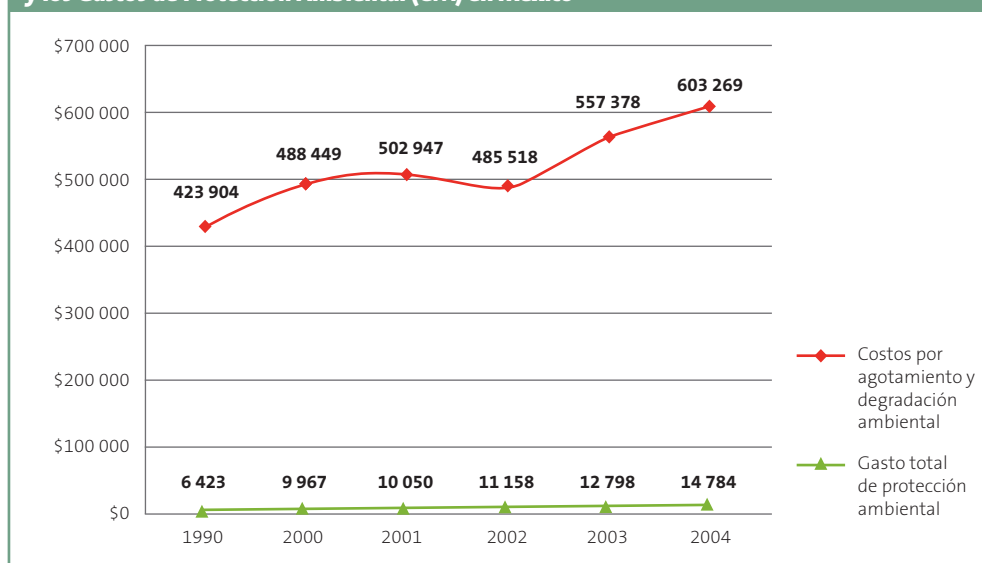
Para valorar los efectos reales de una política pública ambiental integral en el ámbito rural, es necesario considerar todo aquello que está sucediendo simultáneamente en el territorio. Resulta imprescindible construir una política pública que coordine la actuación de todas las instituciones cuyos programas se aplican en el ámbito rural del país: la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), principalmente; sin olvidar a las contrapartes estatales y municipales.

Tabla 9. Comparación entre el Costo por Agotamiento y la Degradación Ambiental (CAyDA) y los Gastos de Protección Ambiental (GPA) en México

Sector	1999		2000		2001		2002		2003		2004	
	CAyDA	GPA	CAyDA	GPA	CAyDA	GPA	CAyDA	GPA	CAyDA	GPA	CAyDA	GPA
Agricultura	9 357	0	4 438	4	3 370	13	5 047	400	11 986	485	26 022	619
Ganadería	19 659	0	36 382	0	34 355	0	37 702	0	36 803	0	25 757	0
Silvicultura	1 394	500	2 341	1 353	507	1 464	-1 050	2 312	-3 884	3 139	-2 553	3 288
Petróleo	28 740	5 018	35 804	6 581	37 492	7 242	41 195	6 941	39 992	7 436	44 489	8 291
Industria manufacturera	15 616	13	17 926	24	18 868	16	19 671	10	19 835	80	24 102	84
Electricidad, gas y agua	19 333	892	24 177	2 005	24 284	1 315	23 648	1 495	24 588	1 658	25 511	2 502
Construcción	8 550	0	545	0	478	0	122	0	323	0	2 390	0
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	321 255	0	366 836	0	383 593	0	400 378	0	427 735	0	457 551	0
Total	423 904	6 423	488 449	9 967	502 947	10 050	485 518	11 158	557 378	12 798	603 269	14 784

* Cifras expresadas en millones de pesos a precios corrientes.

Figura 6. Comparación entre el Costo por Agotamiento y la Degradación Ambiental (CAyDA) y los Gastos de Protección Ambiental (GPA) en México



Mediante la alineación de toda la política pública actual en un nuevo modelo para el desarrollo rural sustentable, basado en el ordenamiento del territorio, se evitarían los efectos contrapuestos, se tendría mejor conocimiento de los efectos de las

políticas públicas, y se podrían generar efectos sinérgicos deseables y medibles.

Lo anterior marca la necesidad de articular y ordenar las acciones que se hacen de manera atomizada desde la administración pública federal, principalmente en

materia agropecuaria y ambiental, fortaleciendo los programas para aumentar las sinergias. Se requieren instrumentos jurídicos que vinculen y condicionen la realización de estas actividades con la conservación de los ecosistemas, por lo cual es necesario formular una agenda ambiental en el Congreso que tienda hacia la integración de la normatividad de desarrollo sustentable, así como de las agendas del desarrollo en el ámbito rural.

En particular, para fortalecer el marco actual de las políticas públicas relacionadas con los temas que han sido abordados en esta sección, se propone lo siguiente:

Políticas para la protección de la biodiversidad

- El ordenamiento del territorio nacional debe delinearse bajo criterios socioambientales, donde prevalezcan la conservación del patrimonio natural y la calidad de vida de las personas como ejes articuladores.
- Los programas regionales de desarrollo rural deben tener la visión de la sustentabilidad e integración en las dimensiones social, cultural, económica y ambiental, sumando en la coordinación y actuación a los sectores y actores involucrados.
- Fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, ampliando su cobertura y fortaleciendo la protección en los espacios actuales.

Otorgar autonomía a la Profepa a fin de que no esté subordinada a la entidad que emite las autorizaciones, permisos y concesiones permitirá elevar el nivel de gestión, mayor independencia financiera, mejores estrategias operativas, firmeza en la rendición de cuentas y más resultados efec-

tivos. Además, lograr su descentralización del sector ambiental incrementaría los esquemas de corresponsabilidad entre las autoridades de los tres poderes del Estado (ejecutivo, legislativo y judicial), de los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) y el público en general; así como aumentaría la credibilidad de las instituciones mexicanas.

Políticas en materia de calidad del aire

- Establecer sistemas de monitoreo atmosférico y programas de gestión para mejorar la calidad del aire en todas las ciudades del país, con base en la experiencia de la Zona Metropolitana del Valle de México.
- Incorporar en los planes de desarrollo urbano los nuevos criterios urbanísticos de prevención de islas de calor y diseños arquitectónicos ecológicos (como techos y paredes verdes, zonas de captación y reúso del agua de lluvia, etcétera).
- Ampliar los alcances de los programas de gestión para mejorar la calidad del aire a fin de abarcar el monitoreo y análisis de CO₂ y CN, para contribuir en la reducción de los efectos del calentamiento global.
- Crear la Comisión Federal Intergubernamental, así como el Sistema Nacional para el Cambio Climático, con el objeto de definir la política de Estado para la mitigación y adaptación, tal como se plasmó en la iniciativa de Ley General de Cambio Climático presentada en el Senado de la República.

Políticas para la conservación de suelos

- Definir una entidad que atienda la problemática del suelo desde una vi-

sión integral, que trascienda las prácticas mecánicas y obras estructurales para la conservación de suelos, que sólo atienden a la retención de sedimentos, en vez de incidir en las causas originales de la erosión.

- Establecer un programa nacional de conservación de cuencas, a cargo de esta entidad.
- Incorporar la conservación de suelos en los programas de todas aquellas dependencias que mantienen actividades con impacto en el territorio y cuyas externalidades pueden impactar a los suelos, como el sector de energía, para prevenir y en su caso mitigar el deterioro por contaminación por hidrocarburos o por jales mineros; el sector de planeación urbana, para el mantenimiento funcional de áreas verdes en las ciudades, y el impacto de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales.
- Fortalecer el Programa de Uso Sustentable de Tierras a través de más presupuesto (en 2011 se le adjudicó sólo 4% del presupuesto de la Sagarpa). Este programa tendría que ser el sustento de los otros componentes, de modo que los subsidios a la actividad agrícola vayan condicionados a un aprovechamiento sustentable del suelo, en términos de su manejo (incorporación de materia orgánica, tipos de cultivos y sistemas de producción).
- Impulsar y extender el programa de Procampo ecológico, como un incentivo para la reconversión de predios agrícolas con prácticas de recuperación de suelos.
- Fortalecer la implementación de la Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras (Semarnat, 2010),

donde se establecen los lineamientos para un aprovechamiento sustentable del territorio, con enfoque de cuenca.

Políticas para la gestión de residuos

- Reformar, o en su caso formular, los reglamentos municipales para reflejar en ellos lo dispuesto en el artículo 115 constitucional, fracción III, y en las leyes federal y estatales orientadas hacia la reducción, reutilización y reciclado de los residuos.
- Diseñar proyectos nacionales para la gestión de cada una de las corrientes de residuos peligrosos y de manejo especial.
- Estudiar la factibilidad de crear una institución federal responsable de la gestión de los residuos en el país, con presupuesto y funciones específicas, homólogas a las de la Comisión Nacional del Agua, a efecto de integrar coordinadamente a los responsables de la generación y gestión de los residuos a nivel nacional.
- Identificar formas efectivas para alargar la vida útil de los rellenos sanitarios, evitando el entierro de residuos susceptibles de aprovechamiento o valorización, así como de la mayor parte de los residuos orgánicos.
- Desarrollar estrategias locales y regionales para la gestión de residuos, atendiendo a las particularidades de las corrientes de residuos (sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial) y a los actores involucrados en su gestión.
- Mejorar la infraestructura y el equipamiento de los procesos de recolección, transferencia y transporte de residuos, principalmente en municipios rurales, semiurbanos y pequeñas ciudades. ☉

ESTIMADO PRESUPUESTAL

Realizar el inventario nacional de especies

Duración: 15 a 17 años.

Inversión estimada: 267 millones de pesos.

Observatorio de forzamiento radiativo y de contaminantes atmosféricos

Duración: 12 años.

Inversión estimada: 39 millones de pesos.

Desarrollo de un sistema para la conservación y el uso adecuado de los suelos

Duración: tres años.

Inversión estimada: 40 millones de pesos.

Desarrollo de un sistema para una adecuada reducción y un manejo integral en la gestión de residuos

Duración: tres años.

Inversión estimada: 48 millones de pesos. ☉


BIBLIOGRAFÍA

- Banco Interamericano de Desarrollo/Organización Panamericana de la Salud (1997), *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*, Washington, D. C., BID/OPS.
- CCA (Comisión para la Cooperación Ambiental) (2005), *El comercio ilegal de flora y fauna silvestres: perspectivas de América del Norte*, Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte y Grupo de Trabajo de América del Norte sobre Aplicación de la Legislación sobre Vida Silvestre, Montreal.
- Ceballos G. y P. Ortega-Baes, (2011), “La sexta extinción: la pérdida de especies y poblaciones en el neotrópico”, en J. Simonetti y R. Dirzo (eds.), *Conservación biológica: perspectivas de Latinoamérica*, Santiago, Editorial Universitaria, pp. 95-108.
- Challenger, A. y J. Soberón (2008), “Los ecosistemas terrestres”, en *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*, México, Conabio, pp. 87-108.
- Conabio (2009), *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*, México, Conabio.
- Cotler, H., E. Sotelo, J. Domínguez, M. Zorrilla, S. Cortina, L. Quiñones (2007), “La conservación de suelos: un asunto de interés público”, en *Gaceta Ecológica* 83.
- FAO (2006), “Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005”, en *Hacia la ordenación forestal sostenible*, Roma, FAO (Montes, 147).
- Graizbord B. y F. Monterio (eds.) (2011), *Megaciudades y cambio climático: ciudades sostenibles en un mundo cambiante*, México, El Colegio de México.
- Instituto Nacional de Ecología (1999), *Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos*, México, INE.
- Miranda, F. y X. F. Hernández (1963), “Los tipos de vegetación de México y su clasificación”, en *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-179.
- Semarnat (2006), *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2005*, México, Dirección General de Estadística e Información Ambiental, Semarnat.

Páginas electrónicas

Cites (2011), *Especies de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*, en línea: [<http://www.cites.org/esp/disc/species.php>].

Conama (2012), “Reformulando juntos las ciudades”, *Informe final del 5º Conama local de Vitoria-Gasteiz*, en línea: [<http://www.boletines.conama.org>].

IFAW (2008), *Primera Reunión Latinoamericana sobre Tráfico de Vida Silvestre*, Fondo Internacional para la Protección de los Animales y su Hábitat, en línea: [<http://www.ifaw.org>]. 

EQUIPO EJECUTIVO



COORDINADOR GENERAL

José Franco

Presidente de la Academia Mexicana de Ciencias

AMC

Axelle Roze | Emilede Velarde | Fabiola Trelles | Javier Flores | Renata Villalba | Rocío Méndez.



DGDC

Addina Cuervo | Adriana Bravo | Adriana García | Adriana Rayón | Alberto Rentería | Alejandra Noguez | Aline Juárez | Ángel Figueroa | Arturo Orta | Claudia Juárez | Cristina Martínez | Denisse Osuna | Enrique Jiménez | Ernesto Navarrete | Esteban Estrada | Guillermo Castañeda | Iván Pacifuentes | Jareni Ayala | José Luis Vázquez | Juan Carlos Piña | Laura Rojas | Leticia Chávez | Manuel Amaya | Manuel Comi | Mara Salazar | Marcela Martínez | María Elena Arcos | Mariana Fuentes | Mónica Genis | Pablo Flores | Paulina Trápaga | Pedro Sierra | Ramón Cervantes | Ricardo Pacheco | Rogelio Carballido | Rolando Ísita | Rosa Isela Percastre | Rosanela Álvarez | Silvia San Miguel | Susana Trejo | Teresa Segura | Teresita Mendiola | Tlanex Valdés | Vanessa Rendón.



UDUAL

Alfredo Camhaji | Junior Mendoza | Luis Felipe Flores | Luis Fernando Rodríguez | Marco Antonio Villegas | Olivia González | Roberto Escalante Semerena.



3CIN

Ana Victoria Pérez | Laura Villavicencio | Miguel Ángel Quintanilla.



CÁMARA DE SENADORES

Jesús Ramírez.



José Antonio Esteva Maraboto (consultor).

Instituciones participantes en la Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación

Academia Mexicana de Ciencias (AMC)

Dr. José Franco, Presidente

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES)

Dr. Rafael López Castañares, Expresidente

Asociación Mexicana de Museos y Centros de Ciencia y Tecnología (AMCCYT)

Dra. Rosario Ruiz Camacho, Presidenta

Cámara de Diputados

Diputado Rubén Benjamín Félix Hays,
Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la LXII Legislatura

Cámara de Senadores

Sen. Francisco Javier Castellón Fonseca,
Expresidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la LXI Legislatura

Sen. Alejandro Tello Cristerna,
Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la LXII Legislatura

Sen. Juan Carlos Romero Hicks,
Presidente de la Comisión de Educación de la LXII Legislatura

Centro de Investigación de Estudios Avanzados (Cinvestav)

Dr. René Asomoza Palacio, Director General

Consejo Consultivo de Ciencias (ccc)

Dr. Jorge Flores Valdés, Coordinador General

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt)

Dr. José Enrique Villa Rivera, Exdirector

Dr. Enrique Cabrero Mendoza, Director

Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCYT)

Dra. Gabriela Dutrénit Bielous, Coordinadora General

Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT)

Dr. Hugo René Andrade Jaramillo, Decano

Fundación 3CIN (España)

Dr. Miguel Ángel Quintanilla Fisac, Director

Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (icyTDF)

Dr. Julio Mendoza Álvarez, Exdirector

Instituto Politécnico Nacional (IPN)

Dra. Yoloxóchitl Bustamante Díez, Directora

Noche de las estrellas

Lic. Emiledé Velarde, Responsable

Programa Delfin

Carlos Humberto Jiménez González, Coordinador General

Red de las Alianzas Francesas en México (AF)

Dr. Philippe Palade, Delegado General

**Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia
y Tecnología (RedNACEYT)**

Dr. Tomás González Estrada, Presidente

**Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia
y la Tecnología, A. C. (Somedicyt)**

Dra. Elaine Reynoso Haynes, Presidenta

Unión de Universidades de América Latina y el Caribe (UDUAL)

Dr. Roberto Escalante Semerena, Secretario General

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)

Dr. Enrique Fernández Fassnacht, Exrector General

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Dr. José Narro Robles, Rector

Aguascalientes

CIMAT Aguascalientes.
CIO Aguascalientes.
Subsede del CIATEQ, Aguascalientes.
Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Baja California

El Trompo, Museo Interactivo, Tijuana.
Fundación que Transforma, Tijuana.
Subsede del CICESE, Tijuana.
Universidad Autónoma de Baja California.

Baja California Sur

Consejo Sudcaliforniano de Ciencia y Tecnología.
Museo Sol del Niño.
Subsede del CIBNOR, Guerrero Negro.
Subsede del CICESE, La Paz.
Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Campeche

Casa de la Tecnología DGETI-SECUD.
Subsede del COMIMSA, Ciudad del Carmen.
Subsede del ECOSUR, Campeche.
Universidad Autónoma de Campeche.

Coahuila

Centro Cultural Multimedia 2000, A. C.
Museo del Desierto.
Museo de los Metales Peñoles.
Subsede del COMIMSA, Monclova.
Universidad Autónoma de La Laguna.

Colima

Instituto Tecnológico de Colima.
Museo Interactivo “Xoloitzcuintle”.
Universidad de Colima.

Chiapas

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas.
Instituto Tecnológico de Tapachula.
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología, Tuxtla Gutiérrez.
Subsede del CIESAS, San Cristóbal de las Casas.
Subsede del ECOSUR, San Cristóbal de las Casas.
Universidad Autónoma de Chiapas.

Chihuahua

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.
Semilla Museo, Centro de Ciencia y Tecnología de Chihuahua.
Subsede del CIAD, Delicias.
Subsede del CIAD, Cuauhtémoc.
Subsede de EL COLEF, Ciudad Juárez.
Subsede del INECOL, Ciudad Aldama.
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Distrito Federal

Academia de Ciencias Administrativas, A. C.
Agua.org.mx.
Centro de Difusión de Ciencia y Tecnología del IPN, Tezozómoc.
Colegio de Ciencias y Humanidades.
El Colegio de México.
Escuela Nacional Preparatoria 1.
Escuela Nacional Preparatoria 2.
Escuela Nacional Preparatoria 3.
Escuela Nacional Preparatoria 4.
Escuela Nacional Preparatoria 5.
Escuela Nacional Preparatoria 6.
Escuela Nacional Preparatoria 7.
Escuela Nacional Preparatoria 8.
Escuela Nacional Preparatoria 9.
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
Fundación del Centro Histórico de la Ciudad de México, A. C.
Museo del Instituto de Geología, UNAM.
MUTEC, Museo Tecnológico de la CFE.
Subsede del CISESE, Distrito Federal.
Subsede de EL COLEF, Distrito Federal.
Universidad Anáhuac.
Universidad Panamericana, Campus Ciudad de México.

Durango

Bebeleche, Museo Interactivo de Durango.
Subsede del INECOL, Durango.
Universidad Autónoma de Durango.

Estado de México

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.
Instituto Tecnológico de Toluca.
Museo Modelo de Ciencias e Industrias, A. C., Toluca.
Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco.

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán.
Universidad Autónoma del Estado de México.
Universidad de Ixtlahuaca.
Universidad Politécnica de Tecámac.
Universidad Politécnica del Valle de Toluca.
Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl.

Guanajuato

Centro de Ciencias Explora.
Instituto Tecnológico de Celaya.
Universidad Centro de Estudios Cortázar.
Universidad de Guanajuato.

Guerrero

Instituto Tecnológico de Acapulco.
Instituto Tecnológico de Iguala.
Museo Interactivo “La Avispa”.
Universidad Autónoma de Guerrero.

Hidalgo

Museo “El Rehilete”, Pachuca.
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Universidad Tecnológica de Tulancingo.

Jalisco

CIATEC Guadalajara.
Museo de Ciencia y Tecnología “Guillermo Santoscoy Gómez”.
Subsede del CIESAS, Guadalajara.
Trompo Mágico, Museo Interactivo, Zapopan.
Universidad Autónoma de Guadalajara.
Universidad de Guadalajara.
Zig-zag Centro de Ciencias Interactivo.

Michoacán

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora.
Instituto Tecnológico de Jiquilpan.
Instituto Tecnológico de La Piedad.
Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas.
Instituto Tecnológico de Morelia.
Instituto Tecnológico del Valle de Morelia.
Instituto Tecnológico de Zitácuaro.
Instituto Tecnológico Superior de Apatzingán.
Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo.
Instituto Tecnológico Superior de Huetamo.
Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes.
Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro.
Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro.

Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro.
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan.
Instituto Tecnológico Superior Purépecha.
Subsede del COLMICH, La Piedad.
Subsede del INECOL, Pátzcuaro.
Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Universidad Tecnológica de Morelia.

Morelos

Instituto Nacional de Salud Pública.
Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
Universidad Politécnica de Morelos.

Nayarit

Instituto Las Américas de Nayarit.
Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas.
Instituto Tecnológico de Tepic.
Universidad Autónoma de Nayarit.
Universidad del Valle de Matatipac, S. C.
Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas.
Universidad Vizcaya de Las Américas.

Nuevo León

Horno 3, Museo del Acero.
Planetario Alfa.
Subsede del CICESE, Monterrey.
Subsede del CIESAS, Monterrey.
Subsede de EL COLEF, Monterrey.
Universidad Autónoma de Nuevo León.

Oaxaca

Museo del Palacio.
Subsede del CIESAS, Oaxaca.
Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca.

Puebla

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
Colegio México, Tehuacán.
Instituto Tecnológico Superior de Huachuinango.

Querétaro

Subsede del CIATEQ, El Marqués.
Universidad Autónoma de Querétaro.

Quintana Roo

Instituto Tecnológico de Cancún.
Subsede del CICY, Cancún.
Subsede del ECOSUR, Chetumal.

San Luis Potosí

CIDESI San Luis Potosí.
CIQA San Luis Potosí.
Museo Laberinto de las Ciencias y las Artes.
Subsede del CIATEQ, San Luis Potosí.

Sinaloa

Centro de Ciencias de Sinaloa.
Instituto Tecnológico de Culiacán.
Instituto Tecnológico de Los Mochis.
Instituto Tecnológico de Mazatlán.
Instituto Tecnológico Superior de Eldorado.
Instituto Tecnológico Superior de Guasave.
Instituto Tecnológico Superior de Sinaloa, A. C.
Subsede del CIAD, Culiacán.
Subsede del CIAD, Mazatlán.
Universidad Autónoma de Sinaloa.
Universidad Autónoma Indígena de México.
Universidad de Occidente.
Universidad Politécnica de Sinaloa.

Sonora

Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora.
El Colegio de Sonora.
INAOE, Cananea.
Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
“La Burbuja”, Museo del Niño.
Subsede del CIAD, Guaymas.
Subsede del CIBNOR, Guaymas.
Subsede del CIBNOR, Hermosillo.
Universidad de Sonora.
Universidad Estatal de Sonora.

Tabasco

Instituto Tecnológico Superior de Los Ríos.
Subsede del CIATEQ, Villahermosa.
Subsede del COMIMSA, Villahermosa.
Subsede del ECOSUR, Villahermosa.
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Tamaulipas

Subsede de EL COLEF, Matamoros.
Subsede de EL COLEF, Nuevo Laredo.
Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Tlaxcala

Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Veracruz

Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan.
Museo Interactivo de Xalapa-MIX.
Subsede del CIESAS, Xalapa.
Universidad Veracruzana.

Yucatán

Subsede del CIESAS, Mérida.
Universidad Autónoma de Yucatán.

Zacatecas

Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo.



AGENDA CIUDADANA
MEDIO
AMBIENTE

pertenciente a la *Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación*, fue editado por la Academia Mexicana de Ciencias, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM.

Se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2013 en los talleres de Grupo San Jorge, ubicados en Antonio Plaza 50, Col. Algarín, México, D. F.

En su composición se utilizaron tipos de la familia Thesis de 10/13 puntos.

Fue impreso en offset sobre papel couché mate de 150 gramos.

El tiraje constó de 1 500 ejemplares.

El cuidado de la edición estuvo a cargo de Rosanela Álvarez R.





MEDIO AMBIENTE

Nuestra época está marcada por una profunda crisis ambiental. En gran medida, las actividades humanas ejercen sobre el planeta diversas agresiones que ponen en peligro la existencia y viabilidad de los ecosistemas.

Entre los principales retos, la ciencia y la tecnología deben enfrentar la pérdida de la biodiversidad, el deterioro de la calidad del aire, del agua y del suelo, los daños en la salud de la población y los ecosistemas, así como las consecuencias por la generación y gestión de los residuos.

Desde la investigación científica se han generado diversas estrategias para aminorar el impacto y mantener las condiciones del medio urbano y rural. De esta manera, se busca lograr la permanencia de la sociedad actual en convivencia con otras formas de vida dentro de un ambiente más saludable y sustentable.

