

The background of the cover is a warm, golden sunset over a body of water. The sun is low on the horizon, creating a bright glow and reflecting on the water's surface. In the foreground, there are dark silhouettes of reeds or tall grasses on the left side, and some bare branches on the right. The overall color palette is dominated by shades of yellow, orange, and gold.

# Más allá del cambio climático

Las dimensiones psicosociales  
del cambio ambiental global

Javier Urbina Soria  
y Julia Martínez Fernández  
(compiladores)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales / Instituto Nacional de Ecología  
Universidad Nacional Autónoma de México / Facultad de Psicología



## MÁS ALLÁ DEL CAMBIO CLIMÁTICO



# MÁS ALLÁ DEL CAMBIO CLIMÁTICO

*Las dimensiones psicosociales del cambio  
ambiental global*

Javier Urbina Soria  
y Julia Martínez Fernández  
(compiladores)

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA

Primera edición: octubre de 2006

D.R. © Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)  
[www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx).

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)  
Facultad de Psicología  
[www.psicol.unam.mx](http://www.psicol.unam.mx)

COORDINACIÓN EDITORIAL, DISEÑO DE INTERIORES  
Y TIPOGRAFÍA: Raúl Marcó del Pont Lalli  
DISEÑO DE LA PORTADA: Álvaro Figueroa  
FOTO DE LA PORTADA: Claudio Contreras  
CORRECCIÓN DE ESTILO Y SELECCIÓN  
DE EXERGOS: Andrés García Barrios

ISBN: 968-817-808-X  
Impreso y hecho en México

<b>Prólogo</b>	11
<b>Agradecimientos</b>	13
<b>Introducción</b>	15
<b>PRIMERA PARTE. PERCIBIR EL PROBLEMA</b>	<b>23</b>
<b>1. Estrategias adaptativas y amenazas climáticas</b>	<b>29</b>
<i>Virginia García Acosta</i>	
<b>2. Del agua amenazante al agua amenazada</b>	<b>47</b>
<b>Cambios en las representaciones sociales de los problemas del agua en el Valle de México</b>	
<i>Manuel Perló Cohen y Arsenio Ernesto González Reynoso</i>	
<b>3. Dimensiones psicosociales del cambio ambiental global</b>	<b>65</b>
<i>Javier Urbina Soria</i>	
<b>4. El cambio climático global, ¿qué significa?</b>	<b>79</b>
<i>Víctor O. Magaña Rueda</i>	

	SEGUNDA PARTE. GENERAR INFORMACIÓN	89
5.	<b>Cambio global y biodiversidad</b> <i>Irene Pisanty Baruch</i>	95
6.	<b>La percepción sobre la conservación de la cobertura vegetal</b> <i>Irma Rosas Pérez, Gabriela Carranza Ortiz, Yolanda Nava Cruz y Alfonso Larqué Saavedra</i>	123
7.	<b>Co-beneficios de los controles sobre la contaminación del aire local y global de la ciudad de México</b> <i>Patricia Osnaya Ruiz</i>	141
8.	<b>Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: descripción de un estudio de caso (los retos en las investigaciones actuales)</b> <i>Ana Cecilia Conde Álvarez</i>	157
	TERCERA PARTE. INFORMAR Y COMUNICAR	173
9.	<b>Algunos peligros del cambio climático</b> <i>Julia Martínez Fernández</i>	179
10.	<b>El cambio de uso de suelo y sus repercusiones en la atmósfera</b> <i>Juan Rafael Elvira Quesada</i>	191
11.	<b>Evaluaciones y propuestas internacionales como elementos propiciatorios de acción gubernamental/social ante el cambio ambiental global</b> <i>Ana Rosa Moreno Sánchez</i>	195
12.	<b>Cambio climático: el peso de la evidencia y sus implicaciones para la sociedad</b> <i>Andrés Flores Montalvo y Adrián Fernández Bremauntz</i>	215

CUARTA PARTE. HACIA LAS SOLUCIONES	229
<b>13. Alternativas energéticas para combatir el cambio ambiental global</b>	235
<i>Odón de Buen Rodríguez</i>	
<b>14. Impacto del cambio ambiental global en el sector residencial</b>	249
<i>David Morillón Gálvez</i>	
<b>15. El papel de la sociedad civil en el cambio climático: la visión social</b>	261
<i>Tania Mijares García</i>	
<b>16. Aspectos evolutivos del cambio ambiental global: el papel de la población</b>	267
<i>Serafín Mercado Doménech</i>	
<b>17. Retos del Sistema Nacional de Protección Civil ante el cambio ambiental global</b>	273
<i>Enrique Bravo Medina</i>	
<b>Conclusiones</b>	283
<i>Javier Urbina Soria</i>	



## PRÓLOGO

En septiembre del año 2005 la Facultad de Psicología de la UNAM, con el aval y la participación del Instituto Nacional de Ecología, organizó el *1er. Coloquio sobre las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global*. El objetivo principal fue propiciar el intercambio de experiencias a fin de tener una visión integrada de las aportaciones de los distintos campos científicos que lo abordan. Se recopilan aquí, en una versión ampliada y actualizada, 17 de los trabajos presentados en el Coloquio, que se organizan conforme a los cuatro temas que dan título a los capítulos y que atienden al énfasis que los autores imprimieron en su enfoque.

La estructura que los ordena es en primera instancia una guía de lectura. En realidad, en cada texto se puede descubrir la forma específica en que su autor concibe las dimensiones psicosociales, término que designa un objeto muy versátil en el pensar de los estudiosos. Esta distribución es por tanto una primera tentativa por encaminar los múltiples criterios hacia una visión común y rebasar lo *muchidisciplinario*, como con buen humor y perspicacia llama Ana Cecilia Conde a esa aglomeración de voces que se expresan sin encontrar quien las escuche y sin recibir respuesta.

Los principales destinatarios de este libro son en buena medida los mismos autores y sus grupos de trabajo, quienes pueden buscar el sentido de sus propias palabras en las de los otros.

Un denominador común de los artículos es su sencillez, pues tratándose de un enfoque nuevo para muchos de los autores, casi les ha impuesto la obligación de hablar en términos elementales y sobre asuntos que resulten de interés para un público no especializado. Da la impresión de ser un encuentro de divulgación que tuviera el objetivo de asentar términos afines a las disciplinas participantes y de compartir y perfeccionar herramientas comunes de conocimiento y análisis. Efectivamente, tanto el libro, como el coloquio del que nació, resultan grandes esfuerzos por hablar un idioma común, lo cual, ya sabemos, sólo se logra empezando por lo elemental.

El lector acucioso notará que dentro de las coincidencias se dejan ver algunas discrepancias y que muchos conceptos y procesos son reiterados por varios autores. Hemos resistido la tentación de solventar las diferencias y de eliminar las reiteraciones pues creemos que debe ofrecerse el panorama tal cual es, sin retoques artificiosos ni poses momentáneas. Ello no le quita interés al conjunto; por el contrario, le agrega un ingrediente por demás suculento: encontrar lo que se amolda a nuestra forma de ver las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global y descubrir también aquellos conceptos, teorías, enfoques y aplicaciones de que podemos disponer y que no habíamos descubierto.

No podemos dejar de mencionar que con esta publicación se cumplen también objetivos institucionales tanto del INE como de la UNAM. Por un lado, poner a disposición de los interesados del sector público, de la academia, de los industriales y de las organizaciones no gubernamentales información pertinente para facilitar su trabajo. Por el otro, ofrecer a la población en general una fuente de información seria y confiable acerca de un fenómeno en el que cada individuo y comunidad tiene, lo sepa o no, una participación importante.

Sabemos que es un primer paso en el buscado acercamiento entre los varios campos disciplinarios que se avocan al estudio del tema. Ojalá que pronto nos encontremos de nuevo para continuar juntos la travesía.

*Javier Urbina Soria  
y Julia Martínez Fernández*

# Agradecimientos

Si en una obra individual hay siempre varias personas a las cuales agradecer su ayuda, el número crece notoriamente cuando se trata, como en este caso, de un trabajo colectivo. En primer lugar están desde luego los autores de los diferentes capítulos, a los cuales no sólo les agradezco su contribución escrita para este libro sino, nuevamente, su gentileza de participar en el coloquio del cual se deriva. Además del tiempo invertido en preparar la presentación que hicieron en dicho coloquio, aceptaron elaborar la versión escrita que aquí se incluye. Doble esfuerzo que es sincera y ampliamente agradecido y que espero tenga también una recompensa para todos en el acercamiento interdisciplinario que buscamos.

Detrás de la preparación de un volumen suele estar el trabajo discreto y no siempre reconocido de quienes hacen el importante pero fatigoso trabajo de revisar una y otra vez los escritos –antes llamados manuscritos-, para ponerlos en el formato que solicita el editor y para resolver los múltiples aspectos relacionados con la bibliografía, las ilustraciones y otros muchos detalles. Esta no es la excepción, pues las psicólogas Alejandra Sánchez Pérez, Rocío Clavel Gómez y Mónica Bravo Flores realizaron en forma por demás eficiente esta ardua faena; para ellas mi profundo agradecimiento y la esperanza de que en el proceso hayan encontrado temas que acrecentaran su ya de por sí gran interés en el análisis de las interacciones ambiente-comportamiento.

Los lectores notarán, y puede que hasta bien aprecien, las introducciones a cada uno de los capítulos del libro, que buscan relacionar los artículos que lo integran. Aunque refrendadas por la Mtra. Julia Martínez Fernández y por un servidor, hay que decir que el trabajo de análisis de contenido y de planteamiento de los puntos a destacar en cada introducción lo llevó a cabo Andrés García Barrios, quien para ello analizó las presentaciones video-grabadas, las figuras, gráficas y demás ilustraciones que los ponentes utilizaron en dichas presentaciones y, claro, el texto de todos los artículos, cuya revisión de estilo estuvo igualmente a su cargo. La estructura general de la obra fue también concebida por él. Estas labores implicaron un gran esfuerzo de síntesis que se refleja en la fluidez y claridad con que se puede leer cada trabajo. Mi agradecimiento renovado para él.

Además de los agradecimientos a personas que intervinieron en la preparación del libro, es de resaltar también el apoyo institucional recibido, que provino tanto del Instituto Nacional de Ecología (INE) como de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En cuanto al INE, agradezco en primer lugar su decisión de apoyar la publicación, pero también quiero destacar su participación activa y entusiasta en la organización del ya referido coloquio y su aval para el mismo. Toda contribución institucional está finalmente personificada por funcionarios que aceptan las proposiciones, a veces aventuradas, de quien sin aviso llega a decir: “traigo una propuesta para que la desarrollemos conjuntamente”. Por ello mi agradecimiento a Julia Martínez Fernández, que mostrando un criterio abierto a nuevos horizontes recibió con entusiasmo la iniciativa de que el INE se involucrara en el análisis de las dimensiones psicológicas y sociales del cambio ambiental global. Fueron sus gestiones las que permitieron que este libro se editara y de hecho fue idea suya que se elaborara. Gracias también al Dr. Adrián Fernández Bremauntz, quien decididamente respaldó lo mismo la realización del coloquio que la edición de la obra.

Por lo que toca a la UNAM, son dos las dependencias a las que quiero manifestar agradecimiento: la Dirección General de Asuntos del Personal Académico y la Facultad de Psicología. A la primera, porque es dentro de su Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación y de Innovación Tecnológica que se han otorgado los fondos para llevar a cabo el estudio sobre las dimensiones psicológicas del cambio ambiental global. A la Facultad de Psicología, mi casa de trabajo, y en especial a su Directora, la Dra. Lucy María Reidl Martínez, quien entusiastamente no sólo me apoyó sino que también me animó en todas las tareas involucradas con este proyecto.

Para todos, mi manifestación de gratitud.

*Javier Urbina Soria*

# INTRODUCCIÓN

*Javier Urbina Soria\**

## TRASCENDENCIA DEL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

Puede afirmarse con seguridad que el cambio ambiental global es uno de los temas que mayor atención han recibido de los científicos en décadas recientes. Otros grupos sociales como los tomadores de decisiones, los empresarios, los medios de comunicación y las organizaciones no gubernamentales, también han enfocado su atención hacia este fenómeno.

Una de las razones de tal relevancia es su muy rápido crecimiento, pues si bien los cambios ambientales se han producido durante millones de años, ha sido hasta muy recientemente que, por razones de la actividad humana, éstos se han exacerbado. Se suele ubicar el inicio de este ciclo con el despegue de la revolución industrial, lo que nos coloca en un periodo de alrededor de 200 años.

Una segunda razón para su estudio es, precisamente, que los cambios que están ocurriendo no son enteramente de origen natural, es decir, de interacción entre los sistemas físico, geológico, biológico y químico del planeta, sino que son mayormente producidos por las

\* Facultad de Psicología, UNAM.

actividades humanas (Jacobson y Price 1990, Pawlik 1991, Dietz y Rosa 2002).

Se afirma incluso que uno de los componentes de este cambio, el calentamiento del planeta, es la amenaza ambiental más compleja que hemos confrontado jamás (Stern, Young y Druckman 1992).

En razón de la magnitud que ha cobrado este fenómeno, en 1989 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial crearon el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), un organismo en el que participan representantes de los gobiernos para discutir y acordar compromisos que ayuden a reducir la velocidad de los cambios y a mitigar sus efectos.

Otra de las razones que dan relevancia al tema es el fuerte vínculo que las condiciones ambientales tienen con la salud humana, visto en el marco del principio precautorio y de la equidad (OMS 2003). En este mismo sentido, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente destaca los aspectos de vulnerabilidad, los riesgos para la salud de los grupos humanos y la seguridad alimentaria en relación con el fenómeno de cambio ambiental (PNUMA 2002).

#### INVESTIGACIÓN DEL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

Ante un problema de tal gravedad, varias organizaciones de científicos que provienen mayormente de las ciencias naturales, se han dado a la tarea de determinar sus características actuales, identificar sus elementos causales y elaborar escenarios de su posible evolución. Ya en 1971, bajo los auspicios de la UNESCO, se había creado el *Man and the Biosphere Program*, al que siguieron otros igualmente importantes como el *World Climate Research Programme* en 1979 y el de mayor influencia mundial en la actualidad, el *International Geosphere-Biosphere Program* (IGBP), creado en 1986.

Aunque con variaciones en el énfasis y reconociendo las obligadas discrepancias, hay acuerdo en que los principales elementos del cambio ambiental global son el calentamiento del planeta, el cambio climático, el adelgazamiento de la capa de ozono, la pérdida de la biodiversidad y la desertificación. Buena parte de estos procesos, que por cierto están interrelacionados, ocurren debido a los incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono, metano, óxido nitroso, ozono en la tropósfera y clorofluorocarbonos. Con excepción del último, estos gases existen naturalmente en la atmósfera y son removidos hacia la

geósfera y la biósfera mediante los ciclos bioquímicos. Sin embargo, actividades humanas como el cambio en el uso del suelo, el consumo de combustibles fósiles y de combustibles a base de biomasa, la conversión de tierras húmedas a usos urbanos y agrícolas, así como la producción y liberación de clorofluorocarbonos, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre, han aumentado la presencia de estos gases a niveles que los procesos naturales no pueden remover (Jacobson y Price 1990, Dietz y Rosa 2002).

Como resultado del calentamiento del planeta, se estima que se derretirán superficies importantes de los hielos polares, habrá un aumento en el nivel del mar, se presentarán inundaciones de regiones costeras y de islas, y se multiplicarán los cambios climáticos regionales con aumento de precipitaciones y el subsecuente efecto en flora, fauna y agricultura, así como el aumento de desastres debido a huracanes e inundaciones que con mayor frecuencia e intensidad impactarán zonas densamente pobladas (Bolin, Doos, Pagar y Warrick 1986; Jacobson y Price 1990).

#### DIMENSIONES HUMANAS DEL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

Si bien desde el conjunto de las ciencias naturales el estudio del cambio ambiental global ha recibido significativos esfuerzos y recursos, no ha ocurrido lo mismo con las ciencias sociales. Su incorporación al estudio de estos procesos ocurrió en 1986, cuando el *International Social Science Council* (ISSC) adoptó el primer programa de análisis de las dimensiones humanas del cambio ambiental global; pero fue hasta 1990 que se estableció formalmente. De entonces a la fecha ha sido creciente el número de científicos naturales que postulan que el entendimiento pleno del funcionamiento de estos fenómenos se alcanzará solamente incluyendo el análisis de las actividades humanas, pues el cambio ambiental global es resultado directo o indirecto de las mismas (Pawlik 1991, Jacobson y Price 1990, Balstad y Jacobson 1993, Dietz y Rosa 2002).

Un paso significativo se dio en los Estados Unidos de América al establecerse en la National Science Foundation, en 1988, un programa sobre las dimensiones humanas del cambio ambiental global. En la actualidad, este programa tiene entre sus rubros de investigación, el de psicología social y el de cognición y percepción humana (NSF Global Change Program 2004).

Asimismo, el Committee on Earth and Environment Sciences de los Estados Unidos de América afirmó en 1992 que: “Sin un entendimiento de las interacciones humanas en el cambio ambiental global que se base en observaciones empíricas de la conducta y en una mejor comprensión de las acciones humanas, los modelos de procesos físicos y biológicos del cambio serán incompletos”. En el mismo sentido se ha afirmado que el hecho de que por primera vez las actividades humanas produzcan cambios hidrológicos, climatológicos y biológicos de magnitud planetaria, hace que para la explicación y predicción del curso que dichos cambios seguirán se deba entender a cabalidad el papel que tenemos como causantes y víctimas (Stern, Young y Druckman 1992).

De acuerdo con los documentos descriptivos de la organización y funciones actuales del *International Human Dimensions Program on Global Environmental Change (IHDP-GEC)*, las dimensiones humanas comprenden las causas y consecuencias de las acciones individuales y colectivas, incluyendo los cambios que llevan a la modificación de los sistemas físico y biológico del planeta y que afectan la calidad de vida y el desarrollo sostenible en diferentes partes del mundo. Las principales disciplinas que hasta ahora han contribuido en este programa son la economía, la sociología, la psicología, la antropología, la ciencia política, la geografía y la historia.

Las dimensiones que originalmente se propusieron dentro del IHDP-GEC son: a) dimensiones sociales del uso de recursos; b) percepción y evaluación de las condiciones y cambios ambientales globales; c) impacto de las estructuras e instituciones locales, nacionales e internacionales, en el ambiente global; d) uso del suelo; e) producción y consumo de energía; f) desarrollo industrial, y g) seguridad ambiental y desarrollo sustentable (ISSC 1990).

Al respecto de las tres primeras dimensiones, Jacobson y Price (1990) las relacionan con tres factores fundamentales que contribuyen al cambio ambiental global y son afectadas por él: 1) el tamaño y la distribución de la población; 2) las necesidades y deseos humanos, condicionados por factores psicológicos, culturales, económicos e históricos, que ofrecen a individuos y sociedades motivaciones para actuar, y 3) las estructuras e instituciones políticas que dictan las normas y leyes.

En una aproximación complementaria, Stern, Young y Druckman (1992) indican que las respuestas humanas al cambio ambiental global ocurren dentro de ciertos sistemas interactivos entre sí: 1) Percepción,

juicios y acciones individuales; 2) Mercados; 3) Sistemas socioculturales; 4) Respuestas organizadas a niveles locales; 5) Políticas nacionales y, 6) Cooperación internacional. Más recientemente, Dunlap y Jones (2003) han insistido en la complejidad inherente de los conceptos y formas de medición de la percepción de aspectos ambientales.

En el marco de su renovada organización integral, el IHDP-GEC actualmente desarrolla siete grandes programas: 1) La transformación industrial; 2) El cambio ambiental global y la seguridad humana; 3) Las dimensiones institucionales del cambio ambiental global; 4) Los cambios en el uso del suelo y en la cubierta terrestre; 5) Las interacciones tierra-océano en las zonas costeras; 6) La urbanización y el cambio ambiental global, y 7) El proyecto Tierra Global.

#### NECESIDAD DE COLABORACIÓN DE LAS CIENCIAS SOCIALES Y NATURALES

En el año 2002 el IGBP efectuó una revisión de sus logros y objetivos, lo que le llevó a replantear todos sus programas, que han venido modificándose desde entonces. En uno de los programas, el *Global Analysis, Integration and Modelling of the Earth System* se formularon 23 preguntas a manera de retos para la comunidad que estudia el cambio global. Dentro de este conjunto hay 10 preguntas que tienen una relación, ya sea directa o indirecta, con las disciplinas sociales: ¿Cuáles son los regímenes de disturbios antropogénicos relevantes para el Sistema Tierra? ¿Cuáles son los órganos vitales de la ecósfera y los elementos planetarios críticos que pueden realmente ser transformados por la acción humana? ¿Cómo son procesados los eventos abruptos y extremos mediante las interacciones sociedad-naturaleza? ¿Cuáles son las metodologías más apropiadas para integrar el conocimiento de las ciencias naturales y de las ciencias sociales? ¿Cuáles son los principios y criterios generales para distinguir entre futuros sostenibles y no sostenibles? ¿Cuáles son los dominios accesibles pero intolerables en el espacio de co-evolución de la naturaleza y la humanidad? ¿Qué tipo de naturaleza quieren las sociedades modernas? ¿Cuáles son los principios de equidad que deberían regular el manejo ambiental global? ¿Cuál es la combinación ideal de medidas de mitigación y de adaptación para responder al cambio global? ¿Cuáles son las opciones y advertencias de las intervenciones tecnológicas como la geo-ingeniería y la modificación genética? (Sahagian y Schellnhuber 2002, p. 7).

La búsqueda de respuestas a estas interrogantes hace ver que no sólo es necesario sino imprescindible que se dé un mayor acercamiento entre las disciplinas que cubren los ámbitos de la naturaleza y de la sociedad; en particular, es urgente que se atienda a aquéllas que pueden aportar al entendimiento de los comportamientos individuales y colectivos que están propiciando el cambio ambiental global y, al mismo tiempo, analizando las formas en que dicho cambio impactará los hábitos y comportamientos cotidianos. Este es el propósito de la presente obra: favorecer que en México se acreciente la colaboración y el trabajo conjunto entre las disciplinas naturales y las sociales.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Balstad, R.M. y H.K. Jacobson. 1993. *Research on the Human Components of Global Change: Next steps*. Discussion Paper 1. HDGEC, International Social Science Council.
- Bolin, B., B.R. Doos, J. Jager y R.A. Warrick. (Eds.). 1986. *The greenhouse effect, climatic change and ecosystems*. SCOPE Report 29, Wiley, Nueva York.
- Dietz, T. y E.A. Rosa. 2002. Human Dimensions of Global Environmental Change. En: R. Dunlap y W. Michelson (Eds.). *Handbook of Environmental Psychology*. Greenwood Press, Londres.
- Dunlap, R. y E.J. Jones. 2002. Environmental Concern: Conceptual and Measurement Issues. En: R. Dunlap y W. Michelson (Eds.). *Handbook of Environmental Psychology*. Greenwood Press, Londres.
- International Social Science Council. 1990. *Framework for Research on the Human Dimensions of Global Environmental Change*.
- Jacobson, H.K. y M.F. Price. 1990. *A Framework for Research on the Human Dimensions of Global Environmental Change*. Human Dimensions of Global Environmental Change Programme, Barcelona, España.
- NSF Global Change Program. 2004. Global Change Research Programs. <http://nsf.gov/sbe//hdgc/hdgc/htm>.
- Organización Mundial de la Salud. 2002. *Cambio climático y salud humana- Riesgos y respuestas*. OMS, Ginebra.
- Pawlik, K. 1991. The Psychology of Global Environmental Change: Some Basic Data and an Agenda for Cooperative International Research. *International Journal of Psychology*, 26 (5): 547-563.
- PNUMA. 2002. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*. PNUMA, Madrid.

Sahagian, D. y J. Schellnhuber. 2002. GAIM in 2002 and beyond: a benchmark in the continuing evolution of global change research. *IGBP Global Change Newsletter*, 50: 7–10.

Stern, P.C., O.R. Young y D. Druckman (Eds.). 1992. *Global Environmental Change. Understanding the Human Dimensions*. National Academic Press, Washington, D.C.

*Introducción*



## Primera parte

# Percibir el problema

**E**stá suficientemente probado que el cambio ambiental global tiene su origen en la actividad humana. La posibilidad de percibirlo, describirlo y solucionarlo se asocia con la compleja red de fenómenos que acompaña al conocimiento de nosotros mismos.

En esta primera parte, el Mtro. Javier Urbina Soria menciona cinco características de orden psicológico que complican el acercamiento al problema. Al menos una de ella está estrechamente relacionada con la percepción, a saber: la baja visibilidad del cambio global en comparación con otros cambios ambientales, por ejemplo los que ocurren diariamente.

En la actualidad y para la mayoría de la gente en el mundo, la única forma de conocer el cambio climático es recibiendo información de otras personas. Son pocos los cambios ambientales que se perciben directamente: la contaminación de la ciudad de México es un hecho visible lo mismo que la escasez de agua en algunas zonas; de ahí en fuera, los cambios son por lo general imperceptibles empíricamente y, en cierta medida por ello, subestimados.

Según lo anterior, el conocimiento del cambio ambiental global en general y del cambio climático en particular depende de las acciones de comunicación que se emprendan, por lo que cada país, e incluso cada localidad, deberá forjar su propia estrategia de comunicación tomando

en cuenta elementos autóctonos. La antropología insiste en ver en la percepción del ambiente y en el comportamiento frente a él un asunto cultural. La información que recibimos sobre el medio que nos rodea no sólo proviene de nuestra percepción empírica y del conocimiento académico y científico, sino que también la heredamos junto con el conjunto de elementos que acompañan a la cultura.

El problema comienza por la adecuación del lenguaje. Virginia García Acosta señala que el término *desastre natural* conlleva una errónea disociación, forjada culturalmente, entre la percepción de las amenazas naturales y la percepción de las situaciones de vulnerabilidad en que el hombre se coloca ante dichas amenazas. Viéndose como víctima, el hombre niega la participación que tiene en los cambios del entorno y/o en la magnitud con que éstos le afectan.

García Acosta utiliza como concepto medular el de "construcción social de riesgos" para hacer referencia a las formas en que la sociedad edifica contextos vulnerables. La relación entre sociedad y medio es tan estrecha que la autora reconoce "a la heterogeneidad cultural de las sociedades como respuesta cultural al medio en que está inmerso el grupo en el continuo de su historia". Esta especificidad cultural desacredita el que se conciben y apliquen esquemas únicos de estudio y atención ante los desastres.

Siguiendo a Julian Stewart y su modelo de *ecología cultural*, la Dra. García acoge la idea de que esta respuesta adaptativa al medio constituye un importante proceso creativo. "Las sociedades no son ni han sido sujetos pasivos frente a las amenazas naturales. Los caminos sociales y culturales se manifiestan en hábitos, costumbres, comportamientos, tradiciones y prácticas específicas..." La autora pone como ejemplo de estas construcciones culturales (a las que denomina *estrategias adaptativas*) el caso de los mayas prehispánicos y contemporáneos y sus modos de supervivencia frente a las tormentas tropicales, las cuales "... los llevaron no sólo a minimizar el daño provocado por los huracanes sino incluso a obtener beneficios de ellos así como a sostener altos niveles demográficos".

Una perspectiva equivocada disocia conducta humana y desastre. Este tipo de percepción, insisten Perló y González, es un problema cultural: la sostienen numerosos factores de orden político, económico, psicológico, administrativo, jurídico, histórico e incluso criminal. Para comprenderla los autores introducen el término *representación social* que describe los procesos de percepción simbólica del entorno. Estas representaciones son relaciones imaginarias y cognoscitivas entre sociedad y naturaleza que configuran a lo largo de la historia el sentido común a partir del cual

juzgamos una situación ambiental compleja y actuamos sobre ella. Tarde o temprano esas representaciones sociales se materializan en una red de infraestructuras que terminan por mediar entre la sociedad y su contexto natural; es decir, la acción de personas y grupos se traduce en obras de ingeniería (por poner un ejemplo sumamente gráfico y a la vez dramático) que imponen su presencia irrevocable en el devenir histórico. Ciertamente, en la naturaleza el hombre puede ver toda adversidad y ocultar su propia responsabilidad frente al desastre: "...al ver fenómenos como las inundaciones o la falta de agua... cree estar percibiendo directamente las condiciones ambientales... cuando en realidad está percibiendo los efectos artificiales del funcionamiento de una impresionante infraestructura construida a lo largo de cuatro siglos."

Lo mismo ocurre con las condiciones de bienestar. Quienes, por ejemplo, disfrutan de abundancia de agua y de un drenaje operativo en el Vall de México, no suelen percibir la verdadera condición natural hidrológica de este entorno: "... la realidad tecnológica-social-política-económica que mueve el agua de un lugar a otro, que la expulsa hacia afuera de la cuenca y al mismo tiempo la trae desde otras dos cuencas, permanece prácticamente invisible a los sentidos del habitante de la metrópoli".

Este tipo de discordancias está presente en los conflictos sociales que enfrentan a los habitantes de regiones que comparten recursos. El asombro surge en la mirada de quienes quieren verse como víctimas de esos desórdenes y en realidad son quizás, sus actores más dinámicos (aunque relativamente ciegos). Así, concluyen Perló y González, "no basta domesticar la naturaleza... sino que hay que actuar sobre la mentalidad y las acciones de la sociedad...".

Una de las medidas fundamentales para promover una buena actitud frente al medio ambiente es brindar a la población información con bases científicas. Sin estas últimas, las acciones de solución suelen resultar erróneas y provocar daños. Victor Magaña Rueda pone como ejemplo que una política que proponga la construcción de presas como remedio a la falta de abastecimiento de agua sería contraria a la información que indica que el calentamiento que vendrá con el cambio climático producirá tasas de evaporación altas, mismas que revertirán las bases de esa estrategia. "Sería mucho mejor trabajar en la recarga de acuíferos y recuperación de la calidad del agua en las fuentes superficiales".

Enfocándose más puntualmente en el cambio climático, el mismo autor propone informar a los actores involucrados en el problema a fin de "generar capacidad entre los tomadores de decisiones y la población para que apoyen acciones de mitigación y adaptación, las primeras encaminadas

a disminuir emisiones de gases de efecto invernadero y las segundas a reducir la vulnerabilidad ante condiciones extremas en el clima.”

Sin embargo, no hay por qué pensar que la forma de percibir el problema se modificará una vez que la persona sea informada con argumentos académicos o científicos acerca de la asociación indudable entre comportamiento humano y desastre. Escribe Javier Urbina: “... el nivel de conocimiento por sí mismo no correlaciona con las actitudes o la conducta...”, y pone como ejemplo el caso de los jóvenes, quienes “... muestran alta preocupación pero aceptan el desarrollo económico tradicional y el consumo innecesario; ...su conducta no está orientada hacia la protección.”

Con su detallada relación de investigaciones nacionales e internacionales sobre conducta, psicología y ambiente, Javier Urbina ofrece una valiosa guía para quien se interesa en un tema tan poco difundido. Tras mencionar brevemente aquellos estudios que abordan el problema mediante el acercamiento a fenómenos similares al cambio ambiental, el autor se centra en las investigaciones que abordan éste directamente. Son múltiples las variables que tales estudios contemplan: cómo intervienen los valores, actitudes, metas y normas en la disposición humana al cambio de conducta, cómo determina la velocidad y el grado de peligro de un cambio ambiental la reacción de un individuo o una población; cómo se asocia la representación mental de los riesgos ambientales con la adaptación y mitigación de los mismos; de qué manera un tipo de vulnerabilidad que podríamos llamar *psicológica* actúa sobre la percepción de los cambios y genera resistencias a la acción.

El texto resulta uno de los ejes de lectura no sólo de esta primera parte sino del libro mismo, al señalar de forma esquemática algunas de las fronteras del tema principal de éste último: las dimensiones psicosociales del cambio ambiental (sin duda hablar de fronteras es intentar dar límite al conocimiento de algo que en realidad resulta inagotable). Los incisos sobre comunicación de riesgos son en especial elocuentes para describir la complejidad del vínculo entre la psicología humana y el entorno, así como la relación entre las personas cuando intentan transmitir información y experiencia al respecto: “... la comunicación de riesgos ambientales es todo un proceso de intercambio de datos, puntos de vista, sensaciones y sentimientos entre las partes involucradas”, suscribe Urbina citando a Arjonnilla. Son al menos doce las aproximaciones a este tipo de comunicación, cada una con metodología, enfoques y resultados diferentes.

Urbina concluye su texto mencionando los estudios que se han realizado en México. Es claro que son escasos y también que su cantidad y calidad va en aumento. La invitación final al lector es a trabajar en la

instrumentación de acciones de comunicación eficientes que ayuden a la gente a distinguir entre la realidad de los fenómenos y las distorsiones que su procesamiento cognoscitivo acarrea.

Víctor Magaña revela otra de las causas de que exista poca participación social en la resolución del problema climático: la incertidumbre inherente al conocimiento científico. A la indiferencia común de la población ante los problemas que no son patentes, se añade que cuando comienzan a hacerse visibles la ciencia que los explica reporta imprecisión en algunos datos. Cada uno de los actores involucrados aprovechará esta incertidumbre para mantener su tendencia a la inacción: el hombre común apostará más por una estrategia de no arrepentimiento y por un optimismo contrario a la noción de riesgo, mientras que los tomadores de decisión seguirán tratando de evitar conflictos y valorando sus prioridades e intereses.

La posibilidad de que surjan reacciones de este tipo ante la incertidumbre se suma a los cinco principales motivos por los que la gente se mantiene más o menos indiferente o inactiva ante el problema y que son mencionados por Javier Urbina.

Es extenso el recuento de los factores que construyen y modifican la percepción de los problemas ambientales, desde las estructuras psicofísicas individuales, los roles sociales, las infraestructuras materiales y otros constructos culturales heredados históricamente. Entre éstos, la expectativa personal y social ante las nociones científicas forma parte de los imaginarios que moldean nuestra mirada.

Finalizamos esta breve introducción mencionando los dos escenarios extremos que ubica el Dr. Víctor Magaña en torno al problema de la percepción del cambio climático. Quizás la retardada reacción social, tanto de los tomadores de decisión como de la población, no sea sino el reflejo de una falta de condiciones reales para hacer frente a la amenaza; quizás (y he aquí una visión más optimista) el obstáculo radica en que la forma de comunicar el peligro por parte de la comunidad científica no ha sido suficientemente clara.

Nos conviene un escenario intermedio entre estos polos: reconocer el grave problema que enfrentamos y cuanto antes poner en manos de todos su solución: hacer común, *comunicar* el conflicto, afrontarlo (que es también afrontarnos a nosotros mismos) e incluso, como los antiguos mayas que menciona Virginia García Acosta, sacarle provecho siempre que podamos. Tenemos que hacerlo. Somos responsables, como quiere esta misma autora, de *deconstruir* creativamente el riesgo en que nos hemos metido.



# ESTRATEGIAS ADAPTATIVAS Y AMENAZAS CLIMÁTICAS

*Virginia García Acosta\**

En las últimas tres décadas la antropología ha incursionado con éxito en el estudio del riesgo y de los desastres. Este ensayo explora, a partir de conceptos y enunciados teóricos y metodológicos, los aportes de la antropología y de la historia, con especial énfasis en los originados en la metodología de la ecología cultural de Julian Steward. Al final, se examina el origen y uso del concepto “estrategias adaptativas” como un constructo cultural asociado con la “deconstrucción de riesgos”.

La variabilidad climática y la presencia de eventos extremos de la naturaleza han ocurrido desde que el mundo es mundo. Sin embargo, históricamente han tenido consecuencias muy diversas para los grupos sociales: desde cambios que favorecieron las actividades vitales de los grupos humanos y que fueron fructíferamente aprovechados por ellos, hasta situaciones que se transformaron en eventos desastrosos. Las sociedades, en su evolución, han desarrollado manifestaciones culturales para hacer frente a los procesos y a los eventos desastrosos recurrentes que puedan poner en peligro la existencia misma del grupo.

\* Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.

Las sociedades, en su evolución, han desarrollado manifestaciones culturales para hacer frente a los procesos y a los eventos desastrosos recurrentes que puedan poner en peligro la existencia misma del grupo.

Las consideraciones anteriores constituyen el eje de las reflexiones que se presentan a continuación, es decir, pensar desde una mirada antropológica e histórica la dinámica social y su dimensión cultural, y su relación con el cambio y la variabilidad climáticos. Nos enfocaremos en la ocurrencia de fenómenos naturales que en su relación con las condiciones de vulnerabilidad existentes tuvieron impactos de magnitud en importantes segmentos sociales.

## DE CONCEPTOS Y PROCESOS

Partimos, en primer término, de un enfoque que identifica a los desastres como procesos que evolucionan a partir de condiciones críticas pre-existentes, que se convierten en desastrosas para determinados grupos cuando se presenta una determinada amenaza natural; por lo tanto, no se concibe a los desastres como el resultado de una relación lineal causa-efecto, es decir, que del evento extremo de la naturaleza se derive necesariamente la ocurrencia del desastre. Entendemos así a los desastres como procesos complejos, multicausados, multifactoriales y multidimensionales (Oliver–Smith 2002). De esta manera, el análisis de tales causas, factores y dimensiones, espacial y temporalmente definidos, es simplemente inevitable si queremos tanto comprender el proceso a partir del cual algunos eventos extremos de la naturaleza se transforman en desastres, como desarrollar acciones efectivas de prevención.

El estudio de los desastres ofrece al científico social la posibilidad de llevar a cabo investigaciones al modo en que lo hacen los científicos naturales y exactos. Los desastres pueden constituirse en situaciones análogas a las que se requieren para la experimentación, a manera de funcionar como laboratorios sociales. Constituyen espacios únicos, con variables aisladas producto de la súbita aparición del agente, que permiten analizar el contexto, el acontecimiento y la amenaza misma como punto de partida para entender el proceso en su conjunto. El evento o acontecimiento funciona como un revelador e, incluso, un detonador de otros procesos sociales.

Para reflexionar con seriedad acerca del tema, debe partirse de definiciones básicas y establecer con claridad la diferencia entre amenaza, riesgo y desastre. En la literatura sobre el tema estos conceptos en ocasiones todavía se homologan, lo cual en sí revela una postura teórica en el abordaje analítico de los desastres. *Amenaza* se refiere al fenómeno natural, al agente de la naturaleza que aparece en un tiempo y espacio

determinados. *Riesgo* alude a las condiciones del entorno físico y socio-económico, es decir, tanto al hecho de estar expuesto a la amenaza natural como al contexto delimitado; estas condiciones incrementan la vulnerabilidad y ponen al grupo social en peligro ante la posibilidad de una amenaza. *Desastre*, por su parte, se refiere al proceso de confluencia entre una amenaza natural y determinadas condiciones de riesgo en un contexto físico y socio-económico específico. Entendido de esta manera, el desastre es el proceso resultante del encuentro, en el espacio y en el tiempo, de amenazas naturales y riesgos socialmente construidos que han incrementado las condiciones de vulnerabilidad de un cierto grupo social. Como tales, los desastres son procesos socio-naturales (Lavell 2000), es decir, procesos socialmente construidos que surgen de una acumulación de riesgos y vulnerabilidades, relacionados y derivados del tipo de sociedad y de la economía que se han desarrollado con el paso del tiempo. Si los desastres son cada vez más frecuentes no es porque haya cada día más amenazas naturales sino porque ciertas sociedades se han vuelto más vulnerables.

El término *desastre* se refiere al proceso de confluencia entre una amenaza natural y determinadas condiciones de riesgo en un contexto físico y socio-económico específico.

Un concepto medular en estas definiciones, y cuyos contenidos se han ido dibujando en los últimos años, es el de “construcción social de riesgos”, que hace referencia a las formas en que la sociedad construye contextos vulnerables que provocan desajustes o desadaptaciones al medio ambiente de tal grado que el propio medio ambiente se convierte en una amenaza y en un generador de riesgos. Las sociedades, en su interacción con el ambiente, han construido nuevos riesgos (García Acosta 2005, Lavell 2000).

La investigación histórica de los desastres llevada a cabo en México, básicamente por historiadores y antropólogos sociales, ha mostrado que las amenazas actúan como detonadores en el sentido de conducir a cambios sociales y culturales relevantes. Lo anterior es aplicable tanto a las amenazas relacionadas con el cambio climático como a las vinculadas con la variabilidad climática.

En las investigaciones sobre desastres, tanto de corte histórico como contemporáneo, se han analizado aquellos identificados como desastres agrícolas. Se trata de procesos asociados con ciertas amenazas naturales, cuyos efectos han repercutido nocivamente de manera especial en actividades agrícolas y ganaderas, y que se han manifestado particularmente en sequías e inundaciones. La gran mayoría de las amenazas asociadas con estos desastres agrícolas tienen un origen hidrometeorológico, como es el caso de aquellas relacionadas con la

variabilidad climática en general y con algunas manifestaciones de ésta en particular, como puede ser el fenómeno *El Niño*.

La información y el material textual y gráfico que han producido estas investigaciones de largo aliento, llevadas a cabo en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), con la participación de nutridos equipos de investigadores, estudiantes y becarios, ofrece ahora un amplio abanico de datos provenientes de documentos históricos que arrancan desde el siglo XV (García Acosta, Pérez Zevallos y Molina del Villar 2003, Escobar Ohmstede 2004). Los eventos asociados con amenazas de origen hidrometeorológico son así referidos de manera directa por actores presenciales que, si bien no hacen alusión a la variabilidad climática, a *El Niño* o *La Niña* y, mucho menos, al cambio climático, permiten al ojo experto identificar los elementos constitutivos de los procesos ocurridos.

La información sobre la cual están construidas las hipótesis y las respuestas que se presentarán en el resto de este ensayo proviene fundamentalmente de esos catálogos así como de otros productos de investigaciones publicados en México y en otros países de América Latina y que han enriquecido el tema a través de la dimensión comparativa y de las lentes de la historia y de la antropología social.

#### LA MIRADA ANTROPOLÓGICA

Atraídos por los cambios sociales y culturales que podían provocar los desastres, los antropólogos empezaron a desplegar su interés por estos temas hacia mediados del siglo XX (Oliver-Smith 1999, García Acosta 2004). Conviene hacer énfasis en que, tanto entonces como ahora, el trabajo de campo y la observación participante constituyen las principales herramientas de trabajo utilizadas. La literatura antropológica sobre el tema reapareció en la década de los setenta, ahora sí con mayor consistencia y con una identificación más clara de los desastres como un campo especializado de interés para los antropólogos. A partir de ahí este interés y la consecuente investigación se extendieron y adquirieron presencia cotidiana en publicaciones especializadas de antropología norteamericana (estadounidense, canadiense y mexicana), así como en gran parte de América Latina (Oliver-Smith 1999, Oliver-Smith y Hoffman 2002).

Algunos de los trabajos más relevantes, publicados a fines del siglo XX e inicios del XXI, que incluyen experiencias trabajadas desde la antropología, particularmente en el continente americano, merecen

especial mención. En primer lugar tres ejemplos que dan cuenta de la riqueza del acercamiento antropológico y la heterogeneidad cultural en condiciones de riesgo y desastre. El primero, publicado por Oliver-Smith y Hoffman en 1999, al que siguieron tres años más tarde los que coordinaron Giordano y Boscoboinik por un lado, y Hoffman y Oliver-Smith por otro. Todos ellos incluyen ensayos que dan cuenta de estudios basados en trabajo de campo llevado a cabo en el continente americano, particularmente en la región latinoamericana. Los títulos de estas tres publicaciones enfatizan que se trata de miradas antropológicas del tema: *The Angry Earth. Disaster in Anthropological Perspective*, el primero; *Catastrophe and Culture. The Anthropology of Disaster*, el segundo, y *Constructing risk, threat, catastrophe. Anthropological perspectives*, el último.

Como parte de la producción generada por la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que durante la década de los noventa del siglo XX cubrió una importante laguna en el campo de los desastres en América Latina, en la revista *Desastres y Sociedad* y en los dos volúmenes titulados *Historia y Desastres en América Latina* (García Acosta 1996 y 1997), aparecieron varios artículos y ensayos que dieron cuenta de acercamientos teóricos o bien de estudios de caso históricos o contemporáneos en el área. Por último, hemos de mencionar dos esfuerzos de compilación que fueron publicados en las siguientes revistas mexicanas: *Relaciones de El Colegio de Michoacán* en 2004, y *Desacatos. Revista de Antropología Social* del CIESAS en 2005; ambas sacaron a la luz sendos números temáticos dedicados a “Religiosidad y desastres” y “Vulnerabilidad, riesgo y desastres”, respectivamente.

## ECOLOGÍA CULTURAL, RIESGO Y DESASTRES

En los últimos años se ha reconocido la importancia que los aportes de la escuela de la ecología cultural, derivada del enfoque del evolucionismo multilíneal, han tenido en el desarrollo de la denominada Antropología de los Desastres.

Julian Steward ha sido identificado como el responsable de “la primera formulación etnológica del principio de la evolución multilíneal” (Palerm 1967:162), y como padre de la ecología cultural, a la que define esencialmente como una metodología. La ecología cultural se basa en el supuesto de que, a partir del reconocimiento empírico de diversidades,

es posible identificar paralelismos y regularidades significativas en la causalidad y el cambio cultural. Por ello considera fundamental recurrir a la reconstrucción histórica de las culturas individuales, sin que ello implique la búsqueda y menos la reducción a una clasificación única —sobre todo lineal— a partir de estadios universales. En ese sentido Steward distingue claramente entre los propósitos del evolucionismo unilineal, al que califica como la formulación clásica del siglo XIX, y el evolucionismo multilineal: mientras el primero estudia culturas específicas situándolas en determinados estadios a lo largo de una secuencia universal, el segundo —aunque también se interesa por las secuencias de desarrollo— se diferencia de aquél en que procura encontrar paralelismos de ocurrencia limitada y no necesariamente de aplicación universal (Steward 1973:14–15). De esta manera, “lo que se pierde en universalidad se gana en concreción y especificidad [pues] la evolución multilineal carece [...] de esquemas a priori y de leyes preconcebidas [ya que reconoce a] la historia real como esencialmente heterogénea” (Palerm 1967:162 y 1970:12).

Al inicio de su obra clásica *Theory of Culture Change*, Steward afirma que lo distintivo de la antropología dentro de las ciencias sociales en general ha sido, por un lado, su acercamiento histórico y comparativo al estudio de la cultura, y por otro su doble tarea de describir las variedades de la cultura existentes en el mundo a partir de un acercamiento histórico y comparativo que permita explicar su desarrollo (Steward 1973: 8, 12). Al decir lo anterior, Steward no estaba pensando en los desastres, ni siquiera en el riesgo como un tema de interés para la antropología, sin embargo este acercamiento aplicado a diferentes sociedades, lugares, espacios y tiempos es lo que nos no sólo ha permitido entender que los desastres son procesos histórica y culturalmente contruidos, sino que nos ha ayudado a aprehenderlos en toda su amplitud.

Los desastres  
son procesos  
histórica y  
culturalmente  
construidos.

Así, la realidad mostró a los estudiosos sociales sobre desastres la necesidad de llevar a cabo una ruptura con las visiones estáticas y ahistóricas del estructural–funcionalismo y a proponer nuevos enfoques a partir de una visión holística del riesgo y del desastre; también hizo evidente la obligación de hablar de riesgo, de vulnerabilidad e incluso de desastres “con apellido”, es decir, asociados con una determinada amenaza en un contexto específico.

Con el fin de puntualizar los elementos distintivos de la ecología cultural y su uso en el estudio del riesgo y de los desastres, conviene revisar la distinción que Steward planteaba con la ecología biológica y

la ecología social o humana. Más adelante se revisarán los planteamientos más recientes de la ecología política, relacionados específicamente con la problemática de los desastres y desarrollados por Oliver-Smith, entre otros.

*Estrategias  
adaptativas*

Steward partía de considerar que el concepto de ecología y su relación con los seres humanos constituye un mecanismo heurístico para entender los efectos del ambiente sobre la cultura, más allá de la tradición darwiniana que identifica a la ecología exclusivamente con una adaptación al ambiente y que responde más estrechamente a lo que se conoce como adaptación biológica. Al ser considerados parte del tejido vital, los seres humanos entran en la escena ecológica como factor super-orgánico, debido a que su bagaje cultural afecta al total de organismos y su organización (Steward 1973: 30-31). A diferencia de la ecología biológica, que parte del concepto de comunidad como el arreglo de plantas y seres vivos en íntima relación dentro de un lugar específico, la ecología social o humana pone énfasis en la comunidad humana como su unidad de estudio. Estas perspectivas hacen así referencia a un concepto de comunidad que resulta abstracto y ambiguo. Para la ecología cultural el énfasis debe ponerse en la cultura, lo cual, además de referirse al potencial genético de adaptación, supervivencia, competencia, etc., permite explicar la naturaleza de las comunidades humanas reconociendo que los patrones culturales no son genéticamente derivados y, por lo tanto, no pueden ser analizados en el mismo sentido que las características orgánicas (Steward 1973: 32). Así, la ecología cultural difiere de la ecología social o humana en que busca explicar el origen de las características específicas de la cultura y los patrones que caracterizan diferentes áreas, en lugar de proponer principios generales aplicables a cualquier situación cultural-ambiental. La ecología cultural también se diferencia de las concepciones del relativismo y del neo-evolucionismo de la historia cultural al introducir al ambiente como factor externo a la cultura.

Para el estudio de los desastres han resultado sumamente útiles las condiciones y requisitos metodológicos que ofrecen los estudios multilineales de la evolución, como aquellos que menciona el mismo Steward, entre los cuales se encuentran las nociones de paralelismo y de causalidad cultural, el desarrollo de taxonomías adecuadas y la existencia simultánea dentro de cada cultura de instituciones estratégicas e instituciones secundarias, entre otras (Palerm 1967: 163-164).

Al ser considerados parte del tejido vital, los seres humanos entran en la escena ecológica como factor super-orgánico, debido a que su bagaje cultural afecta al total de organismos y su organización.

Del reconocimiento de la especificidad cultural se deriva la aceptación de que constituye un error concebir y aplicar esquemas únicos en el estudio y atención a desastres (García Acosta 2002a y 2002b). En el mismo sentido, la noción de “progreso” tampoco es válida como una medida objetiva susceptible de aplicación universal puesto que los procesos de desarrollo, si bien pueden presentar similitudes, deben entenderse en los contextos específicos en los cuales surgen y se llevan a cabo. Cada sociedad evoluciona en su propio curso, de acuerdo con sus propias tendencias, necesidades y valores internos. Las nociones de “desarrollo” o de “progreso” son así propias de cada sociedad, estimadas en función de las ideas y de los valores de cada cultura (Palerm 1970: 12).

Existen  
diferentes  
camino por  
los cuales el  
cambio cultural  
es inducido a  
partir de una  
adaptación  
al medio; esta  
adaptación  
—que constituye  
un importante  
proceso creativo—  
es a lo que  
denominamos  
ecología cultural.

De ahí la insistencia de Steward, que se ha retomado en estudios sobre riesgo y desastres (García Acosta 2004), en que los patrones culturales y las interrelaciones causales que se desarrollan de manera repetida en diferentes partes del mundo, y que pueden constituir regularidades culturales, han de estar sujetas a análisis tanto sincrónicos como diacrónicos. Steward mismo añade que en algunas ocasiones se trata de constelaciones de fenómenos que ocurren de manera repetida, debido a que ciertos fenómenos presuponen otros. Estas regularidades son sincrónicas. En otros casos, agrega, se presenta una sucesión de constelaciones similares que se suceden unas a otras en formas regulares y predeterminadas a causa de las leyes de desarrollo. Estas regularidades son diacrónicas y requieren de formulaciones procesuales (Steward 1973: 4).

En suma, Steward reconoce que, en general, existen diferentes caminos por los cuales el cambio cultural es inducido a partir de una adaptación al medio; esta adaptación —que constituye un importante proceso creativo— es a lo que denominamos *ecología cultural* (Steward 1973: 5).

Steward seguía a Forde cuando éste afirmaba que el hecho de que la cultura misma no sea estática sino adaptable y modificable en relación a las condiciones físicas, no debe oscurecer el hecho de que la adaptación avanza a partir de descubrimientos e inventos que en sí mismos no son inevitables (Steward 1973: 35–36). Es así como tiene sentido el estudiar cómo la naturaleza cobra un significado “cultural” para una sociedad en la relación con su ambiente natural.

Para Steward la ecología cultural presenta, al mismo tiempo, un problema y un método. El problema es identificar si los ajustes de las

sociedades humanas a sus ambientes requieren formas particulares de comportamiento o si es posible un cierto rango de patrones de comportamiento (Steward 1973: 36). Para revisar lo anterior, parte de una concepción holística de la cultura en la que todos los elementos o aspectos son funcionalmente interdependientes (el grado y tipo de interdependencia no es el mismo entre todos ellos).

Oliver-Smith ha hecho importantes contribuciones a partir de lo que él denomina la perspectiva de la ecología política para el estudio de los desastres. Parte de afirmar que estos últimos son resultado de un patrón de vulnerabilidad históricamente construido que se evidencia a partir de la localización, la infraestructura, la estructura sociopolítica, los patrones de producción y la ideología que caracterizan a una sociedad. Para entenderlos se requiere de una combinación entre un marco ecológico y una estrategia analítica que incluya elementos ambientales, procesos y recursos asociados con patrones de producción, localización y diferenciación interna de una sociedad (Oliver-Smith 1999: 29). Así, para desarrollar patrones específicos de vulnerabilidad resulta necesario trabajar desde la perspectiva que ofrece la ecología política de los desastres, la cual enfoca las relaciones dinámicas que se establecen entre una población humana, los patrones generados social y políticamente, y el entorno físico. Afirma, con Bates y Pelanda (1994), que la ecología política permite identificar la causa y la forma en que se producen los desastres, su desarrollo como eventos y procesos sociales y ambientales, y, finalmente, su construcción social y sus implicaciones para la adaptación y evolución sociocultural. Los desastres, concluye, son una de las mejores expresiones del desbalance en la mutualidad ambiente-sociedad (Oliver-Smith 1999: 3, 310).

Si bien la perspectiva de la ecología política permite escudriñar en la construcción social de riesgos, el incremento de las vulnerabilidades y la producción de desastres —de manera particular en entornos como los representados por las sociedades latinoamericanas—, el énfasis en la dimensión cultural proporciona elementos para aproximarse a formas en que las sociedades, históricamente, han desarrollado diversas capacidades y prácticas — *estrategias*, en suma— que han contribuido a paliar e incluso a mitigar los efectos derivados de la asociación entre amenazas naturales y poblaciones vulnerables, que conducen a desastres.

Entre los elementos metodológicos que plantea la ecología cultural, como parte del paradigma evolucionista multilínea, se encuentran

Los desastres son una de las mejores expresiones del desbalance en la mutualidad ambiente-sociedad.

las instituciones estratégicas y secundarias a las que el propio Steward hace referencia. Las estrategias adaptativas, uno de los temas que se abordan en el siguiente segmento de este ensayo, forman parte de esas instituciones.

#### LAS ESTRATEGIAS ADAPTATIVAS

Las contribuciones que han hecho la antropología y la historia al estudio de los desastres han permitido introducir en el debate explicativo la dimensión cultural de los grupos vulnerables sometidos a las amenazas. Este punto de vista permite aproximarse a respuestas que los grupos van incorporando a su bagaje cultural, provenientes de la experiencia materializada en la irrupción recurrente de eventos que se transformaron en desastrosos durante la historia de las formaciones sociales en estudio.

En el campo teórico de la antropología, la escuela de la ecología cultural, como vimos antes, permite un prolijo acercamiento al tema. En esencia la ecología cultural partió del reconocimiento de la necesidad de resaltar el estudio histórico y comparativo de la cultura para hacer factible la comprensión de las variedades culturales de los grupos humanos y la génesis de esa variabilidad en ámbitos geográficos diversos. Con ello se arriba al reconocimiento de la heterogeneidad cultural de las sociedades como respuesta cultural al medio en que está inmerso el grupo en el continuo de su historia.

Cabe mencionar aquí el concepto de *núcleo cultural*, que se refiere a la constelación de elementos que están más estrechamente relacionados con las actividades de subsistencia (Steward 1973). El núcleo cultural incluye los patrones sociales, políticos y religiosos que están estrechamente relacionados con dichas actividades. Muchos otros elementos pueden tener un gran potencial de variabilidad por estar menos fuertemente atados con el núcleo cultural, lo cual los convierte en elementos secundarios, que están determinados en gran medida por factores histórico-culturales pero no relacionados con el ambiente en términos culturales.

Las estrategias adaptativas a determinadas condiciones de riesgo con apellido ¿forman parte del núcleo cultural o responden a elementos secundarios?

Si bien en efecto las estrategias adaptativas son culturalmente construidas en su adaptación al medio, en su asociación necesaria con

... la heterogeneidad cultural de las sociedades como respuesta cultural al medio en que está inmerso el grupo en el continuo de su historia.

amenazas recurrentes y riesgos con apellido históricamente presentes en un determinado lugar, también son cambiantes y dinámicas. Como tales, reflejan lo que dice Steward respecto de los elementos secundarios: tienen un gran potencial de variabilidad. Si bien las culturas tratan de perpetuarse, a lo largo de los siglos las culturas que enfrentan ambientes diferentes han tenido que cambiar enormemente, y estos cambios se pueden trazar a partir de las nuevas adaptaciones requeridas por la cambiante tecnología y los acomodos productivos (Steward 1973: 37).

Así, podríamos confirmar que los desastres no son naturales o no sólo son naturales, según las propuestas de Steward, quien, por cierto, también se lanzó críticamente por un lado contra los deterministas ambientales y por otro contra el determinismo económico al que calificó de ortodoxo por sus afirmaciones de que sólo la historia y no los procesos adaptativos explican la evolución de las sociedades; ambos determinismos contienen sus conclusiones en la misma formulación del problema (Steward 1973: 35, 37). Citando de nuevo a Forde añade que así como las condiciones físicas pueden limitar las posibilidades de una determinada economía, esta última puede ser un factor limitante o estimulante en relación con el tamaño, la densidad, la estabilidad y la escala de una sociedad o de una unidad social y política (Steward 1973: 36).

La idea de estrategias adaptativas, que no pueden ser generales ni generalizables, encaja perfectamente con esta postura de Steward. No podemos caer en un relativismo exacerbado que nos haga pensar que cada comunidad, cada familia, es distinta. Para él, en cada tipo cultural algunos elementos están funcionalmente relacionados con otros, en lo cual influye la temporalidad y el desarrollo. Sin indagar cuáles de estos elementos puedan ser considerados causas y cuáles puedan ser efectos, es un hecho que bajo determinadas condiciones los unos siempre estarán acompañados de los otros (Steward 1973: 27).

Steward insiste en que mediante la ecología cultural es posible analizar las adaptaciones ambientales para mostrar cómo surgen nuevos patrones culturales, lo cual constituye un acercamiento muy distinto frente a aquellos que buscan similitudes universales en dicha adaptación (Steward 1973: 34).

Así visualizamos a las estrategias adaptativas ante amenazas naturales históricamente presentes en determinadas zonas: son parte de su cultura, de su adaptación al medio, se derivan de ello, de su forma de relacionarse en situación de riesgo... pero no de *riesgo* en general sino de *riesgo con cierto apellido*.

*Las estrategias adaptativas*

Las estrategias adaptativas son, en primer lugar, elementos constitutivos de la cultura de una sociedad. Son parte de la adaptación que las sociedades han llevado a cabo con el medio que les rodea y del tipo de relaciones que han desarrollado tras haber vivido en condiciones de riesgo a lo largo de generaciones. Como cualquier adaptación ecológica-cultural, las estrategias adaptativas en condiciones de riesgo constituyen procesos creativos (Maffesoli 2005).

La idea que subyace a nuestros planteamientos es que las sociedades, en todo el mundo y a lo largo de la historia, han formulado caminos sociales y culturales para manejar el riesgo y confrontar desastres reales y potenciales. Las sociedades no son ni han sido sujetos pasivos frente a las amenazas naturales. Dichos caminos sociales y culturales se manifiestan en hábitos, costumbres, comportamientos, tradiciones y prácticas específicas, que son parte del cotidiano en ciertas sociedades o ciertos sectores sociales. Constituyen parte de su capital social y cultural y como tal deben de ser entendidas, consideradas, explicadas y analizadas.

Estos hábitos, costumbres, comportamientos, tradiciones y prácticas desarrollados frente a las amenazas naturales, son las construcciones culturales a las que denominamos *estrategias adaptativas*. Han sido concebidas y desarrolladas, no siempre de forma deliberada, por las sociedades en su interacción, ajuste y adaptación al ambiente. Por ello, es únicamente a partir del análisis diacrónico y comparativo como se pueden entender tanto las estrategias adaptativas como la especificidad de los desastres mismos.

Las estrategias adaptativas surgen de contextos socio-culturales, espacial y temporalmente determinados. Son construcciones culturales que un grupo, una comunidad o una sociedad adopta y adapta para enfrentarse a las amenazas y, en términos generales, para dar la cara a los desastres como procesos. Dependen del manejo y conocimiento culturales del ambiente que se hayan alcanzado, así como del grado de dependencia o independencia conseguida con respecto a los recursos disponibles. Por ello con frecuencia son desarrolladas a escala local y, en algunos casos, regional.

Konrad (1996: 101, 122) identifica como “estrategias para la supervivencia” las prácticas de los mayas prehispánicos y contemporáneos frente a las tormentas tropicales, prácticas que les han auxiliado a aliviar lo que él denomina el “estrés ecológico”, permitiéndoles no sólo minimizar el daño provocado por tales huracanes sino incluso obtener beneficios de ellos, así como sostener altos niveles demográficos. Tales estrategias son:

Las sociedades han formulado estrategias adaptativas, es decir, caminos sociales y culturales para manejar el riesgo y confrontar desastres reales y potenciales. Dichos caminos se manifiestan en hábitos, costumbres, comportamientos, tradiciones y prácticas específicas...

- a) Agricultura intensiva en campos elevados
- b) *Swidden agriculture*
- c) Cultivo en terrazas
- d) Sistemas hidráulicos
- e) Cultivo de hortalizas de traspatio
- f) Técnicas silvícolas adecuadas al bosque tropical

*Estrategias adaptativas*

De hecho, interesado por las estrategias mayas para enfrentar lo que define como “restricciones y oportunidades ambientales”, y a partir de una revisión histórica de la presencia de huracanes en la península de Yucatán, Konrad (1996: 121) identifica éstos como mecanismos detonadores que delinearón estrategias relacionadas con patrones de asentamiento y subsistencia, migraciones, estabilidad demográfica, guerra y comercio. El conocimiento y comprensión que tenían estos pueblos de los ciclos de sucesión de los huracanes (ciertamente las tormentas tropicales podían ser anticipadas pero no pronosticadas) les llevó a buscar un balance delicado entre uso y preservación del ambiente. Las medidas tomadas para minimizar los efectos e impactos adversos de los huracanes formaron parte integral de las estrategias ecológicas básicas de los mayas (Konrad 1996: 122–123). Entre ellas, que llegaban a resistir huracanes de categoría 5 en la escala de Saffir-Simpson, menciona las casas con paredes y techos redondeados y los templos y edificios de la elite construidos a base de piedra y mampostería.

Las estrategias adaptativas, o *estrategias ecológicas* en términos de Konrad, se manifiestan, y en algunos casos se materializan, de diferentes maneras. A continuación se presentan algunos ejemplos de estrategias asociadas con la variabilidad climática:

- a) Patrones de asentamiento.
- b) Sistemas productivos y de subsistencia.
- c) Métodos o sistemas constructivos.
- d) Formas de intercambio de productos, sobre todo de productos alimentarios.
- e) Sistemas comerciales y de mercado.
- f) Esquemas de ayuda mutua.
- g) Patrones de organización social.
- h) Concepciones religiosas, mitos y leyendas.
- i) Patrones organizativo–religiosos.
- j) Elección de sustitutos alimentarios.

Las medidas tomadas para minimizar los efectos e impactos adversos de los huracanes formaron parte integral de las estrategias ecológicas básicas de los mayas.

*Las estrategias  
adaptativas*

- k) Cambios en hábitos y patrones alimentarios.
- l) Introducción de nuevos productos agrícolas.
- m) Cambios en los patrones de cultivo.
- n) Almacenamiento doméstico.
- o) Almacenamiento masivo controlado por el Estado, etc.

Estos caminos, métodos o patrones no responden a actos espontáneos sino que se derivan de experiencias acumuladas frente al ambiente, es decir frente a la variabilidad climática experimentada generacionalmente.

De acuerdo a su temporalidad, estas estrategias asociadas con la variabilidad climática pueden clasificarse en dos tipos:

a) Aquéllas incorporadas a la vida cotidiana, a la cultura que las generó, no siempre claramente identificadas por quienes no pertenecen a esa cultura. Generalmente aparecen asociadas con variaciones climáticas estacionales que les resultan frecuentes y esperadas. Algunos ejemplos que hemos logrado identificar en distintas latitudes son:

- Uso de diferentes pisos ecológicos; comercio y almacenamiento típicos, en las planicies andinas (Murra 2002a y b).
- Obras hidráulicas frente a inundaciones (Carballal Staedtler y Flores Hernández 1997).
- Tapancos, construidos desde hace décadas, en Tlacotalpan, población veracruzana de la ribera del río Papaloapan, cuyos desbordes han sido constantes (Angulo 2006).
- Construcciones mayas de muros redondeados, ligeras y de bajo costo en zonas propensas a huracanes (Konrad 1996).
- Formas de organización social, en poblaciones Turkana pastoriles, en áreas de sequías intensas del oriente africano (McCabe 2002).

b) Aquéllas desarrolladas en momentos críticos, relacionadas en general con eventos extremos y que surgen como iniciativas de respuesta. Son, con frecuencia, generadas en condiciones post-desastre y asociadas con la emergencia. De este tipo existen ejemplos muy numerosos (Endfield 2005).

Las estrategias adaptativas —constructos culturales e históricos y parte del capital social y cultural con el que cuenta una sociedad— contribuyen y han contribuido históricamente a deconstruir riesgos. Utilizamos esta expresión no literalmente en el sentido en que lo hizo Derrida como una manera de deshacer desde el interior

un sistema de pensamiento o de lenguaje dominante, sino más bien, como también lo hizo el propio Derrida, como una crítica de las ideas que subyacen a la propuesta estructuralista a partir de una estrategia de análisis que desafía la idea preconcebida de que un texto, por ejemplo, tiene un significado incambiable y unificado, lo cual lleva —a partir de la noción de *différance*— a un permanente reconocimiento y búsqueda de espacios creativos. Deconstruir riesgos, vía la constitución de estrategias adaptativas asociadas con amenazas climáticas, constituye un proceso creativo que es necesariamente diferente en cada contexto, en cada realidad cultural; el proceso creativo del que surgen esas estrategias es, no diríamos irreplicable pero sí único, de la misma manera que Derrida afirmaba que la diferencia deviene de lo que queda fuera del alcance del pensamiento occidental al ser la última condición de posibilidad.

Este nuevo concepto, la “deconstrucción de riesgos”, aún se encuentra en proceso de reflexión teórica y metodológica. Con él pretendemos dar cuenta de las formas en las que se materializan los imaginarios reales, culturalmente construidos y con alcances locales y en ocasiones hasta regionales; formas que han logrado, muchas veces con éxito, desandar los caminos empedrados por la cada vez más intensa y acelerada construcción social de riesgos (García Acosta 2003).

Estos temas, así como su estudio y análisis, podrán renovarse y perfeccionarse a partir de la obtención y examen nuevos datos provenientes tanto de documentación histórica como de aquellos que han surgido a partir del trabajo de campo, considerando en particular eventos de origen hidrometeorológico asociados con la variabilidad climática así como otros asociados más directamente con el cambio ambiental global, sin olvidar diferenciar claramente los que manifiestan un impacto lento, como las sequías, de los que manifiestan un impacto súbito, como huracanes y heladas, diferenciaciones metodológicas que no dejan de ser determinantes en el análisis.

Las anteriores reflexiones surgen, como ocurre siempre en los procesos de construcción teórica y metodológica, a partir de la constante confrontación entre teoría y realidad. Con ellas queremos seguir abonando al conocimiento de las formas diversas que la sociedad ha desplegado en su enfrentamiento con las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo de desastre.

Deconstruir riesgos, vía la constitución de estrategias adaptativas asociadas con amenazas climáticas, constituye un proceso creativo que es necesariamente diferente en cada contexto, en cada realidad cultural.

## BIBLIOGRAFÍA

### *Bibliografía*

- Angulo, F. 2006. Construcción social del riesgo y estrategias adaptativas frente a El Niño. El caso de Tlacotalpan y Cosamaloapan en la cuenca baja del Papaloapan, Veracruz. Documento en proceso. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México D.F.
- Carballal Staedtler, M. y M. Flores Hernández. 1997. Tecnología de prevención de inundaciones en la Cuenca de México durante el horizonte posclásico. En: V. García Acosta (comp.). *Historia y Desastres en América Latina*, Vol. II. CIESAS/LA RED, ITDG, Lima. Pp. 77–99.
- Desacatos. Revista de Antropología Social* (CIESAS). 2005. V. García Acosta y J.C. Ruiz Guadalajara (coords.) 19, septiembre–diciembre.
- Desastres y Sociedad*. 1993–1998. LA RED (Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina) 1 a 9.
- Endfield, G. 2005. Snakes of water and sterile years: anomalous weather and social responses in colonial Mexico. Ponencia presentada en el Workshop Climate and Cultural History in the Americas, Akumal, México, marzo 31–abril 2.
- Escobar Ohmstede, A. 2004. *Desastres agrícolas en México. Catálogo histórico*, Vol. II. Siglo XIX, Fondo de Cultura Económica, CIESAS, México.
- García Acosta, V. 2005. El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos. *Desacatos. Revista de Antropología Social*. 19, septiembre–diciembre: 11–24.
- García Acosta, V. 2004. La perspectiva histórica en la antropología del riesgo y el desastre. Acercamientos metodológicos. *Relaciones* XXV (97): 123–142.
- García Acosta, V. 2003. Una visita al pasado. Huracanes y/o desastres en Yucatán. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán* 17 (223): 3–15.
- García Acosta, V. 2002a. Historical Disaster Research. En: S.M. Hoffman y A. Oliver-Smith (eds.). *Catastrophe & Culture. The Anthropology of Disaster*. School of American Research/James Currey Ltd., Santa Fe/Oxford. Pp. 49–66.
- García Acosta, V. 2002b. Desastres y (¿cuál?) desarrollo. *Ichan Tecolotl* (CIESAS), octubre: 1 y 3.
- García Acosta, V. (coord.). 1997. *Historia y Desastres en América Latina*, Vol. II. CIESAS/LA RED, ITDG, Lima.
- García Acosta, V. (coord.). 1996. *Historia y Desastres en América Latina*, Vol. I. CIESAS/LA RED, Tercer Mundo Editores, Bogotá.
- García Acosta, V., J.M. Pérez Zevallos y A. Molina del Villar. 2003. *Desastres agrícolas en México. Catálogo histórico Vol. I: Épocas prehispánica y colonial (958–1822)*. Fondo de Cultura Económica/CIESAS, México.

- Giordano, C. y A. Boscoboinik (eds.). 2002. *Constructing risk, threat, catastrophe. Anthropological Perspectives*. Studia Ethnographica Friburgensia Vol. 27, University Press Fribourg Switzerland, Fribourg.
- Hoffman, S. y A. Oliver-Smith (eds.). 2002. *Catastrophe & Culture. The Anthropology of Disaster*. School of American Research, James Currey Ltd., Santa Fe, Oxford.
- Konrad, H. 1996. Caribbean tropical storms. Ecological Implications for pre-Hispanic and contemporary Maya subsistence practices on the Yucatan Peninsula. *Revista mexicana del Caribe* I (1):98-130.
- Lavell, A. 2000. Desastres y Desarrollo: Hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre: El caso del huracán Mitch en Centroamérica. En: N. Garita y J. Nowalski (comps.). *Del desastre al desarrollo humano sostenible en Centroamérica*. CIDH/BID, Costa Rica. Pp. 7-45.
- Maffesoli, M. 2005. *La tajada del diablo. Compendio de subversión posmoderna*. Siglo XXI Editores, México.
- McCabe, J.T. 2002. Impact of and Response to Drought among Turkana Pastoralists. Implications for Anthropological Theory and Hazards Research. En: S.M. Hoffman y A. Oliver-Smith (eds.). *Catastrophe & Culture. The Anthropology of Disaster*. School of American Research, James Currey Ltd., Santa Fe, Oxford. Pp. 213-236.
- Murra, J.V. 2002a. Complementariedad ecológica. En: J.V. Murra. *El mundo andino: población, medio ambiente y economía*. Instituto de Estudios Peruanos, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Pp. 83-139.
- Murra, J.V. 2002b. "Nos hazen mucha ventaja". La percepción europea temprana de los logros andinos. En: J.V. Murra. *El mundo andino: población, medio ambiente y economía*, Instituto de Estudios Peruanos, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Pp. 23-40.
- Oliver-Smith, A. 2002. Theorizing Disasters. Nature, Power, and Culture. En S.M. Hoffman y A. Oliver-Smith (eds.). *Catastrophe & Culture. The Anthropology of Disaster*. School of American Research, James Currey Ltd., Santa Fe, Oxford. Pp. 23-47.
- Oliver-Smith, A. 1999. What is a disaster? Anthropological perspectives on a persistent question. En A. Oliver-Smith y S.M. Hoffman (eds.). *The Angry Earth. Disaster in Anthropological Perspective*. Routledge, Nueva York. Pp.18-34.
- Oliver-Smith, A. y S. M. Hoffman. 2002. Why Anthropologists should study Disasters?. En: S.M. Hoffman y A. Oliver-Smith (eds.). *Catastrophe & Culture. The Anthropology of Disaster*. School of American Research, James Currey Ltd., Santa Fe, Oxford. Pp. 3-22.

- Oliver-Smith, A. y S. M. Hoffman (eds.). 1999. *The Angry Earth. Disaster in Anthropological Perspective*. Routledge, Nueva York.
- Palerm, Á. 1970. *Ensayos y conferencias I*. Cuadernos de Antropología Social y Etnología, Departamento de Antropología y Etnología de América, Universidad de Madrid, Madrid.
- Palerm, Á. 1967. *Introducción a la Teoría Etnológica*. Universidad Iberoamericana, México.
- Relaciones. Estudios de historia y sociedad*. 2004. R.C. Ruiz Guadalajara (coord.). Vol. XXV, 97.
- Steward, J.H. 1973. *Theory of Culture Change. The Methodology of Multilinear Evolution*. 2ª. ed., University of Illinois Press, EE.UU.
- Vayda, A.P. y B.J. McCay. 1975. New Directions in Ecology and Anthropology. *Annual Reviews in Anthropology*: 293–306.

# DEL AGUA AMENAZANTE AL AGUA AMENAZADA. CAMBIOS EN LAS REPRESENTACIONES SOCIALES DE LOS PROBLEMAS DEL AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO

*Manuel Perló Cohen\**  
*y Arsenio Ernesto González Reynoso\**

## INTRODUCCIÓN

Desde la fundación de Tenochtitlán en 1325 hasta nuestros días, las sociedades que han ocupado la Cuenca de México en las distintas épocas históricas han albergado representaciones sociales o visiones muy diferentes y hasta contradictorias sobre el agua. Encontramos desde aquellas que han considerado el agua como una forma de vida integral, hasta las que la vivieron y pensaron como una amenaza fatal. Sin embargo, a pesar del grado de antagonismo que puedan llegar a tener, suelen coexistir varias representaciones sociales en una misma época histórica.

En este ensayo se sostiene que estas diversas representaciones han guiado las acciones públicas a lo largo de la historia de la Ciudad de México, materializándose en infraestructuras muy complejas que constituyen una mediación fundamental entre la sociedad y su medio ambiente hidrológico.

De inicio se hace un recuento exploratorio de algunas de las representaciones sobre el agua que han predominado en la memoria colectiva de la sociedad o sociedades asentadas en la Cuenca de México. Se con-

... representaciones  
sociales han guiado  
las acciones  
públicas a lo largo  
de la historia...

\* Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, UNAM.

*El agua como  
forma de vida*

cluye con una reflexión sobre la limitada percepción contemporánea del habitante de la metrópoli: al ver fenómenos como las inundaciones o la falta de agua en algunas colonias cree estar percibiendo directamente las condiciones ambientales de la Cuenca de México, cuando en realidad está percibiendo los efectos artificiales del funcionamiento de una impresionante infraestructura construida a lo largo de cuatro siglos.

EL AGUA COMO FORMA DE VIDA

Para los pueblos que habitaron la Cuenca antes de la conquista de los españoles, en particular para los mexicas de Tenochtitlán y Tlatelolco, el agua era una forma de vida que integraba todas las dimensiones de la existencia: entorno, economía, transporte, estrategia militar, religión y alimentación, entre otras.

Durante la época prehispánica, el paisaje predominante del Valle de México eran cinco lagos que, durante los meses de lluvia, se volvían uno solo: Zumpango y Xaltocan al norte; Texcoco al centro, y Xochimilco y Chalco al sur. La extensión y profundidad de estos lagos variaban notoriamente de estación a estación y de año con año pero, en general, eran someros, de uno a cinco metros de profundidad y, mientras duró el imperio azteca, ocuparon una superficie de entre 1,500 y 2,000 km<sup>2</sup>, es decir aproximadamente una quinta parte de la superficie total del Valle de México (Valek 2000).

Algunos estudiosos del tema hidráulico de la capital del país, como el Arquitecto Jorge Legorreta, coinciden en un planteamiento que, si bien tiene una base histórica y arqueológica, puede fácilmente derivar en una interpretación idílica o mítica sobre la armonía de un paraíso lacustre perdido:

*La Gran Tenochtitlán fue una ciudad sobre el agua con avanzadas tecnologías para controlar sus niveles y reciclar sus desechos. Así fue de notable el respeto por la naturaleza. Pero con la violenta llegada de la cultura europea, la situación cambió. El conocimiento profundo, el manejo adecuado y el dominio integral que tenían nuestros antepasados sobre el agua, nunca fueron entendidos por los hombres de a caballo... (Legorreta 1997)*

La civilización mexicana se enfrentó cíclicamente a inundaciones que diezaban a su población. Sin embargo, las soluciones planteadas a

... al ver  
fenómenos como  
las inundaciones  
o la falta de agua en  
algunas colonias,  
el habitante  
de la metrópoli  
cree estar  
percibiendo  
directamente  
las condiciones  
ambientales de la  
Cuenca de México,  
cuando en realidad  
está percibiendo los  
efectos artificiales  
del funcionamiento  
de una impresionante  
infraestructura  
construida a lo largo  
de cuatro siglos.

estas catástrofes nunca pusieron en cuestión la estrategia cultural de aprovechamiento de los lagos. Se atribuye a Nezahualcóyotl, rey de Texcoco, la construcción de un enorme dique de piedra de 16 kilómetros de longitud para proteger a la gran Tenochtitlán del azote de las inundaciones. Este dique, levantado en 1449, tenía como objetivo evitar que las crecidas de los lagos de Zumpango y Texcoco afluyeran al lago central. Como este ejemplo, hubo muchos otros en los cuales la tecnología desarrollada en esa época tenía como principio la coexistencia con el agua, fuente de vida y muerte.

En la actualidad persisten algunas supervivencias de lagos en la Cuenca de México y en cuencas aledañas como la del Lerma, en donde además de los cuerpos de agua han perdurado algunas formas de economía lacustre cuyo origen, sin duda, podría rastrearse en la historia precortesiana de este Valle (Albores 1995).

#### EL AGUA COMO AMENAZA CONSTANTE Y FUERZA DESTRUCTORA

*En las obras hidráulicas del valle de México no se ha mirado al agua sino como a un enemigo del que es menester defenderse, sea por medio de calzadas, sea por el de canales de desagüe.*

(Humboldt 1966: 152)

El historiador francés Alain Musset ha señalado que el punto de partida de la desecación del Valle de México es la perspectiva de los colonizadores españoles, quienes en vez de coexistir pacíficamente con el medio ambiente lacustre decidieron conquistarlo y drenarlo como estrategia paralela de control del territorio y de dominación social (Musset 1991).

Tomados por sorpresa, sin haber adoptado medida previsoras alguna, los españoles enfrentaron por primera vez el poder destructor del agua en 1555. Un fuerte aguacero de 24 horas de duración fue suficiente para anegar toda la ciudad y los pueblos de los alrededores, sembrando el pánico y la destrucción. En 1580 una severa inundación asoló nuevamente la Ciudad de México.

Sin embargo, fue durante el siglo XVII cuando se produjeron las peores inundaciones de la historia de la ciudad (en 1604, bajo el Virrey marqués de Montesclaro, y en 1607 bajo el segundo Virrey Don Luis de Velasco). Para hacerles frente, los gobernantes encargaron varios pro-

yectos a sus sabios. Así, en 1607 el cosmógrafo alemán Enrico Martínez fue autorizado para construir un túnel que sacaría del Valle de México sus ríos más caudalosos, principalmente el Cuautitlán, y drenaría al mismo tiempo el lago de Zumpango (González Obregón 1902). Esta primera salida artificial, concluida un año después, es conocida como el Tajo de Nochistongo. A partir de ese momento, la cuenca del Valle de México dejó de ser lo que era naturalmente, es decir una cuenca endorreica, para comenzar a ser, por obra humana, una cuenca abierta hacia la vertiente del Golfo de México.

El Tajo de Nochistongo libró a la capital virreinal de las inundaciones provenientes de los ríos y lagos del norte del Valle. Sin embargo, no pudo controlar las crecidas originadas en los ríos del oriente, sur y centro del Valle que desembocaban en el lago de Texcoco. De 1629 a 1634 hubo gran destrucción y mortandad causada por las inundaciones, al grado de que la población de la capital comenzó a migrar hacia la ciudad de Puebla. En 1674 se registró la última grave inundación del siglo XVII.

En el siglo XVIII, el dique de Coyotepec cedió ante la presión de las aguas y éstas se derramaron primero sobre el Lago de Zumpango, luego en el de San Cristóbal, pasaron al de Texcoco y finalmente terminaron cubriendo todos los barrios del norte de la capital. En 1732 y 1747 el fenómeno volvió a repetirse afectando sobre todo a los barrios indígenas. A un lustro de finalizar el siglo, se produjo otra inundación que causó problemas de salud entre la población.

En plena guerra de independencia, en 1819, la naturaleza siguió su inexorable curso y desencadenó una inundación que cubrió una porción importante del Valle. Habrían de pasar varias décadas para que en 1851 ocurriera otra severa inundación que trajo a los habitantes de la urbe un amargo recordatorio del poder destructivo de las aguas, que penetraron en las viviendas y dañaron los comercios. En 1865, durante el Imperio de Maximiliano, unos aguaceros torrenciales provocaron el desbordamiento del río Cuautitlán hacia los lagos, cuyo nivel aumentó peligrosamente generando pánico en la Ciudad de México.

De la constante lucha contra las inundaciones y de la desconfianza de los españoles a la tecnología indígena y a su coexistencia con el medio lacustre nació la representación social del agua como una amenaza. Tal representación se materializaría en la estrategia, sostenida a lo largo de cuatrocientos años de construir sucesivos sistemas de desagüe que expulsaran los excedentes de agua para proteger a la Ciudad de México (Musset 1991).

Además del riesgo y la destrucción que significaron las inundaciones, los lagos de la Cuenca fueron visualizados como un peligro para la salud de los habitantes de la Ciudad. Para toda una generación de médicos contemporáneos del Porfiriato, el lago de Texcoco fue visto como una amenaza para la salud pública. Esta visión también permeó las ideas de algunos miembros de la clase política de la época, lo cual contribuyó a perfilar el tipo de solución que el régimen de Porfirio Díaz daría al problema de la amenaza del agua.

Cuando el general Díaz asumió por primera vez la presidencia de la República (1877-1880), se encontró con una Ciudad de México que, al decir de un cronista de la época, era “poco higiénica, de sucias calles, con defectuosísimos desagües, de nula corriente y mal dispuestas, cuyas vías públicas en general se inundaban de acera a acera en pleno tiempo de aguas; con malos pisos de piedra y peores embanquetados, con alumbrado escaso y deficiente” (Galindo y Villa 1925: 209). Según diversas fuentes, su población no rebasaba los 200,000 habitantes, la mayor parte de los cuales vivía en el distrito central (Davies 1974). La expansión física y demográfica era muy lenta. Los gobiernos municipales permanecían abrumados por los problemas, las carencias, la falta de recursos y la desorganización administrativa. Su capacidad para aminorar los efectos nocivos de las inundaciones, ya no digamos para prevenirlas o darles una solución a fondo, era completamente nula, lo que contribuía a extender el desprestigio del ayuntamiento entre los habitantes y provocaba las constantes burlas de la prensa y los cronistas de la época. Mucho antes de que Xochimilco fuera conocido como la “Venecia mexicana”, la Ciudad de México fue bautizada así irónicamente por los periodistas del siglo pasado.

Lo que el humor burlón de los cronistas de la época no lograba ocultar, sin embargo, era el hecho dramático de que la mortalidad iba en aumento en la Ciudad de México. Mientras que de julio de 1867 a junio de 1868 el número de muertes había ascendido a 5,991, para el periodo 1876-1877 aumentó a 12,647. Este alarmante incremento de los decesos era atribuido por las autoridades al estado tan lamentable y desastroso en el que se encontraba el drenaje interior de la ciudad. Las aguas negras estaban casi permanentemente estancadas provocando con ello no sólo un ambiente cargado de fétidos olores, sino, lo más grave, generando permanentemente fuertes focos de infección. El

*Del agua  
amenazante*

De la constante  
lucha contra las  
inundaciones  
y de la desconfianza  
de los españoles  
a la tecnología  
indígena y a su  
coexistencia  
con el medio  
lacustre nació la  
representación  
social del agua  
como una  
amenaza...

problema tenía su origen, en parte, en la ausencia de un sistema de desagüe integrado, dotado de una pendiente natural que le permitiera a las aguas negras fluir sin obstáculos hasta el lago de Texcoco. La descripción que proporciona González Obregón del mismo no podía ser más ilustrativa:

*No había sistemas; observando una línea cualquiera de atarjeas, inmediatamente se notaba que las plantillas se habían situado arbitrariamente, y que lejos de sucederse en descenso, aunque fuese ligerísimo, era lo más frecuente que lo fuese en contrapendientes y aun en escalones que venían a determinar estancamientos de desechos. Los canales desaguadores que recibían el contenido de las atarjeas, tenían a su vez falta de pendiente y no podían ofrecer los derrames más que una salida, que por la lentitud con que se operaba, era desesperante. (González Obregón 1902: 354)*

La otra causa del problema era que el Lago de Texcoco, único receptor posible de las aguas negras de la capital, se encontraba a un nivel más alto que el de las atarjeas y por ello era prácticamente imposible que el desagüe urbano llegara a funcionar de manera rápida y eficiente. Para muchos, sin embargo, el problema no radicaba en cómo desalojar los desechos hasta ese destino sino precisamente en qué hacer una vez que las aguas negras provenientes de la urbe llegaran al lago, pues ahí se estancaban generando efectos tan perniciosos como acumulación de desechos, pantanos, miasmas y malos olores. Para toda una generación de médicos contemporáneos del Porfiriato el lago de Texcoco fue visto como una amenaza a la salud pública. El Doctor L. de Belina publicó en 1882 una memoria en la que aportaba su punto de vista experto sobre el proyecto del desagüe del Valle de México:

*El azolve del fondo el lago de Texcoco y casi de todos los ríos, la falta de canales y del cultivo del suelo, impiden una distribución adecuada de las aguas, y en tiempo de lluvias facilitan las inundaciones en todos los terrenos bajos del Valle. En tiempo de sequías se transforman aquéllos al principio en ciénagas y después en terrenos pantanosos, y entonces los residuos vegetales, los peces y una infinidad de insectos que mueren, entran en descomposición y producen miasmas mefíticos, que los vientos arrastran por todo el Valle. Así toda la superficie de los alrededores de la capital, y en*

*una gran extensión del perímetro urbano, está alternativamente sumergida y descubierta, y constituye terrenos pantanosos; todas las casas de la ciudad descansan sobre un suelo húmedo, saturado de materias orgánicas descompuestas, y toda ella está convertida en un gran foco de infección, adonde se verifica la fermentación pútrida, engendrando las emanaciones más mortíferas.* (De Belina 1882)

*Del agua  
amenazante*

Así pues, una opinión muy generalizada entre científicos y políticos de la época fue que la solución no radicaba en actuar aisladamente sobre el drenaje de la ciudad sino que era menester construir un desagüe general que condujera el exceso de agua, tanto de la ciudad como de los lagos, fuera del valle. El movimiento “higienista”, muy extendido entre los miembros más connotados de la profesión médica de la capital, ubicados en las posiciones clave del sistema de salud pública (por ejemplo, el Consejo Superior de Salubridad) se convirtió en una fuerte influencia a favor de esa solución.

Por si estos problemas y presiones no fueran suficientes, en 1878 le tocó a Porfirio Díaz enfrentar como Presidente de la República el azote perenne que casi todos sus antecesores habían padecido: las inundaciones. En el mes de julio de ese año, las aguas invadieron los puntos más bajos del centro así como algunos barrios. Es muy probable que en ese momento el gobernante haya vislumbrado la importancia que las obras del desagüe tenían para la supervivencia y futuro de la capital.

La construcción de la segunda salida artificial de la cuenca del Valle de México fue iniciada de manera sistemática en 1886 y concluida en 1900. El general Porfirio Díaz inauguró solemnemente el Gran Canal del Desagüe, al que calificó de “máxima realización” de su gobierno, y con el que pretendía liberar a la capital de la República de las inundaciones crónicas.

#### EL AGUA COMO INSUMO DEL DESARROLLO URBANO INDUSTRIAL DE LA CAPITAL

Los gobernantes y funcionarios pretéritos que confrontaron las catastróficas inundaciones difícilmente podrían haber imaginado que la Ciudad de México padecería a partir de la segunda mitad del siglo XX el problema opuesto al exceso de agua: la escasez. Sin embargo, la representación generalizada que encontramos en los medios de co-

municación de nuestros días es que el gran reto de la metrópoli en las últimas décadas ha sido saciar una enorme sed que nunca termina y que incluso acabará con las reservas del líquido en el futuro. El incremento poblacional que ha sufrido la Ciudad de México, de 2 a 20 millones de habitantes en seis décadas, representa –desde cualquier punto de vista– un reto descomunal en materia de infraestructura hidráulica.

Después de tres siglos y medio de drenar los cinco lagos del Valle de Anáhuac, el paisaje se modificó drásticamente y las aguas superficiales comenzaron a escasear. Los acuíferos subterráneos del propio Valle fueron una solución al crecimiento urbano a principios del siglo XX, pero esta alternativa llegó a su límite al provocar hundimientos diferenciales del subsuelo en el centro de la Ciudad de México. Fue entonces cuando los ingenieros del Estado revolucionario proyectaron y ejecutaron la primera infraestructura para traer agua de una cuenca vecina, el Sistema Lerma, que inicialmente captó los manantiales de Almoloya del Río y posteriormente extrajo agua del subsuelo de los valles de Toluca e Ixtlahuaca. Así, en 1951 fue inaugurado el acueducto y el primer túnel que abría la cuenca a la “importación” de agua. Se trató del túnel Atarasquillo-Dos Ríos, mediante el cual el caudal captado en el Alto Lerma logró atravesar la Sierra de las Cruces e ingresar al Valle de México.

En dos décadas, el caudal transferido de la cuenca del Lerma a la de México fue considerado insuficiente para sostener el desarrollo urbano de la metrópoli, así que se comenzó a evaluar alternativas complementarias. Continuando con el paradigma de importar nuevos caudales de cuencas lejanas para no dañar más los dos acuíferos sobreexplotados (Valle de México y Lerma), la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos disponía de una docena de anteproyectos que veían la solución en el agua de las siguientes regiones: Papaloapan, Tepalcatepec, Apan, ríos del Mezquital, Oriental–Libres (Puebla), Alto Amacuzac (Cuernavaca), Tecolutla, Volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl y Alto Balsas. La decisión se inclinó por una variante de esta última región: captar líquido de una serie de presas destinadas originalmente a la generación de energía eléctrica en la cuenca del río Cutzamala.

Para ese momento, la Ciudad de México ya no se limitaba al Distrito Federal. Había que considerar la urbanización de una decena de municipios pertenecientes al Estado de México y que comenzaban a formar una conurbación. A diferencia del Sistema Lerma, que fue construido y operado por el Departamento del Distrito Federal (DDF), el Siste-

ma Cutzamala fue diseñado, construido y operado por el Gobierno Federal (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1982). Así, la primera etapa de este sistema fue inaugurada por el licenciado José López Portillo en 1982, quien escribió en su diario personal:

*Del agua  
amenazante*

*Hoy inauguré el sistema que trae agua desde el Cutzamala, obra gigantesca para dar agua a las colonias populares del Distrito Federal y del Estado de México. Otra hazaña de lo absurdo. Costoso construir, costoso operar y costoso drenar. Pero no hay alternativas a este monstruo de ciudad. (López-Portillo 1988)*

Tiempo después añadiría:

*Ya nos acabamos la cuenca del Lerma. Ya estamos más lejos. Esto no puede seguir así. Es una monstruosidad traer agua de lejos, subirla a este valle, para sacarla después. (López-Portillo 1988)*

El Sistema Cutzamala es uno de los sistemas de suministro de agua potable más grandes del mundo, no sólo por la cantidad de agua que transporta (480 hm<sup>3</sup>/año) sino por el desnivel que vence (940 m). Está integrado por siete presas y seis estaciones de bombeo.

#### EL AGUA COMO RECURSO DEL DESARROLLO REGIONAL EN DISPUTA

La transferencia de agua de las cuencas del Lerma y del Cutzamala hacia la capital de la República y su zona conurbada no se hizo carente de problemas y disensos. A lo largo de los años se han venido acumulando reclamos e inconformidades ya que los arreglos formales fueron construidos sobre las bases autoritarias del anterior régimen presidencialista y de partido único.

Desde 1970 a la fecha han surgido varios conflictos por el recurso hídrico entre distintos grupos o poderes locales y regionales que hacen frente al control ejercido por el gobierno federal y el gobierno de la capital que operan los grandes acueductos y emisores. Son disputas asimétricas entre: 1) una racionalidad de escala nacional y sus prioridades de desarrollo, garantizada por una burocracia federal; 2) múltiples racionalidades locales cuyas prioridades de desarrollo son defendidas por organizaciones sociales diversas, pero primordialmente

rurales; y 3) una racionalidad de escala estatal (político-administrativa) y sus prioridades de desarrollo, defendidas por una burocracia y una clase política estatal.

La característica principal que hemos observado en los conflictos sociales es su condición defensiva y la reivindicación de que el agua de una región o localidad debe quedarse en esa zona y beneficiar primero a la población local. Igualmente encontramos la exigencia de compensaciones o indemnizaciones por el agua transferida hacia las zonas metropolitanas.

En 1970, como consecuencia de dos años de sequía, los campesinos de la región del Alto Lerma denunciaron la injusticia de no tener agua para regar mientras el DDF se llevaba importantes caudales de agua subterránea hacia la capital de la República. Uno de los líderes de este movimiento declaró:

*Somos los dueños de los mantos acuíferos. Las aguas son de la nación, pero quiero saber ¿quién es la nación? La nación somos los mexicanos. El convenio para la transferencia de las aguas de la región se hizo entre gobierno y gobierno, en lugar de ser entre gobierno y pueblo. (Cirelli 1997).*

Desde 1998, los campesinos de Temascaltepec, que serían afectados por la construcción de la cuarta etapa del Sistema Cutzamala, han realizado diversas acciones de protesta contra la realización de las obras correspondientes. En varias ocasiones los campesinos integrantes de este movimiento de resistencia ante una amenaza inminente que modificaría su control y acceso del recurso hídrico regional han afirmado que están dispuestos a dar la vida por defender su agua:

*Si el gobierno quiere intentar llevarse el agua de nuevo, no sólo los vamos a sacar a empujones, si es necesario habrá muertes, quemaremos sus máquinas [...], no vamos a tener otra que echarles chilapazo o chingadazos como hicieron los de Atenco. (Isaac Tavín, campesino de San Pedro Atayac)*

*Esta vez no permitiremos más abusos. Ahora estamos armados y defenderemos lo nuestro a costa de nuestra propia vida. José Benítez, líder campesino de San Pedro Atayac. (El Universal 2002)*

En el año 2003, en el municipio de Villa de Allende dio inicio un movimiento de ejidatarios afectados por la operación de una de las presas que forma parte del Sistema Cutzamala. Este movimiento dio origen al Ejército de Mujeres Mazahuas en Defensa del Agua, quienes han realizado una serie de acciones de alto impacto mediático para denunciar las difíciles condiciones a las que se enfrentan sus comunidades. Uno de los líderes de este movimiento declaró:

*No buscamos centavos ni limosnas, sino una política integral hidráulica de desarrollo sustentable para la región, y que no nos sigan excluyendo como lo han hecho durante 25 años, desde que inició operaciones el Sistema Cutzamala, para llevarse el agua de nuestra región. (La Jornada 2004)*

Además de los movimientos sociales, también encontramos un conflicto gubernamental por el control del recurso. La controversia constitucional interpuesta en el año 2003 por el Gobierno del Estado de México ante la Suprema Corte de Justicia de la Nación cuestiona jurídicamente la piedra angular del orden constitucional y solicita una reestructuración de la institución hidráulica nacional en la que las entidades federativas tengan voz y voto en cuanto a la asignación de los recursos hídricos, asunto que hoy en día es exclusivamente federal.

El sector hidráulico federal se sorprendió ante la propuesta mexicana de crear un nuevo organismo nacional del agua en el cual los gobiernos de los estados participen en la autorización de las concesiones para extracción de agua. Esta propuesta implicaría una reforma profunda de la Ley de Aguas Nacionales y de la Comisión Nacional del Agua (CNA). La respuesta del titular de esta institución consistió en reiterar que la CNA es la única autoridad nacional sobre el recurso *agua*. Además el agua es de la Nación y es administrada por *cuencas* y no por *entidades federativas*.

Ese mismo año, la titular de la Secretaría de Ecología del Estado de México, licenciada Arlette López Trujillo, declaró a la prensa:

*En siete años, el Estado de México podría estar en situación de emergencia en materia de agua potable, lo que obligaría a la entidad a no compartir el líquido con otras entidades del país como el Distrito Federal, Hidalgo y Michoacán. (El Universal 2003)*

Llama la atención la gama de recursos simbólicos de que disponen tanto las sociedades rurales actuales como los gobiernos estatales para hacer frente a la hegemonía que durante décadas sostuvo de manera incuestionable el gobierno federal. Esto pone cada obra hidráulica en el banquillo de los acusados y obliga a las autoridades federales a justificar la importancia, los beneficios y la prioridad de cada una de ellas.

Consideramos que estos conflictos son un recordatorio de que las sociedades (y sus diferentes niveles de organización) siempre continúan disputando por los recursos del territorio. Aunque parezca que un sistema social (llámese Nación) ha impuesto su orden de una vez y para siempre, los demás sistemas sociales (llámense Región, Localidad, Pueblo, etc.) continúan compitiendo con él y pueden llegar a modificar el orden establecido de apropiación del territorio y sus recursos.

#### EL AGUA COMO HERENCIA AMBIENTAL EN PELIGRO

A finales del siglo XX el mundo entero presencia una transformación radical en la manera de concebir la relación entre sociedad y naturaleza: el paradigma sustentable. A escala planetaria se acumulan evidencias sobre el deterioro ambiental que ha generado la sociedad contemporánea, y, de manera paralela a los análisis científicos, surgen interpretaciones míticas y morales al respecto. Las posiciones más radicales denuncian la deriva de la humanidad hacia una catástrofe ambiental global. La humanidad entera pasa de una narrativa épica de la necesidad de dominar a la naturaleza a una narrativa apocalíptica en la que se cierne la amenaza de agotamiento, deterioro y destrucción de los recursos naturales. Se asume la necesidad impostergable de domesticar los patrones de consumo de la sociedad para resarcir el equilibrio roto con el medio ambiente. De manera que, además de los indicadores construidos por los científicos, emerge con fuerza un paradigma ético que reorienta los fines legítimos de la acción pública.

Por primera vez en varios siglos el factor naturaleza no es concebido como amenaza que hay que conjurar; sino como un bien prístino y frágil del que hemos abusado hasta el deterioro y el agotamiento. Esta mutación involucra dos registros. Por una parte, orienta la atención hacia datos de degradación ambiental observables y en determinado caso mensurables. Por otra parte, los juicios de valor más radicales parecen surgir de una matriz mítica. En algunos casos, estos dos registros aparecen fundidos como juicios de valor apoyados en conjuntos de evidencias (producto

de la investigación o del sentido común). Citamos como ejemplo de esta perspectiva la opinión de la académica Patricia Romero Lankao:

*“El sistema hidráulico posee rasgos socio-ambientales negativos: trastocó, tal vez irreversiblemente, el funcionamiento del ciclo hidrológico regional; hubo sobreexplotación y agotamiento de fuentes locales y externas de abastecimiento; se desecaron diversos cuerpos de agua y otros se encuentran contaminados...”* (Romero Lankao 2002)

También podemos citar la denuncia contra el sistema Cutzamala que fue llevada al Tribunal Latinoamericano del Agua por la Red Ecologista Autónoma de la Cuenca de México:

*Se trata de una infraestructura monstruosa que ha dado vida a una megalópolis desquiciada que tiene las más bajas calificaciones mundiales por cuanto se refiere a calidad de vida y cuidado de la Naturaleza: sus lagos casi desaparecidos, sus bosques enfermos, sus ríos entubados en su mayor parte, convertidos en caños... una cuenca que está entre las diez zonas más deterioradas de la Tierra; así es una zona de desastre social y ambiental...* (Valencia Mulky 2005)

El paradigma ambientalista ha generado una convergencia general con respecto a la manera como los actores políticos, financieros, académicos y de la sociedad civil enjuician la condición actual de la Cuenca de México. A continuación citamos dos ejemplos que desde la academia sostienen esta nueva perspectiva:

*“Si el siglo actual ha estado marcado por el castigo ecológico, el próximo deberá ser el de la reconstrucción. Las metas de salud e higiene del XIX no se lograrán sin el agua limpia del XXI, y para ello será necesario poner todo nuestro esfuerzo en frenar el deterioro y aplicar medidas de desarrollo sustentable.”* (Tortolero 2000)

*La esperanza para una ciudad que no cesa de crecer y destruir sus recursos naturales está en redescubrir las culturas que conservan el amor, la pasión y la fe en la vida lacustre, y que por fortuna*

La humanidad entera pasa de una narrativa épica de la necesidad de dominar a la naturaleza a una narrativa apocalíptica en la que se cierne la amenaza de agotamiento, deterioro y destrucción de los recursos naturales.

El agua como herencia ambiental en peligro

*aún prevalecen. Para ello se requiere una revisión a fondo de las políticas hidráulicas y de obras públicas depredadoras, en busca del bien común y la armonía entre población y naturaleza. Algo que nuestros antepasados sí supieron hacer. (Legorreta 1997)*

Hemos querido reflexionar sobre la mutación que ocurre en la sociedad global contemporánea sobre las relaciones imaginarias y cognitivas entre naturaleza y sociedad, orden y desorden, que configuran el sentido común a partir del cual juzgamos una situación compleja como es la relación de la Ciudad de México con el agua de su entorno. Ello no significa que neguemos los indicadores del cambio ambiental, sin embargo nos permite situarlos en un contexto de salto de paradigma cognoscitivo y sociopolítico en el cual el sistema de referencia para emitir juicios de valor se ha modificado drásticamente.

#### LA PARADOJA DE LA NO-PERCEPCIÓN

... no significa que neguemos los indicadores del cambio ambiental, sin embargo nos permite situarlos en un contexto de salto de paradigma cognoscitivo y sociopolítico...

En el Valle de México no hay disponibilidad “natural” de agua. Es una cuenca trabajada por sucesivas generaciones que a lo largo de cuatrocientos años lograron ejercer una modificación drástica en su funcionamiento hidrológico. Esta acción social de larga duración estuvo guiada por diferentes representaciones sociales que en sus respectivos momentos constituyeron el sentido común de gobernantes y gobernados.

En resumen, las sucesivas sociedades que han habitado el Valle de México (con sus diversas estructuras de poder) a partir de paradigmas distintos y persiguiendo fines diferentes generaron un efecto acumulativo común: la expulsión de las lagunas mediante obras hidráulicas que en sus respectivas épocas fueron vanguardia tecnológica. Alfonso Reyes sintetizó de manera insuperable este hecho histórico:

*Abarca la desecación del valle desde el año de 1449 hasta el año de 1900. Tres razas han trabajado en ella y casi tres civilizaciones, que poco hay de común entre el organismo virreinal y la prodigiosa ficción política que nos dio 30 años de paz augusta. Tres regímenes monárquicos divididos por paréntesis de anarquía son aquí ejemplo de cómo crece y se corrige la obra del Estado ante las mismas amenazas de la naturaleza y la misma tierra que cavar. De Netzahualcóyotl al segundo Luis de Velasco, y de éste a Porfirio Díaz parece correr la consigna de secar la tierra. Nuestro*

*siglo nos encontró todavía echando la última palada y abriendo la última zanja. (Reyes 2004)*

*Del agua  
amenazante*

La urbanización extendida en este valle, las tolveneras que recorren sus campos semiáridos y calles secas, son consecuencia de un artefacto ensamblado durante varios siglos (Perló y González 2005). Lo que ve el ojo del peatón o del automovilista no es un hábitat natural alterado esporádicamente por inundaciones acotadas en ciertas zonas de la urbe. Esas inundaciones son apenas la cresta de una fuerza hidrológica domesticada, mantenida a raya mediante válvulas y ductos.

Lo que percibe el habitante de esta ciudad son efectos parciales e indirectos del funcionamiento de una infraestructura hidráulica extraordinariamente compleja. Si ya no son accesibles a la percepción las lagunas y las inundaciones cíclicas es porque las 24 horas del día, los 365 días del año funciona una vasta red de colectores que por gravedad o bombeo impulsan los caudales de aguas negras y pluviales hacia un conjunto de emisores que los expulsan hacia afuera del valle a través de cuatro salidas. El cambio ambiental –climático– en este valle es fruto de cuatro siglos de realizaciones de ingeniería que acumuladas y coordinadas trabajan en la actualidad día y noche para mantener seca a la metrópoli, a salvo del agua amenazante.

Por si fuera poco, esto es solamente la mitad del asunto. La eficaz expulsión de las aguas superficiales y pluviales del Valle de México obligó a sostener el crecimiento urbano e industrial de la metrópoli mediante la captación de aguas subterráneas y mediante la construcción de dos acueductos: los sistemas Lerma y Cutzamala (que aportan un 30% del agua consumida por la metrópoli). Esto significa que tampoco hay una percepción directa del ciudadano con respecto a la disponibilidad “natural” del agua que utiliza en sus oficinas, fábricas, hogares, etc. El habitante de la Ciudad de México desconoce el origen del agua que utiliza al abrir la llave: ¿proviene de un pozo ubicado en su propia delegación o proviene de la entidad vecina y ha hecho un recorrido de más de cien kilómetros? La mediación tecnológica que hace llegar el agua desde el subsuelo o desde otras cuencas no es fácilmente visible para el ciudadano. Su percepción de suficiencia o carencia de agua potable nada tiene que ver con la disponibilidad natural. Esa falta de percepción de la maquinaria hidráulica que expulsa el agua del Valle se extiende también a la maquinaria hidráulica que –mediante bombeo y gravedad– abastece los hogares de un agua químicamente tratada.

*El agua como  
herencia  
ambiental  
en peligro*

Sostenemos que los habitantes de la Ciudad de México no tenemos una relación directa con la realidad hidrológica que nos rodea: sólo entramos en contacto con ella a través del inmenso artefacto que domestica el agua y la expulsa. Lo interesante es que a pesar de que tal artefacto es crucial para la existencia de la ciudad, el habitante promedio no lo percibe ni tiene noticias del mismo. Estamos ante una mediación tecnológica de escala regional no percibida por la sociedad.

La paradoja puede ser enunciada así: por una parte, lo que percibimos individualmente no es en modo alguno la realidad natural hidrológica de este valle (ni en sus momentos de exceso de agua ni en sus momentos de carencia). Por otra parte, la realidad tecnológica-social-política-económica que mueve el agua de un lugar a otro, que la expulsa hacia afuera de la cuenca y al mismo tiempo la trae desde otras dos cuencas, permanece prácticamente invisible a los sentidos del habitante de la metrópoli.

A pesar de que el artefacto que domestica el agua y la expulsa es crucial para la existencia de la ciudad, el habitante promedio no lo percibe ni tiene noticias del mismo.

En cambio, el deterioro del sistema lacustre en el Alto Lerma sí es percibido por sus habitantes como una consecuencia de la extracción de agua para la capital del país. En la región del Cutzamala algunos pobladores comienzan a temer el deterioro hídrico ocasionado por la transferencia de agua hacia la metrópoli. En la zona de Temascaltepec los agricultores percibieron por anticipado las consecuencias que podría tener en su ambiente hídrico la construcción de la cuarta etapa del Sistema Cutzamala. Tan clara percepción contrasta con la no-percepción de costos por parte de la población urbana beneficiada con esa agua. Por lo general, el habitante de la zona metropolitana de la Ciudad de México no sólo desconoce el origen del agua que utiliza sino que además desconoce los efectos ambientales y económicos ocasionados en las cuencas vecinas por el sistema que lo abastece de agua.

¿QUÉ REPRESENTACIÓN SOCIAL PREVALECE ANTE LA PRÓXIMA CRISIS HÍDRICA?

Este ensayo se cierra con el señalamiento que a principios de la década de 1990 hacía el investigador Javier Esteinou:

*... el Estado se ha dedicado, prioritariamente, a transformar el panorama físico de la problemática hidráulica del país, pero no ha modificado las mentalidades y los hábitos de los ciudadanos frente al uso y la conservación del agua. (...) Esto significa que*

*se creó una asombrosa infraestructura de dotación de agua para las ciudades y comunidades sin la formación de una educación y una cultura colectivas paralelas sobre cómo aprovechar y proteger racionalmente este recurso. Esto es, se nos entregó a esta generación una muy avanzada base hidrológica material de finales del siglo XX, administrada y aprovechada con una mentalidad colectiva de principios del siglo XVI. (Esteinou 1990: 62)*

*Del agua  
amenazante*

Evidentemente no suscribimos la idea del estancamiento de una mentalidad colectiva a lo largo de cuatro siglos; sin embargo recuperamos la preocupación que desde hace veinte años crece en el terreno de las políticas hidráulicas en el sentido de que ya no basta domesticar la naturaleza hídrica sino que ahora hay que actuar sobre la mentalidad y las acciones de la sociedad relativas al consumo del agua. La representación sobre el factor de desorden y amenaza en la relación sociedad–naturaleza ha sufrido un viraje de 180 grados.

No basta domesticar la naturaleza hídrica sino hay que actuar sobre la mentalidad y las acciones de la sociedad relativas al consumo del agua.

La pregunta con la que concluye esta reflexión histórica es: ¿la sociedad asentada en el Valle de México será capaz de formular y aplicar nuevas soluciones ante la próxima crisis hídrica? ¿Ante el exceso o carencia de agua volveremos a reaccionar mediante la construcción de una obra hidráulica tecnológicamente avanzada o, en congruencia con el nuevo paradigma sustentable, seremos capaces de domesticar no ya a la naturaleza en aras de un beneficio inmediato sino a la sociedad, modificando nuestros hábitos y pautas de consumo en beneficio de las próximas generaciones?

¿Seremos capaces de domesticar no ya a la naturaleza sino a la sociedad?

## BIBLIOGRAFÍA

- Albores, B. 1995. *Tules y sirenas. El impacto ecológico y cultural de la industrialización en el Alto Lerma*. El Colegio Mexiquense y Gobierno del Estado de México, Zinacantepec.
- Cirelli, C. 1997. *La transferencia de agua: el impacto en las comunidades origen del recurso. El caso de San Felipe y Santiago, Estado de México*. Tesis de Maestría en Antropología Social, Universidad Iberoamericana, México, D.F.
- Davies, K. 1974. *Tendencias demográficas urbanas durante el siglo XIX en México*. En: *Ensayos sobre el desarrollo urbano de México*. Sepsetentas, 143, México.
- De Belina, L. 1882. *Proyecto del Desague y Saneamiento de la ciudad y del Valle de México*. Imprenta de Francisco Díaz de León, México.

## Bibliografía

- El Universal. 2003. *Prevén grave escasez de agua*. Disponible en: [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id\\_nota=52940&tabla=ciudad](http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=52940&tabla=ciudad).
- . 2002. *En guerra por el agua*. Disponible en: [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id\\_nota=46997&tabla=ciudad](http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=46997&tabla=ciudad).
- Esteinou, J. 1990. La cultura del agua. *Revista Plural* 227(XIX–XI): 62.
- Galindo y Villa, J. 1925. *Historia sumaria de la ciudad de México*. Editora Mexicana, México. pp. 209.
- González Obregón, L. 1902. Reseña histórica del desagüe del valle de México. En: *La memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México, 1449–1900, Vol. I y II*. Oficina impresora de estampillas, México.
- Humboldt, A. 1966. *Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España*. Porrúa, México. p.152
- La Jonada. 2004. *Indígenas instalan campamento frente a la planta potabilizadora de Cutzamala*. Disponible en: [www.jornada.unam.mx/2004/09/25/029n2est.php?origen=estados.php&fly=1](http://www.jornada.unam.mx/2004/09/25/029n2est.php?origen=estados.php&fly=1).
- López–Portillo, J. 1988. *Mis tiempos. Parte segunda*. Fernández Editores, México.
- Legorreta, J. 1997. *Agua de lluvia, la llave del futuro en el Valle de México*. La Jornada ecológica. pp. 1–12.
- Musset, A. 1991. *De l'eau vive à l'eau morte. Enjeux techniques et culturels dans la vallée de Mexico (XVI–XIX siècles)*. Éditions Recherche sur les Civilisations, París.
- Perló Cohen, M. y A. González Reynoso. 2005. *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*. PUEC–UNAM/Fundación Friedrich Ebert, México.
- Reyes, A. 2004. *Visión de Anáhuac*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Romero Lankao, P. 2002. Uso y gestión del agua en la Ciudad de México: principales tendencias y retos. En P. Ávila (comp.). *Agua, cultura y sociedad en México*. CIESAS–IMTA, Zamora. pp. 257–267.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1982. *Cutzamala. Primera etapa*. SARH, México.
- Tortolero, A. 2000. *El agua y su historia. México y sus desafíos hacia el siglo XXI*. Siglo XXI, México.
- Valencia Mulkay, M. 2005. *Petitoria del caso Trasvase del Cutzamala*. Ecomunidades y Red Ecologista Autónoma de la Cuenca de México, México.
- Valek, G. 2000. *Agua. Reflejo de un valle en el tiempo*. UNAM, México.

# DIMENSIONES PSICOLOGICAS DEL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

*Javier Urbina Soria\**

Dentro del análisis de las dimensiones humanas del cambio ambiental global y en el entendido de la obligada interacción entre ellas, en este trabajo se abordan algunas de las principales dimensiones psicológicas, mismas que no siempre son expresadas abiertamente pero que subyacen a cada una de las acciones humanas y por ende están presentes de forma permanente en el proceso causal de los cambios ambientales y en el impacto que dichos cambios tienen sobre los individuos y las sociedades. La gente juega así el doble papel de causante y víctima.

Cabe advertir de entrada que muchos de los conceptos y procesos que aquí se identifican como psicológicos son también abordados por otras disciplinas sociales y del comportamiento, principalmente la sociología y la antropología. De hecho, no es inusual que en las publicaciones especializadas de uno u otro campo aparezcan escritos de autores con formaciones disciplinarias diversas y, las más de las veces, entrecruzados. Por ejemplo, Dietz y Rosa (2002), al revisar la evolución del campo de la sociología ambiental, destacan los trabajos de naturaleza psico-sociológica. Muy recientemente, Taylor–Gooby y Zinn (2006) presentaron los nuevos desarrollos en los varios enfoques

\* Facultad de Psicología, UNAM.

de la investigación de riesgos desde las perspectivas psicológica y sociológica. Esta es la mejor muestra de que para estudiar integralmente el cambio ambiental global no solamente debe buscarse la interacción entre las ciencias naturales y las sociales sino que también es necesario fortalecer la colaboración horizontal entre estas últimas.

Ahora bien, para abordar las dimensiones psicológicas pueden seguirse dos aproximaciones. Por un lado, atender a las teorías, postulados, hallazgos y conceptos relacionados con fenómenos similares al cambio ambiental global, como por ejemplo los estudios de percepción y afrontamiento de riesgos ambientales, sean de origen natural o tecnológico (Slovic 1987, Urbina y Fregoso 1988, Böhm, Nerb, McDaniel y Spada 2001). Por otro lado, puede atenderse a las experiencias de investigación enfocadas directamente a analizar la relación entre el comportamiento humano y el cambio ambiental global.

#### EL ESTUDIO DE FENÓMENOS SIMILARES AL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

En la vía de la primera aproximación, que se revisará someramente para enfocarnos en la segunda, puede citarse el trabajo de Levy-Leboyer y Duron (1991), quienes sugieren que se atienda a conceptos como el control percibido, el afrontamiento de estresores ambientales y la desesperanza aprendida, pero adelantan que hay diferencias importantes, pues los cambios ambientales no tienen las características de los problemas ambientales cotidianos. Por ejemplo, no se puede escapar de algunos de ellos simplemente mudándose de casa. Igualmente, recuerdan lo difícil que es cambiar la conducta humana aún cuando exista evidencia clara de sus efectos negativos, como es el caso de las adicciones; insisten también en que la mera exposición a los hechos y la evidencia no son elementos suficientes para inducir cambios en las conductas de riesgo, sino que se requiere un mejor conocimiento de los procesos cognoscitivos involucrados.

Ya antes, Uusitalo (1986) había encontrado que el nivel de conocimiento no se correlaciona con las actitudes o la conducta, y que el conflicto entre ésta última y los valores es mayor entre los jóvenes, quienes muestran alta preocupación pero aceptan el desarrollo económico tradicional y el consumo innecesario; están menos preocupados, perciben menos daño y su conducta no está orientada hacia la protección.

La mera  
exposición a  
los hechos y  
la evidencia  
no son elementos  
suficientes  
para inducir  
cambios en las  
conductas de riesgo.

Al respecto de la información, por cierto, Clark (1988) establece que la construcción del interés personal en los riesgos ambientales no se reduce a la probabilidad estimada por los expertos, sino que la gente común frecuentemente los percibe en forma diferente, discordancia que está suficientemente probada, pues mientras los especialistas buscan datos objetivos, la gente común utiliza reglas heurísticas (Urbina y Fregoso 1991; Urbina, Acuña y Torres 2000; Kahnemann, Slovic y Tversky 1982)

Jodelete (1990) analizó la percepción de problemas ambientales en Francia, y Milavsky (1991) presenta un seguimiento de la opinión pública sobre 12 problemas ambientales y sociales en los Estados Unidos de América, mostrando los datos de 1950 a 1990.

Por su parte, Halford y Sheehan (1991) aseguran que la respuesta humana al cambio ambiental incluye la información accesible, el entendimiento del fenómeno, la naturaleza del proceso de toma de decisiones y la motivación para el cambio.

*Dimensiones  
psicosociales*

Mientras los especialistas buscan datos objetivos la gente común utiliza reglas heurísticas.

#### ESTUDIOS ENFOCADOS AL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

Al crearse en 1990 el *International Human Dimensions Program-Global Environmental Change* (IHDP-GEC), la más importante organización internacional de psicólogos, la *International Union of Psychological Science*, propuso como áreas de investigación: la evaluación de ambientes naturales y construidos; la conducta humana bajo situaciones de riesgos y amenazas; los efectos de cambios en la conducta y en los valores humanos que tienen impacto en los ecosistemas el desarrollo y validación de indicadores conductuales de calidad ambiental; los efectos de microsistemas en la conducta, y el desarrollo y validación de métodos de obtención y análisis de datos psicológicos ante el cambio ambiental global.

Advertían desde entonces que existen cinco características de orden psicológico que complican el fenómeno:

- “*La baja visibilidad del cambio global*: al comparar éste por ejemplo con los cambios de temperatura diarios, estacionales o regionales, sus umbrales no son fáciles de detectar y por lo tanto no pueden procesarse directamente en la percepción humana, lo que hace que ésta no sea un asunto de psicofísica sino de comunicación apropiada del fenómeno.

*Estudios  
enfocados  
al cambio  
ambiental  
global*

- *La extrema dilación en mostrar la relación causa-efecto*, pues es extremadamente largo el rango temporal para conectar las acciones humanas y sus consecuencias.
- *La psicofísica de los eventos de baja probabilidad* indica que las personas tienden a subestimar la frecuencia relativa de eventos raros, aún cuando la frecuencia absoluta incrementa.
- *La distancia social entre actores y víctimas del cambio ambiental*, ya que el aprendizaje social humano tiende a ser una función de la proximidad interpersonal de los participantes, mientras que el cambio ambiental opera en distancias espaciales y temporales muy grandes.
- *El bajo índice subjetivo de costo/efectividad* de la conducta protectora del ambiente, pues los sujetos no perciben efectos inmediatos o importantes del cambio en su comportamiento.”

Los umbrales del cambio global no son fáciles de detectar y por lo tanto no pueden procesarse directamente en la percepción humana.

Dos años más tarde, en 1992, Stern publicó la primera revisión de los trabajos acerca de las dimensiones psicológicas del cambio ambiental global hasta entonces efectuados. Destaca el carácter antropogénico de dicho cambio y la necesidad de que las ciencias sociales y del comportamiento contribuyeran al entendimiento de las causas y de los cambios conductuales necesarios para enfrentarlo. Planteó entonces como áreas para la investigación psicológica: la naturaleza de las actitudes ambientales, las conductas individuales que afectan directamente el ambiente y las conductas individuales que afectan la acción colectiva. Un apartado especial merecieron los procesos de adaptación humana, principalmente la percepción del cambio ambiental y la modificación de conductas ambientalmente destructivas.

El trabajo de Stern ha sido constante y fructífero. Entre sus obras publicadas por la *National Academy of Sciences* de los Estados Unidos de América están las enfocadas a nuevas herramientas para la protección ambiental, a cuestiones de información, educación y comunicación (Dietz y Stern 2002). Destaca también una revisión del trabajo que, desde la publicación de *La tragedia de los comunes* (Hardin 1968), se ha hecho acerca de los bienes colectivos: si todos los involucrados cumplen el compromiso convenido sobre uso sostenible de esos bienes, las cosas irán bien y el recurso permanecerá; sin embargo, cada uno de ellos se enfrenta al conflicto de que aunque él cumpla, si los otros no lo hacen, el recurso se agotará (Ostrom, Dietz, Dolsak, Stern, Stonich and Weber 2002). La obra más reciente (Brewer y Stern 2005) revisa

aspectos relacionados con las formas en que los tomadores de decisiones pueden reconocer la importancia de las ciencias sociales y del comportamiento y aplicar las bases de conocimiento que han generado para tomar medidas adecuadas a favor del ambiente.

Estudios más específicos han abordado una serie de aspectos relacionados con el cambio ambiental global. Jeffries, Stanisstreet y Boyes (2001) indagaron la evolución del conocimiento sobre el efecto invernadero en estudiantes de biología. Compararon los datos del año 2001 con los obtenidos diez años antes y no encontraron ninguna mejoría; persistían las ideas incorrectas, los mitos y las confusiones conceptuales.

La influencia que tienen los valores, metas y normas en la disposición para aceptar modificaciones a las políticas sobre cambio ambiental fue estudiada en un grupo de tomadores de decisiones del sector público y privado en Suecia, encontrando diferencias significativas entre ambos grupos (Nilsson, von Borgstede y Biel 2004).

A su vez, la relevancia de la percepción del riesgo que implica el cambio climático como variable predictora que influye en la disposición a enfrentarlo fue estudiada por O'Connor, Bord y Fisher (1999).

Niemeyer, Petts y Hobson (2005) analizaron las posibles respuestas conductuales ante diferentes escenarios de cambio climático y encontraron que ante cambios no muy rápidos o peligrosos las respuestas son funcionalmente adaptativas pero que al incrementarse la rapidez o la peligrosidad del cambio este tipo de respuestas dejan de presentarse y se cae en la disfuncionalidad.

Otro estudio sobre conducta adaptativa lo realizaron Grothmann y Patt (2005), quienes afirman que los principales obstáculos para la misma son los elementos psicológicos y proponen un modelo socio-cognoscitivo para explicar sus resultados.

Un fenómeno que recurrentemente se ha encontrado en varias culturas es el referente a la dimensión psico-espacial de los problemas ambientales globales. Uzzell (2000) por ejemplo, analiza los elementos psicofisiológicos, conductuales y cognoscitivos de personas que en Irlanda, Australia, Eslovaquia e Inglaterra juzgaron que mientras mayor fuera la distancia geográfica de sus sitios de residencia, mayor sería también el riesgo que la población tendría ante circunstancias ambientales globales. Se muestra aquí una vez más el conocido *mito de la invulnerabilidad personal*: les va a ocurrir a los otros, no a mí. Similares resultados encontró Leiserowitz (2005) en un estudio con

## *Dimensiones psicosociales*

Al indagar la evolución del conocimiento sobre el efecto invernadero en estudiantes de biología, y comparar los datos del año 2001 con los obtenidos diez años antes no se encuentra ninguna mejoría: persisten las ideas incorrectas, los mitos y las confusiones conceptuales.

ciudadanos estadounidenses, que consideran que el cambio climático tendrá impacto sobre todo en lugares lejanos a ellos o en generaciones futuras.

Böhm y Pfister (2001) analizaron la representación mental de los riesgos ambientales con énfasis en el cambio global mediante una aproximación de estructuras causales con cinco niveles: actitudes, actividades, emisiones, cambios ambientales y consecuencias negativas para los humanos. Al contrastar la aproximación psicométrica con la de modelos mentales encontraron que esta última tiene mejores perspectivas de aplicación.

Los aspectos de vulnerabilidad y justicia social en relación con el cambio ambiental global son tratados por Kasperson y Kasperson (2005a, 2005b). Aunque en su formulación siguen las definiciones de vulnerabilidad, sensibilidad y adaptabilidad que ha propuesto el IPCC, bien podríamos agregar otro tipo de vulnerabilidad, la psicológica, que estaría referida a la baja percepción de la ocurrencia de los cambios ambientales y a la resistencia a modificar los hábitos de vida que los producen.

En el mismo tema de la aproximación de modelos mentales, Bostrom y Fischhoff (2001) abordan el proceso de comunicación de riesgos para la salud derivados del cambio climático, resaltando la dificultad existente para que dicho proceso sea exitoso. En un trabajo más extenso, Morgan, Fischhoff, Bostrom y Atman (2002) informan sobre el desarrollo de un proyecto concreto sobre comunicación de riesgos en el que aplicaron el enfoque de modelos mentales al cambio climático, incluyendo la elaboración de materiales impresos para los participantes. Concluyen que es un procedimiento viable y eficiente, aunque habría que probar su aplicación en grupos grandes o en comunidades completas. La mención que hacen acerca del tiempo y esfuerzo que esta aproximación implica, trae a la memoria el mostrador de aquel negocio donde un letrero dice: “Se hacen tres tipos de trabajos: el bueno, el rápido y el barato (escoja usted dos de estas características)”. Saque el lector sus conclusiones, especialmente si, como suele ocurrir, se demandan resultados rápidos, exitosos y de bajo precio, cual si de aplicar recetas se tratara.

Para cerrar este apartado es pertinente referir a un número especial de la revista del IHDP, dedicada a la psicología y el reto del cambio ambiental global (Moser y Uzzell 2004). Desde diferentes perspectivas teóricas, con ejemplos de varios países (y abarcando valores, actitudes,

evaluaciones y representaciones así como conductas individuales, motivación de comportamiento pro-ambiental y formas de comunicación), se deja claro que si bien los problemas de mitigación y adaptación al cambio ambiental no los va a solucionar sólo la psicología, sin ella no se van a resolver.

*Dimensiones  
psicosociales*

## COMUNICACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

En la misma tesitura de lo expresado en el párrafo anterior y aunque no es punto central de este trabajo, resulta necesario mencionar el tema de la comunicación de riesgos ambientales, pues frecuentemente se confunde con la mera difusión de información o con el dictado de instrucciones, siendo que, como indica Arjonilla (2000), se trata de todo un proceso de intercambio de datos, puntos de vista, sensaciones y sentimientos entre las partes involucradas. No se trata de traducir el lenguaje científico al habla popular, sino de analizar todos los elementos presentes en un problema y tomar en cuenta al conjunto de actores para desarrollar formas de interacción que lleven a una decisión colectiva.

Si bien los problemas de mitigación y adaptación al cambio ambiental no los va a solucionar sólo la psicología, sin ella no se van a resolver.

En un analítico y abigarrado trabajo, tres de los más reconocidos psicólogos dedicados al análisis de riesgos ambientales resumen nueve estudios aparecidos en un número especial de *Risk Analysis*, en el que exploran los vínculos y sobrelapamientos entre las aproximaciones de las ciencias del clima y de la percepción y comunicación de riesgos en la definición de peligro (Lorenzoni, Pidgeon y O'Connor 2005). Identifican como principal necesidad y oportunidad la realización de estudios longitudinales, nacionales y transnacionales.

En el mismo esquema, Clark, Stamm y Reynolds-Eblasca (1998), se refieren al hecho de que la comunicación masiva en relación con el calentamiento global sigue siendo un problema no resuelto.

Una mejor idea de la magnitud que representa la comunicación de riesgos se obtiene al analizar el trabajo de Lundgren y McMakin (2004), quienes refieren 12 aproximaciones diferentes: comunicación de procesos; enfoque del Consejo Nacional de Investigación (en los Estados Unidos de América); modelos mentales; comunicación en crisis; comunicación convergente; enfoque de los tres retos; aproximación social-constructivista; perspectiva de amenaza más ultraje; ruido mental; redes de contagio social; amplificación social del riesgo, y confianza social.

## NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIMENSIONES PSICOLÓGICAS EN MÉXICO

### *Necesidades de investigación de las dimensiones psicológicas*

Como se deriva de los apartados anteriores, las causas y consecuencias del cambio ambiental global empiezan con los individuos, quienes pueden o no percibir los efectos de sus conductas y pueden o no tomar medidas al respecto. La conducta de los individuos involucra juicios y elecciones individuales, por lo cual sus respuestas al cambio ambiental global presuponen la evaluación de lo que está pasando así como un conocimiento de los posibles efectos y cómo pueden enfrentarse. Al respecto, Takala (1991) advierte que es erróneo presuponer que los individuos y grupos se comportarán racionalmente y que sus opciones no serán complicadas.

Las causas y consecuencias del cambio ambiental global empiezan con los individuos, quienes pueden o no percibir los efectos de sus conductas y pueden o no tomar medidas al respecto.

Sin embargo, como ya se dijo, está demostrado que la mayoría de la gente tiene dificultades en comprender las muy bajas probabilidades de un desastre ambiental y existen aún pocos estudios sobre las percepciones del clima, del cambio climático y otros aspectos del cambio global, además de que algunos hallazgos de otras latitudes no se aplican en nuestra realidad mexicana.

Que tengamos noticia, sólo se ha difundido un estudio acerca de la percepción y el manejo de los riesgos ambientales globales en México (Liverman y O'Brien 1991, 1994), aunque se enfocó sólo a tomar la opinión de funcionarios gubernamentales, analizar los medios de comunicación masiva y algunas publicaciones científicas. Deben citarse sin embargo otros trabajos relacionados, como la elaboración de un documento denominado *Directorio de Instituciones e investigaciones relacionadas con las dimensiones humanas del cambio ambiental global*, pero que en realidad aborda estudios e incluye investigadores sobre cuestiones ambientales en general (IHDP 2001). También pueden mencionarse dos reuniones realizadas en México, la *Primera Conferencia Internacional sobre Cambio Climático en México*, realizada en Taxco, Guerrero en 1993, y el *Instituto del IAI sobre Urbanización y Cambio Ambiental en América Latina*, que con el patrocinio del Instituto Nacional de Ecología y el Instituto Interamericano para Investigación del Cambio Global se llevó a cabo en la Ciudad de México en el año 2004.

Pero para caracterizar adecuadamente las percepciones y conductas de los mexicanos en su papel de causantes y víctimas potenciales del cambio ambiental global, resulta necesario realizar una serie de estudios

que nos permitan conocer sus fundamentos psicológicos individuales y colectivos. En este sentido, lo más apropiado es arrancar el proceso con estudios sobre los conocimientos acerca del fenómeno y las actitudes hacia sus causas y efectos, así como explorar las posibles acciones individuales y colectivas que puedan afrontarlo. Esta investigación ya está en proceso y permitirá que se cubra un hueco en el conocimiento nacional, pues se propone analizar cuáles son los conocimientos y las actitudes que ante este fenómeno tiene la población de seis ciudades mexicanas, dos de ellas ubicadas en el norte del país, dos en el centro y una en la costa del sureste, además de la propia Ciudad de México, que es el segundo asentamiento humano más grande del mundo. Se investigará también la disposición hacia cambios en los estilos de vida que permitan aminorar el problema. Será sin duda el punto de partida de una serie de estudios que nos permitan aproximarnos de una forma integral al análisis y eventual intervención sobre los comportamientos que inciden en el cambio ambiental.

Como una contribución adicional se tendrá un análisis comparativo entre la población en general y una muestra de especialistas, información que por lo general ayuda a que éstos se percaten de que la gente común toma en cuenta otros elementos de análisis, no siempre lógicos o razonables.

Otra contribución relevante será el conjunto de lineamientos y recomendaciones que se deriven de los datos del estudio, para que las instituciones y organismos involucrados en la atención de este campo puedan ejercer de manera más eficiente sus acciones de comunicación y, eventualmente, guiar la elaboración de políticas públicas con base en información confiable obtenida en nuestro país y que por lo tanto integrará el carácter socio-cultural y la idiosincracia de nuestras comunidades.

De los resultados generales ya obtenidos en esta investigación puede adelantarse que la población mexicana considera que los países desarrollados tienen un mayor grado de responsabilidad en las causas del cambio ambiental global en contraste con los no desarrollados y que dicha responsabilidad va creciendo según se trate del sector agrícola, comercial, energético e industrial. Las atribuciones de causalidad también muestran una clara tendencia ascendente conforme se va de lo individual a lo mundial, siendo menor en la propia persona y su familia, creciendo hacia los habitantes de la ciudad y del país y recayendo el mayor peso en la población del mundo. Es decir, el cambio ambiental

La gente común  
toma en cuenta  
elementos  
de análisis  
no siempre lógicos  
o razonables.

lo causan los otros, los que viven lejos, no nosotros. Por lo que hace a la vulnerabilidad percibida, también se confirman los hallazgos de otras investigaciones, siendo la propia persona quien menos vulnerabilidad dice tener, seguida de su familia, los habitantes de la ciudad, los habitantes del país y finalmente la población mundial.

Se concluye por ahora que la percepción social del cambio ambiental global en México tiene por un lado facetas que se corresponden con la realidad del fenómeno y por el otro muestra importantes distorsiones que deberían ser resueltas mediante procesos de comunicación de riesgos, idealmente trabajadas en conjunto con especialistas de las ciencias naturales. ¿Alguna propuesta?

## BIBLIOGRAFÍA

- Arjonilla, E. 2001. *Cómo hablar de riesgo. Consideraciones Teóricas*. Fundación Mexicana para la Salud, México.
- Böhm, G., J. Nerb, T. McDaniels y H. Spada (eds.). 2001. *Environmental risks: perception, evaluation and management. Research in social problems and public policy (Volume 9)*. JAI-Elsevier, Londres. 299 pp.
- Böhm, G. y H. Pfister. 2001. Mental representation of global environmental risks. En G. Böhm, J. Nerb, T. McDaniels y H. Spada (Eds.). *Environmental risks: perception, evaluation and management, research in social problems and public policy (Volume 9)*. JAI-Elsevier, Londres. pp. 1–30.
- Bostrom, A. y B. Fischhoff. 2001. Communicating health risks of global climate change. En G. Böhm, J. Nerb, T. McDaniels y H. Spada (Eds.). *Environmental risks: perception, evaluation and management, research in social problems and public policy (Volume 9)*. JAI-Elsevier, Londres. Pp. 31–56.
- Brewer, D.G. y P.C. Stern. 2005. *Decision Making for the Environment. Social and Behavioral Science Reserch Priorities*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Clark, W.C. 1988. The human dimensions of global environmental change. In *Committee on global change: Toward an understanding of global change*. National Academy Press, Washington, D.C. Pp. 134–200.
- Clark, K.R., R. Stamm y P. Reynolds–Eblascas. 1998. Mass Communication and Public Understanding of Environmental Risks: The Case of Global Warming. Paper presented at Society for Risk Analysis Annual Meeting.
- Dietz, T. y E. Rosa. 2002. Human dimensions of global environmental change. En R.E. Dunlap y W. Michelson (eds.). *Handbook of environmental sociology*. Greenwood Press, London. Pp. 370–406.

- Dietz, T. y P.C. Stern. 2002. *New Tools for Environmental Protection, Education, Information, and Voluntary Measures*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Grothmann, T. y A. Patt. 2005. Adaptive capacity and human cognition: The process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change* 15: 199–213.
- Halford, G. S. y P.W. Sheehan. 1991. Human response to environmental changes. *International Journal of Psychology* 26 (5): 599–611.
- Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science*, 162: 1243–1248.
- IHDP. 2001. *Directory of Institutions and Research Related to the Human Dimensions of Global Environmental Change*. IHDP, Germany.
- First International Conference on Climatic Change in Mexico; Taxco, Guerrero, México, 5–9 de julio de 1993.
- Jeffries, H., M. Stanisstreet y E. Boyes. 2001. Knowledge about the “Greenhouse Effect”: have college students improved? *Research in Science & Technological Education*, 19 (2): 205–221.
- Jodelete, D. 1990. Quand la science met l’inconnu dans le monde. In *Autrement, les experts, sont formels*. Numéro spécial sur l’environnement.
- Kahnemann, D., P. Slovic y A. Tversky. 1982. *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge University Press, Cambridge, Gran Bretaña.
- Kasperson, J.X. y R.E. Kasperson. 2005a. *The Social Contours of Risk (Vol. I Publics, Risk Communication & the Social Amplification of Risk)*. Earthscan, Londres. 356 pp.
- Kasperson, R.E. y J.X. Kasperson. 2005b. Climate change, vulnerability and social justice. En J.X. Kasperson y R.E. Kasperson. *The Social Contours of Risk (Vol. I Publics, Risk Communication & the Social Amplification of Risk)*. Earthscan, London. pp. 301–321.
- Leiserowitz, A.A. 2005. American Risk Perceptions: Is Climate change Dangerous? *Risk Analysis*, 25 (6): 1433–1442.
- Levy-Leboyer, C. e Y. Duron. 1991. Global Change: New challenges for Psychology. *International Journal of Psychology* 26 (5): 575–583.
- Liverman, D.M. y K.L. O’Brien. 1991. Global warming and climate change in Mexico. *Global Environmental Change* 1(4): 351–363.
- Liverman, D.M. y K.L. O’Brien. 1994. The Perception and Management of Global Environmental Risks in México. En: Social Learning group (Ed.). *Learning to manage Global environmental risk (Vol. 1)*. MIT Press, EE.UU.
- Lorenzoni, I., N. Pidgeon y R.E. O’Connor. 2005. Dangerous Climate Change: The Role for Risk Research. *Risk Analysis* 25 (6): 1387–1398.

## Bibliografía

- Lundgren, R., McMakin A. 2004. *Risk communication*. Battelle Press, Columbus, Ohio.
- Milavsky, J.R. 1991. The U.S. Public's Changing Perception of Environmental Change. En: K. Pawlik (ed.). *Perception and assessment of global environmental conditions and change* (Pagec): Report 1. HDP, Barcelona.
- Morgan, M.G., B. Fischhoff, A. Bostrom y C.J. Atman. 2002. *Risk Communication a mental models approach*. Cambridge University Press, Cambridge. 351 pp.
- Moser, G. y D. Uzzell (Eds.). 2004. Psychology and the Challenge of Global Environmental Change. *IHDP UPDATE. Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change* 4: 1–2.
- Niemeyer, S., J. Petts y K. Hobson. 2005. Rapid Climate Change and Society: Assessing Responses and Thresholds. *Risk Analysis* 25 (6): 1443–1456.
- Nilsson, A., C. von Borgstede y A. Biel. 2004. Willingness to accept climate change strategies: The effect of values and norms. *Journal of environmental psychology* 24: 267–277.
- O'Connor, R.E., R.J. Bord y A. Fisher. 1999. Risk Perceptions, General Environmental Beliefs, and Willingness to Address Climate Change. *Risk Analysis* 19 (3): 461–471.
- Ostrom, E., T. Dietz, N. Dolsak, P.C. Stern, S. Stonich y E.U. Weber. 2002. *The Drama of the Commons*. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. National Academy Press, Washington, D.C.
- Slovic, P. 1987. Perception of Risk. *Science* 236: 280–285.
- Stern, P.C. 1992. Psychological dimensions of global environmental change, *Annual Review of Psychology* 43: 269–302.
- Takala, M. 1991. Environmental Awareness and Human Activity. *International Journal of Psychology* 26 (5): 585–597.
- Taylor–Gooby, P. y J.O. Zinn. 2006. Current Directions in Risk Research: New Developments in Psychology and Sociology. *Risk Analysis*, 26 (2): 397–411.
- Urbina, J., M. Acuña y O. Torres. 2000. Implicaciones de la percepción de riesgos ambientales en la prevención de desastres. *Psicología y Ciencia Social* 4(2): 72–77.
- Urbina–Soria, J. y M.J. Fregoso. 1988. Technological disasters and environmental risk acceptance in Mexico City: The San Juanico Gas Explosion Case. En: *Safety in the built environment*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Urbina, J. y M.J. Fregoso. 1991. Afrontamiento de riesgos ambientales: el caso de San Juanico. *Revista de Psicología Social y Personalidad* 7(1): 45–59.

- Uusitalo, L. 1986. Finns and the environment: A study of the rationality of economic behavior. *Acta Academiae Oeconomicae Helsingiensis A*:49.
- Uzzel, D.L. 2000. The Psycho-spatial dimension of global environmental problems. *Journal of Environmental Psychology* 20: 307–318.

*Dimensiones  
psicosociales*



# EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL, ¿QUÉ SIGNIFICA?

*Víctor O. Magaña Rueda\**

## RIESGO CLIMÁTICO

El clima es uno de los elementos a los que no prestamos atención sino hasta que nos es adverso. Sequías, inundaciones, heladas, ondas de calor, granizadas y otro tipo de condiciones extremas con frecuencia afectan no sólo a la agricultura, para la que tradicionalmente se pensó que eran importantes, sino a nuestra vida diaria, al dañar la salud, los suministros de agua y energía, y las comunicaciones. Ya no es extraño que muchos de nuestros jóvenes trabajadores del campo decidan emigrar a los Estados Unidos en busca de mejores oportunidades como resultado de condiciones adversas en el campo, las cuales se presentan, en ocasiones, en relación directa con el clima. Pero, ¿qué acaso a nuestro vecino del norte no le ocurren eventos extremos como los que aquí con frecuencia experimentamos? En realidad, condiciones extremas del clima ocurren en todas partes del mundo pero, en algunos países, las sociedades y sus sectores socioeconómicos tratan de ser menos vulnerables a ellas.

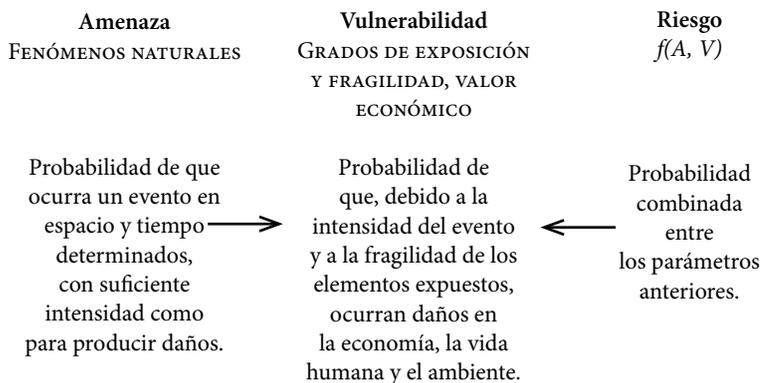
Condiciones extremas del clima ocurren en todas partes del mundo pero, en algunos países, las sociedades tratan de ser menos vulnerables a ellas.

\* Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

Los “desastres naturales” son reflejo de lo que los humanos hacemos o dejamos de hacer.

Cuando se habla de los daños o desastres que ocasiona el clima, en realidad se está hablando de una expresión de los niveles de riesgo. Incluso se habla del desastre como una materialización del riesgo y se aclara que no existen los “desastres naturales” pues no tienen nada de natural y sólo son reflejo de lo que los humanos hacemos o dejamos de hacer. En forma más concisa se puede decir que el riesgo en cualquier sector es una combinación de una amenaza y de la vulnerabilidad a esa amenaza (véase figura 1).

FIGURA 1. ESQUEMA DE LOS CONCEPTOS ASOCIADOS AL RIESGO



Por ejemplo, en el caso de la agricultura, el riesgo climático es una combinación entre la amenaza por condiciones extremas del clima y la vulnerabilidad debida, entre muchos otros factores, a la débil infraestructura y al escaso interés oficial por el sector. Así, la falta de sistemas de riego en gran parte del país hace que la vulnerabilidad de la agricultura mexicana de temporal por déficit de lluvia sea muy alta. Incluso el desconocimiento de las amenazas meteorológicas entre campesinos y autoridades hace que la agricultura sea altamente vulnerable. Hay mucha gente que confunde aridez con sequía, y que incluso piensa que las sequías son algo raro y azaroso. Quizá por eso piden que se declare sequía todos los años. En realidad, dicho fenómeno es parte de la variabilidad natural del clima.

## EL CAMBIO CLIMÁTICO

Desde hace ya algunos años se ha comenzado a analizar el proceso de cambio climático de origen antrópico, concluyéndose que es la mayor amenaza ambiental que enfrentaremos en el siglo XXI. El calentamiento del planeta, producto del aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero, tendrá consecuencias negativas dependiendo de nuestra vulnerabilidad. Ya se habla de las alteraciones que sufrirá el ciclo hidrológico o del aumento en el nivel del mar, e incluso se proyectan los impactos que pueden sufrir ciertas regiones o sectores en caso de no cambiar nuestra actitud hacia los factores que alteran el clima.

Aunque la atmósfera del planeta no es exactamente como los invernaderos donde cultivamos plantas, pues no es un sistema cerrado, su presencia hace que la energía que recibimos del sol y que sirve para calentar la superficie de la Tierra no sea sólo reflejada o re-emitida directamente al espacio. Excepto por las nubes o las partículas, la atmósfera es casi transparente a la radiación solar. Parte de esta energía calienta la superficie terrestre, la cual como consecuencia emite radiación, aunque de diferente longitud de onda; esta radiación interactúa con gases atmosféricos como vapor de agua, bióxido de carbono o metano, y por efecto de esa interacción es re-emitida hacia la superficie terrestre. Con ello, disponemos de energía adicional para calentar el planeta. Entre mayor sea la cantidad de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, más energía quedará “atrapada” y mayor será el aumento de temperatura, aun cuando la energía que se reciba del sol permanezca casi constante. Por esto, el primer efecto del cambio climático (resultado de la quema de combustibles fósiles que dio inicio con la Revolución Industrial a mediados del siglo XIX) es un aumento de temperatura. Hay que considerar adicionalmente que el clima puede verse afectado si se altera la superficie del planeta. Al cambiar el albedo planetario, varía la proporción de radiación solar que refleja la Tierra y con ello su calentamiento. A decir verdad, la combinación de cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero y del albedo determinará la magnitud del cambio climático.

Experimentos numéricos con Modelos de Circulación General de la Atmósfera, conocidos como GCM, permiten concluir que el aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero como el bióxido de carbono o el metano tendrá impactos significativos en el clima global y regional. Los GCM permiten también proyectar de qué tipo sería el

*El cambio  
climático  
global*

La incertidumbre  
se propaga  
de una estimación  
a otra.

cambio climático si comenzamos a actuar desde ahora o si simplemente dejamos que las cosas sigan como van. Los GCM son herramientas muy valiosas para proyectar escenarios futuros del clima, es decir de las condiciones ambientales que nos tocará vivir. Uno podría preguntarse, ¿por qué hay tanta desidia por parte de muchos gobiernos para actuar contra la contaminación global y el cambio climático? En realidad se debe a que existen intereses económicos y políticos muy fuertes, pero también a la poca claridad entre los tomadores de decisiones de qué significará dicho proceso en su ámbito de acción.

Existe un elemento clave y poco entendido que lleva con frecuencia a la no-acción: la incertidumbre en la información climática.

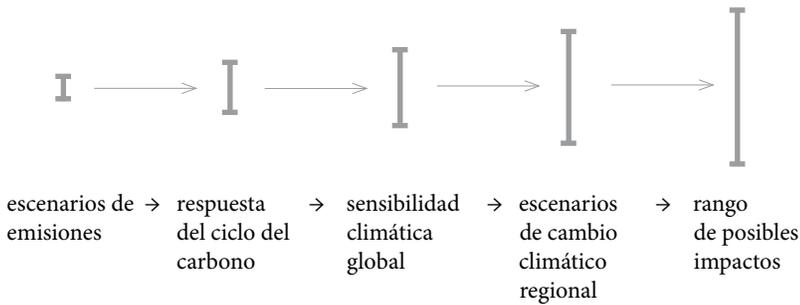
Existe un elemento clave y poco entendido que lleva con frecuencia a la no-acción para detener el cambio climático, y que está presente en muchas situaciones en que debiera tomarse en cuenta el factor climático a la hora de decidir y planear: *la incertidumbre* en la información climática. Dicho concepto se refiere a las limitaciones de nuestro conocimiento para precisar dónde, cuándo, cómo y de qué magnitud será una condición climática en el futuro. Hay dos fuentes fundamentales de incertidumbre en los escenarios de cambio climático que deben ser consideradas en los estudios de impacto:

- 1) Las incertidumbres en las emisiones futuras de gases de efecto invernadero, que afectan el forzamiento radiativo del sistema climático y con ello la magnitud del calentamiento global. Esto se debe a que las emisiones dependen de la actividad humana; por lo tanto, no es cosa fácil determinar cómo cambiará el consumo de combustibles de aquí a treinta, cincuenta o cien años; tal dificultad hace que proliferen las proyecciones al respecto. Recientemente, el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) generó escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero que incluyen una estimación de la incertidumbre en éstas.
- 2) La incertidumbre en la sensibilidad global del clima y los cambios de patrones de circulación a escala regional que simulan los modelos del clima. Las diferencias en la formulación de los GCM llevan a que también existan diferencias entre escenarios aún para un mismo forzante. Así, mientras un modelo puede proyectar un cambio de 1°C otro puede indicar un cambio de 2°C; asimismo, algunos modelos predicen incrementos en la precipitación mientras que otros sugieren una disminución.

La incertidumbre se propaga de una estimación a otra. Es decir, la incertidumbre en los escenarios de emisiones produce incertidumbre en los del ciclo del carbono, y ésta se propaga hacia los de climas globales y regionales, y de ahí hacia las estimaciones de los impactos en una región o localidad (figura 2).

*El cambio climático global*

FIGURA 2. CASCADA DE INCERTIDUMBRE EN LA RELACIÓN ENTRE EMISIONES E IMPACTOS



En nuestras vidas cotidianas, manejamos la incertidumbre siendo optimistas, contrarios a la noción de riesgo y proclives a adoptar una estrategia de no arrepentimiento.

Una fuente adicional de incertidumbre se encuentra en la variabilidad natural del sistema climático, que en gran medida es el resultado de inestabilidades propias o forzamientos externos, como los que resultan de la actividad volcánica o de la actividad solar. Para análisis de impactos y de adaptación se han utilizado escenarios de cambio climático cuya selección, en la mayoría de los casos, ha sido arbitraria y con poca consistencia en términos de manejo de sesgos de los modelos. Aun más, los escenarios del clima futuro apenas comienzan a tomar en cuenta las incertidumbres que hay en las proyecciones. No obstante, se tiene gran certeza de que la temperatura del planeta aumentará, aunque existe incertidumbre acerca de la magnitud de este incremento; hay certidumbre de que el ciclo hidrológico cambiará pero no se sabe a ciencia cierta, por ejemplo, si en una región la precipitación aumentará o disminuirá; se sabe que se elevará el nivel del mar, pero el grado también es incierto al depender de la magnitud del calentamiento global. Sin embargo, a pesar de la incertidumbre, la amenaza del cambio climático representa un riesgo que en las condiciones de vulnerabilidad actual resulta de grandes proporciones para las generaciones futuras y los ecosistemas.

En nuestras vidas, el manejo de la incertidumbre se basa con frecuencia en actitudes o percepciones tales como ser optimistas, contrarios a la noción de riesgo y proclives a adoptar una estrategia de no arrepentimiento. La actitud general frente a la incertidumbre incluye además la duda que surge al no poder cuantificar la magnitud de la influencia de un fenómeno determinado. El tomador de decisiones ve a la incertidumbre considerando: el valor de las salidas o resultados de su decisión, la existencia de posibles conflictos y sus prioridades e intereses personales. Un administrador de riesgo ve las cosas de manera diferente, enfatizando las incertidumbres del modelo y la robustez de las conclusiones. Por ello, al involucrar el concepto de *incertidumbre* en los escenarios de cambio climático se tienen que considerar aspectos cuantitativos y cualitativos. Por ejemplo, a algunos tomadores de decisiones de alto nivel les interesa tener una buena idea de los rangos de una variación determinada (cota superior e inferior o valor umbral), para tener respuestas a preguntas directas como: ¿cuánto?, ¿para cuándo? o ¿cuáles son las opciones? Sin embargo, en muchos análisis de cambio climático se tendrán que tomar decisiones cuantificando como alta, media o baja la confianza sobre los escenarios.

Se tiene gran certeza de que la temperatura del planeta aumentará, aunque existe incertidumbre acerca de la magnitud de este incremento.

Algunos aún utilizan la incertidumbre en las proyecciones de cambio climático como una razón para no actuar. Lo mismo hacen cuando se les presenta un pronóstico estacional del clima. Si bien los científicos del clima pudieran expresar enfado ante esta actitud, es necesario reconocer que quizá no se dispone de los elementos necesarios para hacer frente a la amenaza o, simplemente, que la forma de comunicar dicho peligro ha sido poco clara y que es necesario generar capacidad entre los tomadores de decisiones y la población en general para que se apoyen acciones de mitigación y adaptación, las primeras encaminadas a reducir emisiones de gases de efecto invernadero, y las segundas para que los sectores socioeconómicos reduzcan su vulnerabilidad ante condiciones extremas en el clima.

#### EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS POTENCIALES EFECTOS EN MÉXICO: EL CASO DEL AGUA

Un ejemplo de cómo podría afectar el cambio climático a México se tiene en el sector *agua*. La disponibilidad promedio del líquido vital en México fue de 11 500 m<sup>3</sup>/habitante/año en 1955; por efecto del crecimiento demográfico, en 1999 pasó a 4 900 m<sup>3</sup>/habitante/año, con

lo cual nuestro país se encuentra ya entre los de baja disponibilidad de agua. Con base en proyecciones de la Comisión Nacional del Agua (CNA), para el año 2020 la disponibilidad del líquido descenderá a 3, 500 m<sup>3</sup>/habitante/año. El agua está distribuida en forma desigual en el país: los más de 28 mil m<sup>3</sup>/habitante/año disponibles en la región de la frontera sur contrastan con los 227 m<sup>3</sup>/habitante/año del Valle de México. En varias regiones del centro y del norte se tienen ya niveles inferiores a los 2 500 m<sup>3</sup> anuales por habitante. Destaca que en las regiones de la Península de Baja California, del Río Bravo y de las cuencas del norte la disponibilidad para el año 2020 será menor a los 1 000 m<sup>3</sup>/habitante/año, cantidad que define la escasez del recurso.

La baja eficiencia en la utilización del agua contribuye a incrementar los problemas. El sector agrícola desperdicia 55% del total del agua que extrae, debido a fugas y exceso de riego, entre otras causas; el sector urbano desperdicia 43%; por su parte, la industria y los servicios tienen pérdidas mínimas, pero los niveles en que contaminan el recurso son altos. En pocas palabras, y como se ha expresado en diversos foros, México tiene un serio problema de agua y así es reconocido por todos. Resulta menos clara la probabilidad de que ese problema se agrave por efectos de cambio climático.

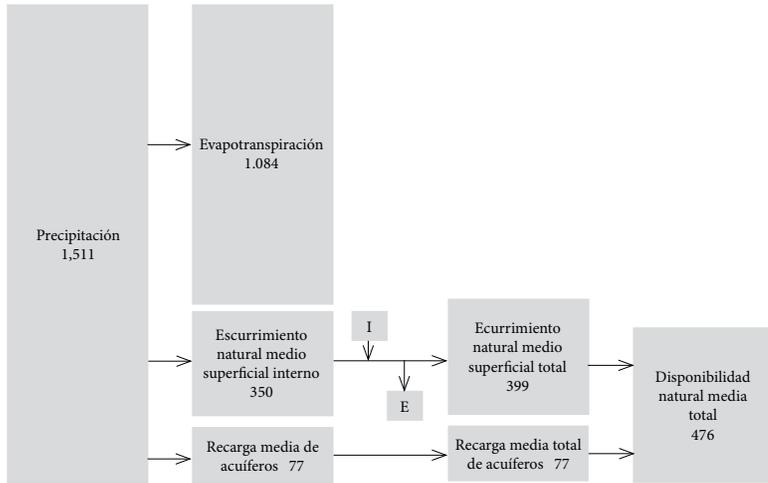
En cuanto a la precipitación pluvial, una buena parte de ella evapotranspira (~71%) y no se puede aprovechar; el resto escurre (24%) o se infiltra (~5%) hacia el suelo y los acuíferos. Son estos dos últimos procesos los que esencialmente contribuyen a determinar la disponibilidad de agua natural media.

Los escenarios de cambio climático para México sugieren que entre el año 2040 y el 2070 la temperatura en el país podría aumentar entre 2°C y 3°C. La precipitación podría disminuir entre un 5% y un 10%. Dichos escenarios tienen incertidumbre asociada, pues algunos de ellos sugieren que la precipitación aumentará en un 5%. Una cosa es segura: la temperatura aumentará. Esto significa que la evapo-transpiración crecerá y con ello disminuirán el escurrimiento natural medio y la recarga media de acuíferos. Bajo tal escenario, nuestra disponibilidad natural media total de agua será menor. Dependiendo del escenario climático que consideremos, dicha disponibilidad puede disminuir entre un 10% y un 20%. Si a esto añadimos los serios problemas de contaminación de ríos y lagos, es claro que aun con incertidumbre es urgente que comencemos a trabajar con seriedad en el problema. Las soluciones no sólo deben responder a la situación actual sino que

La comunicación sobre cambio climático permitirá que los actores clave estén mejor preparados y más conscientes para dar una respuesta.

FIGURA 3. CICLO HIDROLÓGICO EN MÉXICO (KM<sup>3</sup>)

*El cambio climático y sus potenciales efectos en México*



I = importaciones de otros países: 48.9.

E = exportaciones a otros países: 0.43

Fuente: CNA, Subdirección General Técnica. México.

deben contemplar la amenaza del cambio climático. Así, proponer más presas de almacenamiento de agua para proveer del recurso a más gente puede no ser la mejor solución, si consideramos que existirá un serio problema de evaporación. Sería mucho mejor trabajar en la recarga de acuíferos y en la recuperación de la calidad del agua en las fuentes superficiales. Tal forma de actuar resultaría en un proceso de adaptación que reduciría nuestra vulnerabilidad frente al cambio climático en el sector *agua*.

Más presas de almacenamiento de agua pueden no ser la mejor solución, si consideramos que debido al cambio climático existirá un serio problema de evaporación. Sería mucho mejor trabajar en la recarga de acuíferos y en la recuperación de la calidad del agua en las fuentes superficiales.

## CONCLUSIONES

Aun con sus incertidumbres, el problema de cambio climático es genuino y serio. Son muchos los retos que se presentan en diversos sectores y que requerirán se actúe en forma responsable, no sólo en el ámbito político sino también en el social, cultural, ambiental y económico. Si no se emprenden acciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero las consecuencias para muchas sociedades y ecosistemas

pueden ser muy serias. Aquellas sociedades o ecosistemas que están en mayor riesgo son los que tienen menor capacidad para adaptarse. Es por ello que desde hace varios años se promueve la generación de capacidades para adaptación ante el cambio climático. Uno de los elementos esenciales para generar dicha capacidad tiene que ver con esquemas de comunicación del problema y de las potenciales soluciones, en todos los ámbitos de nuestro país. Trabajar en comunicación sobre cambio climático permitirá que los actores clave de cualquier sector estén mejor preparados y más conscientes para dar una respuesta.

*El cambio  
climático  
global*



## Segunda parte

# Generar información

**E**n el estado actual de cosas, percibir los cambios ambientales equivale a estar informado al respecto. Por el momento son pocas las fuentes empíricas por las que la población advierte los cambios radicales que ha sufrido nuestro planeta. El problema de la percepción se extiende hacia la manera en que una persona o comunidad, con sus propios parámetros culturales, tiende a percibir ya no los cambios ambientales sino la información que sobre ellos recibe de otras personas.

Se comprende pues el compromiso que cargan sobre sus hombros quienes generan esa información. Su responsabilidad va en al menos dos sentidos: producir conocimiento inédito y aportar conceptos que despejen los prejuicios, no sólo de la gente común, sino también de otros especialistas.

La comunidad no científica es terriblemente exigente con la ciencia. Le reclama innumerables cosas (tal vez porque por otra parte le concede el lugar de lo absoluto): precisión, claridad, elocuencia, certidumbre total; no le permite contradicción alguna e incluso duda de resultados particulares que sean distintos para un caso que para otro. Si dos científicos no se ponen de acuerdo la ciencia es mal vista.

Muchos científicos parecen compartir esta perspectiva. Para ellos las conclusiones de la ciencia deben ser rotundas. Esto, que parece correcto

para el conocimiento duro, resulta un penoso lastre en el terreno de las ciencias humanas, algo en especial pesado cuando éstas sirven como fuente de información para conducir la acción, y posiblemente catastrófico cuando es preciso actuar ante una emergencia.

La prudencia científica hace contrapeso a la tentación de tomar medidas impulsivas e infundadas. Es necesario saber detenerse aún cuando el rumor es demasiado intenso y apremia a pasar al acto. Sin embargo, no podemos cegarnos al hecho de que la información muchas veces servirá para conducir una acción que ya está en marcha y va fuera de los cauces de lo controlado y "científico". Sin duda la ciencia que trata con variables de reacción humana debe ser muy flexible y con numerosos vértices, desde los cuales pueda adaptarse a lo que ya está sucediendo.

Además de producir información, los científicos ponen en discusión sus metodologías para sustentar la validez de los resultados y aportar recursos a otras investigaciones: qué vías son correctas, con qué contradicciones se topan y de qué riesgos y tentaciones se enfrentan.

Veamos un caso familiar para todos. Irene Pisanty nos llama la atención sobre el hecho de que en el acercamiento a un tema tan delicado como la biodiversidad y la extinción de especies imperan todavía criterios esteticistas y emocionales para favorecer la vigilancia de una especie sobre otra. Las ballenas, los osos panda y otros ejemplares, que cautivan el sentimiento y a veces la pasión del público, no son necesariamente los especímenes primordiales por los que se sostiene el ecosistema en que residen. Sin embargo, una enorme cantidad de recursos de investigación se dirigen a ellos, distrayéndolos de la salvaguarda de especies más importantes para el hábitat, sin las cuales incluso aquellas en las que se puso tanta emoción y esfuerzo pueden perderse. Lo mismo ocurre con especies que por ser las más numerosas en ejemplares dentro de un ecosistema o porque empíricamente se les puede considerar dominantes, atraen la mirada incauta de algunos estudiosos y analistas y nublan la atención sobre otras especies. La Mtra. Pisanty añade: "Los errores a los que esto lleva son abundantes, y se dan tanto en el terreno de la toma de decisiones y el diseño de políticas públicas como en el científico, con la salvedad de que en este último es posible y más sencillo hacer correcciones, y se busca hacerlo."

Pero hay poco tiempo. Con toda seguridad la prisa es una variable poco estudiada en la generación de conocimiento. Con ánimo un poco juguetón, podemos decir que la psicología y la filosofía de la ciencia tienen algo que decir al respecto.

Otro caso sencillo que alerta sobre esta perspectiva sesgada es el de la reforestación. La palabra se ha convertido en sinónimo de conciencia ambiental, estandarte social del gobierno y emblema de buena acción. Sin embargo, Irma Rosas y sus colaboradores señalan que el recurso no es indiscriminadamente adecuado. Por el contrario, reforestar requiere del conocimiento del entorno, pues la reacción química que llega a darse entre los productos de ciertas especies vegetales y los desechos de industrias cercanas generan una especie de esmog vegetal que causa serios daños a las plantas. El dato es alarmante en un doble sentido: ¿cuánto daño se ha hecho ya? y ¿cómo reemplazar un recurso que resulta tan cómodo?

No queremos soslayar la importancia de las reacciones civiles de salvaguarda que, aun cuando pueden equivocarse en sus decisiones, ponen en acción el potencial de participación comunitario. El reto es orientar estas prácticas hacia derroteros más útiles. Para ello la ciencia debe estar atenta a los prejuicios que están conduciendo la acción e intentar descubrir, por una parte, en qué puntos están equivocados y, por otra, cuáles son las condiciones psicosociales que permiten la aparición de estos prejuicios y los fortalecen.

Irene Pisanty también pone énfasis en que el cambio climático es uno de los mayores riesgos que amenazan a la biodiversidad y que por ende afectan a “todos aquellos elementos de valor económico y cultural, presentes y potenciales, que (los ecosistemas) pudieran albergar”. Indica, sin embargo, que el hecho de que tal valor económico no sea identificable fácilmente pone a la biodiversidad en gran desventaja ante otros recursos en este mundo donde impera el interés por las ganancias. En este sentido, Irma Rosas señala que ha sido necesario crear el concepto *servicios ambientales* “para que la sociedad haga conciencia de la necesidad de mantener los ecosistemas, a través de la percepción de que su calidad de vida depende de la disponibilidad de los recursos naturales.” Una verdad como ésta, evidente para los científicos, comienza a abrirse ante los ojos de quienes buscan evidencia de productividad en todos sus esfuerzos.

En el capítulo siguiente, *Informar y comunicar*, Ana Rosa Moreno pondrá en discusión los dos paradigmas de valor (utilitario y no utilitario) desde los cuales suele abordarse el conocimiento de los ecosistemas y la información pública que se da al respecto, señalando cómo ambos interactúan y se traslapan a muchos niveles. Su mención aquí es para preguntar en qué medida la interrelación de estos valores, que se fragua en el concepto de *servicios ambientales*, determina no sólo una manera de hacer pública la

información sino toda una perspectiva presente en la manera en que esa información se genera en los estudios de campo.

El modelo biológico de *servicios ambientales* destaca que los ecosistemas deben ser valorados en escalas espaciales y temporales propias. Es decir, el hecho de que de cada ecosistema se obtengan determinados beneficios para una población específica, sugiere que debe estudiárseles de forma individual, teniendo cuidado con los puntos susceptibles de generalizarse.

Ana Cecilia Conde refuerza esta postura al destacar precisamente la pertinencia de los estudios de caso. El problema climático se debe estudiar de formas muy distintas según cada comunidad hasta enfocarlo casi como un problema local. "Probablemente el mayor reto en estos estudios es la dificultad de generalizar los resultados obtenidos para una comunidad en una región o localidad específicas (en un tiempo dado) a casos similares y/o a regiones de mayores escalas espaciales y temporales." Según esta postura, describir el cambio climático como fenómeno global es una labor particularmente llena de incertidumbre.

La complejidad del problema se evidencia de forma dramática ante la siguiente información: existen situaciones en donde la solución para unos puede significar el desastre para otros o donde el cambio climático puede presentar rostros positivos, al menos en el corto plazo. El hecho esperado de que con el calentamiento global aumente más rápidamente la temperatura mínima que la temperatura máxima del planeta, puede ser negativo, por ejemplo, para los productores de frutales y de trigo que requieren periodos fríos en alguna etapa de su desarrollo pero puede resultar beneficioso para los productores de maíz de temporal en algunas regiones.

Esta gran focalización de los problemas hace difícil prever la respuesta biológica de los entornos y la reacción psicosocial que ocurrirán en cada caso. Muchas dificultades surgirán sobre la marcha e incluso se puede esperar que, en la búsqueda e implementación de soluciones, cada localidad tenga una actitud distinta. Sin embargo, la inesperada aparición de obstáculos no debe espantar a quienes se esfuerzan por abrir caminos, pues, como la doctora Conde explica con realismo e ironía, es muy cierto que si no se hace nada no surgen dificultades y que muchos de los problemas sólo aparecen cuando se actúa.

Las acciones de apoyo adaptativo institucionales y gubernamentales deben ser coherentes con esta particularidad de los casos, actuando con sensibilidad hacia los rasgos específicos de cada población e incluso de cada segmento de la población afectada. En general, por sus condiciones

sociopolíticas, las mujeres tienen recursos más limitados que los hombres para afrontar los mecanismos administrativos y ello (por ejemplo en comunidades donde la emigración varonil las ha dejado al frente del grupo social) las convierte en sujetos especialmente vulnerables al cambio climático.

La inevitable diversidad de respuestas sociales ante el cambio climático tiene un lamentable parangón en la configuración de muchos de los equipos de expertos que se dedican a estudiarlas. Con buen humor, Ana Cecilia Conde usa el término *muchidisciplinario* para referirse a los grupos de estudio donde cada quien labora con un objetivo diferente. Generar información implica la integración de las aportaciones de cada participante de un proyecto, evitando además la verticalidad a la que tienden los científicos “duros” cuando se asumen como los conductores naturales de la acción.

Patricia Osnaya ofrece un estudio donde resaltan aún más las ideas sobre la importancia de las investigaciones de caso para el cambio climático. Esta autora se concentra en la posibilidad de vincular las medidas de solución implementadas para resolver el problema de la contaminación en el Valle de México con las acciones que aspiran a modificar las causas y efectos de la emisión de gases de efecto invernadero que producen el cambio climático. Su investigación es tan compleja como puntual. No es aquí el lugar para bosquejar sus apuntes ni resumir sus conclusiones. Nos limitamos a remitir al lector al propio texto, conformes con señalar que su presencia establece un puente perfecto con el cuarto capítulo, que se concentra en las alternativas de solución. Como el lector puede advertir en la revisión secuencial de este libro de textos autónomos, casi todos sus temas están sustancialmente ligados, diríase encabalgados. Esta especie de fortuna editorial sugiere la afinidad entre las ciencias y es esperanza de creación de un cuerpo de conocimiento transdisciplinario efectivo. La ingeniera Osnaya muestra paso por paso la manera de generar información acerca de un tema que, si se permite el juego de palabras, está en el aire, y cuyas conclusiones y metodología son fundamentales para quien busca alternativas de solución o para quien simplemente quiere echar un vistazo al grado de complejidad que hay detrás de este tipo de conocimiento.



# CAMBIO GLOBAL Y BIODIVERSIDAD

*Irene Pisanty Baruch\**

## LA CASA DE LA VIDA Y LA VIDA DE LA CASA

*La humanidad resulta exaltada no por estar muy por encima de la naturaleza sino porque nuestro conocimiento de ésta eleva el concepto que tenemos de nosotros mismos.*

(Wilson 1993)

Por tradición, y también por razones derivadas del desarrollo histórico de los conceptos ecológicos, tendemos a ver al medio físico como un conjunto de simples determinantes o factores limitantes para los seres vivos y sus funciones; i.e., pensamos al conjunto de elementos como el aire, el suelo y el agua como *la casa de la vida*. Sin embargo, estos procesos están indisolublemente asociados a los seres vivos y a la vida misma. El suelo, por ejemplo, tradicionalmente reconocido como un elemento abiótico, no podría existir sin la actividad de los organismos de muy diferentes tipos que a través de una gran diversidad de procesos participan en su formación. Un ejemplo de la interacción entre

\* Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.

*La casa  
de la vida  
y la vida  
de la casa*

los componentes físicos y biológicos de la Tierra, particularmente relevante en la actualidad, tiempos del cambio global, es la atmósfera. Descrita inicialmente como una capa de gases inertes que envuelven a la Tierra, la atmósfera terrestre es reconocida hoy como el resultado de muchos procesos constantes, varios de los cuales están estrechamente vinculados a la actividad biológica. La presencia del oxígeno y la consiguiente formación de la capa de ozono es uno de los ejemplos más relevantes; el oxígeno presente en la atmósfera es el resultado de la actividad fotosintética que permite la liberación de este elemento a partir de las capas bajas de la atmósfera y la formación de la capa de ozono en las más altas. La atmósfera sigue siendo afectada por los procesos biológicos que le dieron origen hace millones de años, y se renueva constantemente gracias a ellos. Las interacciones complejas y constantes de este tipo han hecho del planeta un amplio sistema con la capacidad de autorregularse.

Concebir  
al medio físico  
como la casa  
de la vida,  
sin considerar  
a la vida  
de esa casa,  
es equivoco...  
y representa  
una posición  
peligrosa para  
nuestra especie.

Desde hace alrededor de un siglo las actividades de una sola especie, la nuestra, interviene, modifica, altera e incluso pone en riesgo a la atmósfera y, en general, a los mecanismos de autorregulación a los que hemos hecho referencia. Las actividades humanas han tenido efectos de gran relevancia sobre la atmósfera a diferentes escalas, desde contaminación atmosférica a nivel local, como sucede en las zonas urbanas e industriales, hasta el adelgazamiento de la capa de ozono que se ha llenado de verdaderos “agujeros” en algunas zonas críticas, que han dejado extensas regiones terrestres expuestas a niveles de luz ultravioleta riesgosos para la vida.

El cambio climático resultante de la exacerbación del efecto invernadero que proporciona la atmósfera terrestre, y que posibilita la vida como la conocemos, ha generado modificaciones que son parte medular de los múltiples procesos involucrados en un acelerado cambio global. De esta forma, concebir al medio físico como *la casa de la vida* sin considerar a la vida de esa casa, es equivoco desde el punto de vista científico y representa una posición peligrosa para nuestra especie. La interacción entre elementos bióticos y abióticos está en los cimientos mismos de la vida en la Tierra.

*En áreas cada vez mayores de los Estados Unidos de América  
la primavera llega sin el anuncio del regreso de las aves,  
y las mañanas son extrañamente silenciosas donde antes estaban  
llenas de la belleza del canto de las aves.*  
(Carson 1962)

*Cambio  
global y  
biodiversidad*

El desarrollo de lo que comúnmente llamamos conciencia ambiental deberá algún día ser analizado como un proceso singular de aprendizaje colectivo que incluye, entre otras muchas cosas, la aceptación de un cambio en la forma en que las sociedades humanas se relacionan con la naturaleza, además de una gran diversidad de enfoques e intentos por aplicar medidas correctivas hacia los problemas derivados del mismo. Éste no es el espacio para ello, y un estudio de ese tipo requiere de verdaderos expertos, pero vale la pena recordar que la concepción misma de la naturaleza se modificó drásticamente a partir de que Charles Darwin reconoció en su obra *El origen de las especies* que "...todas estas formas (de vida) construidas elaboradamente, tan diferentes unas de otras, y dependientes entre sí de una manera tan completa, han sido producidas por fuerzas que actúan alrededor de nosotros". Esta simple oración engloba una revolución epistemológica tal que sus efectos rebasaron rápidamente el ámbito de las ciencias biológicas en el que nació y se socializaron al grado de cambiar la visión que del mundo natural se tenía hasta antes de 1859, año en que fue publicada la obra. Uno de los efectos colaterales, por así llamarlos, de establecer que la vida es resultado de procesos naturales y no divinos, fue la importancia que el estudio de tales procesos ecológicos adquirió, y una de las consecuencias de esto último fue el nacimiento de la ecología como disciplina científica así como su desarrollo acelerado a lo largo del siglo XX.

Durante la primera mitad de éste, la ecología fue una preocupación académica que alcanzó gran relevancia por proporcionar respuestas a preguntas científicas nuevas. Sin embargo, adquirió una dimensión completamente diferente a partir del reconocimiento de que *algo* estaba pasando en la naturaleza que no necesariamente era deseable. Este reconocimiento rebasó la preocupación que podían tener unos cuantos científicos o personas que de una forma u otra estaban en contacto con la naturaleza y la observaban a partir de una publicación

no científica que fue un verdadero parteaguas. La *Primavera silenciosa* de Rachel Carson denunciaba en 1962 por primera vez y de forma incuestionable, en un texto claro y accesible a todo público, el efecto que los múltiples pesticidas que acompañaron a la revolución verde tenían sobre las aves, cuyos trinos dejaban ya de llenar las mañanas primaverales. El silencio de estas mañanas se debía a la muerte de las aves migratorias a causa de los pesticidas con los que se rociaba a los cultivos, y que eran los mismos que empezaban ya a tener efectos gravísimos en la población humana. La obra de Carson enfrentó todo tipo de dificultades y censuras para salir a la luz pública, pues tocaba intereses económicos y políticos extremadamente poderosos; de hecho el libro sólo pudo ser publicado después de su muerte. Una vez disponible, el libro circuló ampliamente y el tema del deterioro ambiental se hizo público. Paradójicamente, a pesar de que este libro fue sólo el primero de una vasta literatura que se ocupa del tema, los problemas que señaló y los obstáculos con que se enfrentó siguen vigentes; las soluciones para muchos de ellos quedan aún muy lejos.

El terreno inaugurado por Rachel Carson está íntimamente relacionado con el mundo darwiniano: las fuerzas naturales que conforman a la vida están siendo continua y profundamente alteradas por las actividades de una sola de las muchas especies que habitan este planeta, y las consecuencias de ese hecho frecuentemente son desfavorables para los seres vivos y para los procesos naturales de los que dependen. Paradójicamente, también son riesgos para la propia especie que es el motor de estas alteraciones. Sin embargo, el discurso ambientalista se adelantó al trabajo de los científicos en lo que a poner el tema sobre la mesa se refiere; desafortunadamente el tiempo que requiere una investigación científica sólida frecuentemente ha llevado a las autoridades de diferentes niveles –desde locales hasta globales– a tomar decisiones erróneas de severas consecuencias no sólo para la naturaleza sino también para los seres humanos y sus sociedades.

Es en este escenario que aparece el proceso denominado cambio global, que incluye entre otros muchos elementos al cambio climático, la pérdida de especies con usos ya identificados y también potenciales, y la pérdida de servicios ambientales. Este es también el escenario en el que se desarrolla la polémica sobre el tema, que dista de ser sencilla y de fácil solución, debido en gran parte a la falta de conocimiento científico, pero también a las barreras ideológicas y epistemológicas así como a los grandes intereses políticos y económicos que están in-

Desafortunadamente,  
el tiempo que  
requiere una  
investigación  
científica sólida  
frecuentemente  
ha llevado a las  
autoridades  
de diferentes niveles  
–desde locales  
hasta globales– a  
tomar decisiones  
erróneas de severas  
consecuencias  
no sólo para  
la naturaleza sino  
también para los  
seres humanos  
y sus sociedades.

volucrados tanto en sus causas como en sus posibles soluciones. Los recursos naturales de los que disfrutamos y los servicios ambientales de los cuales dependemos estrechamente como especie, detentan uno de los rasgos más notorios de la crisis ambiental contemporánea: la pérdida de biodiversidad, tema principal de este artículo.

*Cambio  
global y  
biodiversidad*

## BIODIVERSIDAD

*... estamos experimentando con preguntas existenciales,  
con un experimento a escala global, carente totalmente de planificación,  
con resultados irreversibles y un producto final desconocido  
–y con el principal impacto de los resultados de nuestro experimento  
endosado a generaciones que aún no nacen.  
(Myers 1991 y 1996)*

A pesar de ser escuchado y leído con mucha frecuencia –o quizá justamente por eso–, el término *biodiversidad* exige ser definido casi cada vez que se le utiliza. Una vez entrado en el lenguaje cotidiano y sobre todo en la terminología política, este término perdió su connotación original y mucha de su riqueza como concepto científico. A cambio de eso, tiende a entrar en una visión colectiva. Que esta visión sea clara es de extrema importancia para que la sociedad pueda enfrentar el escenario ambiental.

La ecología científica define a la *riqueza* como el número de especies presentes en un sitio y un momento dados, y a la *diversidad* como un parámetro cuantificable que conjunta el número de especies presentes en un sitio y un tiempo dados (conocida técnicamente como *riqueza*) con la abundancia y la frecuencia que cada una de las especies tiene. De esta forma, se trata de una medida que pondera la posibilidad de que dos organismos que se muestrean consecutivamente sean o no de la misma especie. Las maneras de medir la diversidad de una zona son variadas y existen muchos índices numéricos para hacerlo (McGurran 1988). Entre los ecólogos hay también un uso ligeramente más laxo, que asocia directamente a la diversidad con la riqueza. Así, muchos autores reconocieron desde hace muchos años que algunas comunidades o algunos ecosistemas son más diversos que otros; por ejemplo, el trópico húmedo siempre se ha reconocido como más diverso que los bosques de coníferas.

A partir de la *Cumbre de la Tierra*, que se efectuó en Río de Janeiro en 1992, el término *biodiversidad* entró al discurso ambientalista

La polémica sobre el cambio global dista de ser sencilla y de fácil solución debido en gran parte a la falta de conocimiento científico, pero también a las barreras ideológicas y epistemológicas así como a los grandes intereses políticos y económicos que están involucrados tanto en sus causas como en sus posibles soluciones.

y de política ambiental, refiriéndose a la riqueza, i.e., al número de especies. En un acto público que tuvo lugar en México, el connotado ecólogo y gran ambientalista Otto Solbrig definió a la biodiversidad como la *riqueza* –o la diversidad *sensu lato*- de los ecólogos en boca de los burócratas. Independientemente de que sea o no un término que satisfaga las necesidades de rigor que tiene la ecología científica, la palabra *biodiversidad* llegó para quedarse, y su significado amplio es de gran utilidad.

Edward O. Wilson, uno de los defensores más emblemáticos de la biodiversidad, que es además un científico extremadamente relevante, consideró que definir a la biodiversidad como el conjunto de especies que se encuentran en un sitio en los mismos términos que los ecólogos lo hacen a través del concepto de *riqueza*, es insuficiente. El autor opina que la biodiversidad es mucho más que eso porque incluye a la variedad de ecosistemas, que comprende a las comunidades de organismos de hábitats particulares y a las condiciones físicas en las que viven (Wilson 1993).

La *Convención de Biodiversidad*, derivada de la misma cumbre de Río de Janeiro, define a la biodiversidad como “la variabilidad entre los seres vivos de cualquier origen, incluyendo, *inter alia*, terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye la diversidad entre especies, dentro de las especies, y de los ecosistemas”. A partir de esta definición se reconocen los tres niveles de biodiversidad, que corresponden a diferentes niveles jerárquicos (Risser 1995; Redford y Richter 1999), todos ellos de gran relevancia:

Cada organismo es un ser único pues posee un genotipo que le es propio y que no se repite.

La pérdida de diversidad genética es hoy uno de los grandes problemas que enfrentan, por ejemplo, los agricultores.

- a) *Diversidad genética*: cada organismo es un ser único pues posee un genotipo que le es propio y que no se repite salvo bajo ciertas circunstancias biológicas (v. gr., la reproducción asexual como la partenogénesis o la apomixis) que no son las más frecuentes. La sexualidad se ha asociado justamente con el mantenimiento de la diversidad genética de los grupos biológicos a partir de la recombinación genética. La selección artificial de la que han sido objeto muchas especies de importancia económica se ha traducido en la pérdida de diversidad genética, que es hoy uno de los grandes problemas que enfrentan, por ejemplo, los agricultores. La diversidad genética puede ser la única garantía para evitar la pérdida de algunas especies tanto silvestres como domesticadas. En ambos casos, los

efectos de una enfermedad o de una plaga incrementan de forma importante si la variación genética es escasa e incluye a genotipos poco resistentes. Fue con esto en mente que se crearon centros internacionales de germoplasma, como el Centro de Investigación de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT). Una vez que la producción del maíz se industrializó y se basó en el llamado vigor híbrido (que resulta de efectuar, generación tras generación, cruza entre unos cuantos genotipos seleccionados por lo favorable de sus características) se generó una disminución progresiva de la diversidad genética de las variedades utilizadas. Este proceso contrasta con la domesticación histórica tradicional por parte de los grupos campesinos, misma que prevalece hasta nuestros días y que se centra en la diversidad genética. En los mercados rurales mexicanos, por ejemplo, o bien entre campesinos individuales, aún se da el trueque de semillas, y con ello la llegada de genotipos nuevos a las milpas. Esta consideración subyace a la discusión sobre la conservación *ex situ*, por ejemplo en zoológicos, de unos cuantos ejemplares que se puedan reproducir entre sí, y es también la base de los argumentos de los ambientalistas que se oponen al uso indiscriminado y no regulado de variedades transgénicas en los centros de origen y diversificación de los cultivos.

- b) *Diversidad específica*. El número de especies que habitan la Tierra es aún una gran incógnita, y hay diferencias de uno o hasta de dos órdenes de magnitud entre las aproximaciones de diferentes autores. Wilson (1993) estimó que existen 1.4 millones de especies identificadas con su correspondiente nombre científico, y que probablemente haya una diferencia de un orden de magnitud entre las existentes y las ya conocidas. Los estudios de este autor en Costa Rica y los trabajos entomológicos de Erwin (1996), entre otros, permitieron ver más la magnitud de nuestra ignorancia que la de la biodiversidad. Wilson colectó hormigas en un área de 1.5 km alrededor de la estación biológica conocida como *La Selva*, en Costa Rica, y encontró 34 especies del género *Pheidole*. De este grupo, 16 nunca habían sido reportadas, i.e., 32% de los organismos que identificó resultaron especies nuevas para el conocimiento humano. Por su parte, Erwin investigó la entomofauna de las copas de los árboles de Perú y de Panamá, muy particularmente a los coleópteros (escarabajos), que son, junto con las hormigas y las moscas, uno de los grupos taxonómicos más diversos que se conocen. Erwin utilizó

una tenue niebla de insecticida que hizo caer a los insectos de las copas de los árboles del dosel de las selvas tropicales y subtropicales en las que trabajaba. El resultado fue sobrecogedor: en Panamá colectó con este sencillo método 8500 ejemplares, pertenecientes a 1,250 especies, y en Perú encontró 3 429 especies representadas por un total de 15,869 individuos. Los estudios de Erwin fueron parte de un amplio programa de investigación sobre la diversidad de los coleópteros, y sus resultados son consistentes con los obtenidos por muchos otros investigadores en otras partes del mundo, como Australia, Nueva Guinea y Brunei. Con base en sus estimaciones, Erwin concluyó que entre 30 y 50 millones de especies de insectos podrían vivir en las copas de los árboles. Huelga decir que es probable que una proporción importante de esta entomofauna esté conformada por organismos que jamás han sido vistos por ojos humanos y cuya función ecológica es totalmente desconocida, tanto como los potenciales beneficios que pudieran representar para nuestras sociedades. Esta incertidumbre, por supuesto, impide cuantificar adecuadamente el número de especies que se han extinguido en los últimos años, lo cual representa una preocupación para algunos científicos, gobernantes y ciudadanos en general. Las causas de que exista la diversidad biológica son muchas, variadas y complejas, y aunque en general se explican con postulados darwinistas, desde hace mucho tiempo éstos llegan a resultar insuficientes para su cabal y detallada comprensión. La diversidad de especies es una de las primeras percepciones que tenemos de la riqueza y complejidad de la naturaleza, y es expresión de una larga y compleja historia evolutiva que en la mayoría de los casos nos es desconocida e irrecuperable. Sin embargo, nuestra ignorancia más dramática radica en torno a la identificación del papel que cada especie juega en un ecosistema. Como resultado de nuestra percepción empírica tendemos a asignar un papel dominante a las especies que son numéricamente superiores, a las de mayor tamaño o a las que a primera vista cumplen funciones protagónicas. Este procedimiento con frecuencia no es acertado. Los errores a los que nos lleva son abundantes, y se dan tanto en el terreno de la toma de decisiones y del diseño de políticas públicas como en el área científica, con la salvedad de que en esta última es posible y más sencillo hacer correcciones (y de hecho se busca hacerlo). Debemos reconocer, como científicos y como ambientalistas, que carecemos de explicaciones precisas para

Como resultado de nuestra percepción empírica tendemos a asignar un papel dominante a las especies que son numéricamente superiores, a las de mayor tamaño o a las que a primera vista cumplen funciones protagónicas. Este procedimiento con frecuencia no es acertado.

la inmensa mayoría de los casos específicos, y que esto nos hace enormemente difícil predecir el efecto que las actividades humanas pueden tener sobre la biodiversidad resultante de millones de años de evolución. Es también importante reconocer que hay un nivel funcional de la biodiversidad que es necesario para mantener el funcionamiento de los ecosistemas (Folke, Holling y Perrings, 1996), y cuyos límites nos son también desconocidos.

- c) *Diversidad ecosistémica*. Los ecosistemas se distribuyen de acuerdo a grandes franjas macroclimáticas y también como respuesta a condiciones mesoclimáticas. Es en ellos en donde se expresan las diversidades genética y específica, pero representan en sí, como sistemas complejos, una riqueza extremadamente importante. Los grandes procesos de regulación y los ciclos biogeoquímicos fundamentales para la vida, incluido el del agua, se dan a nivel ecosistémico. El flujo de energía sucede en este nivel, así como la expresión de las consecuencias de la pérdida de diversidad genética y específica. Este enfoque empapa al discurso ambientalista porque es precisamente en el ecosistema donde los cambios en otros niveles de complejidad (como el sinecológico y el poblacional) se expresan y adquieren relevancia. Lamentablemente, los procesos ecosistémicos son tan complejos que es en ellos donde mayor resulta nuestra ignorancia y por ende donde más difícil es encontrar medidas de mitigación. De hecho, la mayor parte de la información sobre la importancia de la diversidad en los procesos ecosistémicos deriva de observaciones y experimentos que involucran sólo a una o a unas pocas especies (Risser 1995).

En términos generales, como se ha dicho muchas veces, los límites entre los ecosistemas son casi una abstracción, pues finalmente a través de la atmósfera todos los ecosistemas están relacionados entre sí y constituyen la biosfera de la Tierra. Esta consideración debe ser tomada en mente si se quiere entender el cambio global, el nivel en que ocurre y sus alcances.

A través de la atmósfera todos los ecosistemas están relacionados entre sí y constituyen la biosfera de la Tierra. Esta consideración debe ser tomada en mente si se quiere entender el cambio global, el nivel en el que se da, y sus alcances.

## ¿POR QUÉ IMPORTA LA BIODIVERSIDAD?

¿Por qué importa la biodiversidad?

*Dado que el capital natural no está capturado en los mercados existentes, se deben usar métodos especiales para calcular su valor.*

(Constanza y Daly 1992)

Quizá para un público informado esta pregunta parezca banal, casi una perogrullada. En realidad no lo es. El cambio global, la contaminación atmosférica, el agotamiento de los suelos son preocupaciones humanas, al igual que la pérdida de la biodiversidad. La falta de diversidad genética, la desaparición definitiva de muchas especies y de los ecosistemas fue de interés científico sólo cuando el trabajo de académicos, políticos y organizaciones sociales logró infundir conciencia sobre estos procesos. En muchos sitios se ha resentido la pérdida de especies y ecosistemas que representaban una fuente de sustento. Igualmente, algunos productores agrícolas han sufrido los efectos de tener cultivos de baja diversidad genética; un caso es el de los productores de tequila del centro de México. Sin embargo, fuera de estos casos particulares de importancia económica, es difícil dar ejemplos concretos sobre las consecuencias que la pérdida de diversidad a cualquiera de los tres niveles que acabamos de mencionar tiene, o puede tener a futuro, sobre la vida humana.

Hoy es fundamental reconocer que la biodiversidad, además de ser un elemento fundamental de la selección natural, presta servicios ambientales relevantes, entre los que se encuentran la regulación de procesos naturales, la amortiguación de cambios ambientales, el reservorio de biomasa y el sostenimiento de equilibrios locales y globales. La biodiversidad es pieza clave en la autorregulación de los sistemas complejos en los que se da la vida.

Como ejemplo del papel que juegan las especies como reguladores de procesos naturales, basta con citar el trabajo que realizó el ecólogo estadounidense Paine, quien en 1966 estaba estudiando la estructura de una comunidad intermareal de baja biodiversidad. Este sencillo sistema se compone de una cadena trófica que incluye a un carnívoro superior, la estrella marina del género *Pisaster*, y a uno intermedio, el gasterópodo del género *Thais*. Dado que la estrella de mar es un depredador muy voraz, Paine consideró que el reducido número de especies que componen a esta cadena alimenticia podía deberse a su influencia, y para demostrarlo diseñó un sencillo experimento. Apro-

vechando que las especies de las que se alimentaban la estrella de mar y el caracol son sésiles o de muy baja movilidad, instaló barreras físicas que le impedían a la estrella tener acceso a sus presas. Al hacer esto, el número de especies se redujo en vez de aumentar. Este resultado, hoy considerado como clásico en la literatura ecológica, se debe a que la depredación por parte de la estrella de mar regula el tamaño de las poblaciones de sus presas y abate la habilidad competitiva de algunas de ellas, que desplazan completamente a otras en el momento en el que su crecimiento no se ve frenado por la presencia del principal depredador. Resultados inesperados como éste son comunes cuando se estudian procesos ecológicos, pues se trata de sistemas complejos no lineales.

Un segundo ejemplo deriva de la entrada de especies invasoras, que es una de las grandes preocupaciones ambientales contemporáneas. En repetidas ocasiones se ha demostrado lo rápido que se pueden desequilibrar los sistemas ecológicos con sólo permitir que una especie invasora desplace a otra. Ericsson (2006) comenta cómo en Hawaii la entrada de una especie invasora (*Myrica faya*) ha ido desplazando al árbol nativo *Metrosideros polymorpha* y, en consecuencia, se han alterado procesos biogeoquímicos fundamentales, con lo cual han incrementado los niveles del nitrógeno foliar y del contenido de agua del dosel, sin que sea posible predecir qué efectos tendrá esto sobre las especies individuales ni sobre el sistema como un todo. Este ejemplo es sólo uno del amplio repertorio de sorpresas ambientales que se han registrado (Gunderson 1999), aunque reconocerlas no implica que se haya logrado detenerlas.

Los ejemplos de casos en los que las especies invasoras han alterado sistemas de valor económico son muy abundantes, y no es posible detenerse aquí tanto como sería necesario para analizarlos. Entre los ejemplos recientes se encuentran la entrada del barrenador *Plecostomus sp* a los cuerpos de agua mexicanos, que ha alterado seriamente a las pesquerías (Salvador Contreras, comentario personal), y la muy probable entrada de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*) a México, donde tendría un efecto devastador sobre los nopales mexicanos que, además de ser de gran importancia ecológica, tienen un gran valor económico en amplias zonas del país a nivel ecosistémico (CONABIO 2006).

La pérdida de ecosistemas es una realidad de nuestros tiempos, y se da tanto a nivel local como regional; además, hay ecosistemas que

Al desaparecer un ecosistema se pierden no sólo todos sus componentes sino también la totalidad de los servicios ambientales que presta.

*¿Por qué importa la biodiversidad?*

se encuentran en riesgo globalmente. Al desaparecer un ecosistema se pierden no sólo todos sus componentes sino también la totalidad de los servicios ambientales que presta. Así, con la pérdida de un ecosistema se pierden también la captación, la purificación y el almacenamiento del agua en cuerpos subterráneos (acuíferos), la regulación y el amortiguamiento de oscilaciones climáticas, la acumulación de biomasa, y el suelo y el hábitat de todas las especies ahí presentes, así como todos aquellos elementos de valor económico y cultural, presentes y potenciales, que pudiera albergar.

Estos ejemplos nos dejan ver que el origen de la biodiversidad y los procesos en los que descansa se dan a diferentes niveles de complejidad y a diferentes escalas espacio-temporales (Risser 1995, Templeton y Hobbes 2004). Es muy improbable que tengamos a la mano todo el conocimiento necesario para prever el efecto que la pérdida de una o varias especies, o de uno o varios ecosistemas, pueda tener sobre el funcionamiento de los sistemas naturales y, a gran escala, sobre la biosfera.

La Convención de Diversidad Biológica (2003) reconoce que la biodiversidad subyace a todos los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas y que son cruciales para el bienestar humano; esta aseveración es realmente difícil de rebatir aun cuando no conozcamos todos los detalles ecológicos que la hacen una realidad incontestable.

## PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

*En sus raíces, todas las cosas se toman de las manos.*

*Cuando un árbol cae en el bosque, una estrella cae del cielo.*

(Chan K'in, indígena lacandón)

El sustento humano actual descansa pesadamente en alrededor de 22 especies, muchas de las cuales han perdido notablemente su diversidad genética a partir de los procesos de domesticación y selección artificial.

La valoración de la biodiversidad y de los procesos que subyacen a ella ha ido modificándose a lo largo del tiempo. Lamentablemente no podemos analizar tal devenir en este texto, pero podemos afirmar que se trata de un proceso cultural que debemos tener presente si queremos entender cómo y porqué en muchos sectores sociales la importancia de la biodiversidad está siendo ignorada, e incluso por qué es despreciada por un grupo de gente muy significativo no sólo por ser numeroso sino, sobre todo, por el papel que juega en la toma de decisiones y en el ejercicio del poder. Son muchos los elementos que intervienen en este proceso, pero quisiera resaltar únicamente el decrecimiento de las especies con las que las personas que habitan las ciudades en nuestros

días tienen contacto. Wilson (1993, 2001) hace hincapié en que el sustento humano actual descansa pesadamente en alrededor de 22 especies, muchas de las cuales han perdido notablemente su diversidad genética a partir de los procesos de domesticación y selección artificial. La dependencia directa que como especie tenemos de los ecosistemas y de los procesos ecosistémicos es percibida de una manera muy diferente de la que tenían nuestros ancestros nómadas e incluso de la de quienes habitan actualmente zonas no urbanas. Valdría la pena reflexionar cómo es que esta percepción está cada vez más diluida a pesar del avance de la ecología y de las ciencias ambientales que nos han permitido comprender al menos medianamente la importancia que tienen los procesos ecológicos en los sistemas de mantenimiento de la vida. La divulgación de estos conocimientos debería ser una preocupación absolutamente prioritaria para científicos y ambientalistas, a pesar de que los métodos de evaluación del trabajo científico sigan siendo impermeables a este tipo de actividad.

A lo largo del tiempo geológico muchas especies han aparecido y se han extinguido, y ha habido periodos de extinciones masivas causadas por procesos naturales. La desaparición de los grandes reptiles a finales del Cretácico, que probablemente se debió a un cambio climático originado por el polvo que se acumuló en la atmósfera después del impacto de un enorme meteorito, es uno de los ejemplos más conocidos. Pero no el único.

Sin embargo, la tasa actual de extinción de especies y de ecosistemas (aunque no se conoce con precisión porque es probable que el proceso esté afectando a especies que no han sido identificadas) no parece tener precedente en la historia de la Tierra; aunque sí parece tender a un punto en el que la especie humana, motor del proceso, vería su sobrevivencia comprometida.

Entre las causas de la pérdida de especies en nuestros tiempos se encuentran la pérdida y fragmentación de los hábitats y de los ecosistemas, la sobreexplotación de las poblaciones de algunas especies, la introducción de especies y enfermedades, la contaminación del aire, el agua y el suelo, la reducción en la adecuación de los organismos y el cambio climático. Nos centraremos en este último proceso, que se da a nivel global, y se expresa a diferentes escalas que pueden ir desde una región en particular hasta el nivel planetario.

Las causas del cambio climático son todas antropogénicas y están relacionadas con el incremento de la temperatura a nivel planetario a

Entre las causas de la pérdida de especies en nuestros tiempos se encuentran la pérdida y fragmentación de los hábitats y de los ecosistemas, la sobreexplotación de las poblaciones de algunas especies, la introducción de especies y enfermedades, la contaminación del aire, el agua y el suelo, la reducción en la adecuación de los organismos y el cambio climático.

causa de la acumulación de gases de efecto invernadero. Cabe insistir aquí que el efecto invernadero es un proceso natural asociado con la atmósfera que envuelve a la Tierra, la cual no permite que las ondas de alta frecuencia la atraviesen después de reflejarse en la superficie terrestre. Este efecto hace posible una temperatura en la que la vida puede desarrollarse. De no existir el efecto invernadero, la Tierra sería inhabitablemente fría (Margulis y Lovelock 1989). Sin embargo, la liberación continua de gases de efecto invernadero como el metano y el bióxido de carbono derivados de actividades humanas (entre las que se encuentran las agrícolas, las ganaderas y las industriales) ha llevado a que la temperatura vaya incrementando progresivamente. Muchos autores han predicho que el incremento de uno o dos grados centígrados en la temperatura promedio tendría fuertes efectos sobre el planeta, tales como un cambio en el régimen de lluvias o la reducción en el volumen de los glaciares, que a su vez ocasionaría un incremento en el nivel del mar y la pérdida de muchas especies cuyos rangos fisiológicos no les permitieran adaptarse a las nuevas condiciones. En caso de que las especies afectadas fueran justamente las especies clave (Holling 1992), o bien un grupo de especies redundantes (Holling 1992; Risser 1995; Folke *et al.* 1996), el efecto sobre la estructura de los ecosistemas podría ser de grandes alcances. En este sentido es fundamental recordar que el papel de las especies en el ensamblaje de las comunidades naturales y de los ecosistemas depende de muchos factores y es variable a lo largo del tiempo, lo cual incrementa y hace más impredecible el riesgo y su magnitud.

Según el Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) (2002), actualmente ya se observan cambios en el clima asociados con actividades antropogénicas, que afectan o pueden llegar a afectar a la biodiversidad. Algunos de ellos se enumeran a continuación:

- Cambio en las concentraciones de gases de efecto invernadero, en particular de bióxido de carbono y metano.
- Cambios en la temperatura de la superficie de la Tierra y en la precipitación.
- Probables incrementos de hasta 5–10% en la precipitación en las latitudes medias y altas del hemisferio Norte.
- Decremento de la superficie cubierta de nieve y de hielo pluvial y marino, así como de los glaciares.

- Incremento del nivel del mar.
- Episodios más frecuentes intensos y persistentes de fenómenos como las oscilaciones de *El Niño*.
- Probables cambios en fenómenos climáticos naturales, que tienen efectos catastróficos sobre las vidas y las actividades humanas.

Entre las respuestas a los cambios climáticos se encuentran los desfases de los ciclos fenológicos tanto de plantas como de animales, que pueden ser considerados como una adaptación si se ven especie por especie, pero que pueden representar un severo problema de disponibilidad de recursos para otras especies que estén asociadas a ellas y que no muestren estas variaciones temporales.

Una respuesta muy común a los cambios climáticos en el tiempo geológico es el desplazamiento espacial de las poblaciones; se espera que en el escenario actual también suceda. Sin embargo, en repetidas ocasiones las restricciones biogeográficas que resultan de la fragmentación y destrucción de los hábitats naturales representarán barreras geográficas y físicas para este tipo de procesos.

Se prevé que un tercer efecto del cambio climático sobre los diferentes niveles de complejidad ecológica sea el desequilibrio poblacional reiterado, con la consecuente presencia de plagas y enfermedades en los sistemas naturales, cuyos efectos pueden llegar a ser devastadores. Se cuenta con reportes para 143 especies que ya han mostrado cambios fenológicos y morfológicos, así como cambios en sus rangos de abundancia, coincidentes con lo previsto por los modelos de respuestas fisiológicas al cambio climático (Joachim 2006). Además, muchos de los comportamientos poblacionales representan un riesgo para la salud humana, pues conllevan una expansión en el rango de distribución y un incremento en el número de individuos transmisores de enfermedades, como es el caso de los mosquitos que son vectores del dengue y la malaria (Global Warming 2006).

Peters y Lovejoy (1992), entre otros, identifican al cambio climático como uno de los mayores riesgos que amenazan a la biodiversidad. La probabilidad de pérdida de biodiversidad a consecuencia del cambio climático en las diferentes regiones terrestres se muestra en la figura 1. La historia biológica cuenta con numerosos ejemplos que permiten reconocer diversos mecanismos de adaptación que han permitido a muchas especies sobrevivir en escenarios de cambios climáticos debidos a causas naturales; las respuestas incluyen desde modificaciones a

Se prevé que un efecto del cambio climático sobre los diferentes niveles de complejidad ecológica será el desequilibrio poblacional reiterado, con la consecuente presencia de plagas y enfermedades en los sistemas naturales.

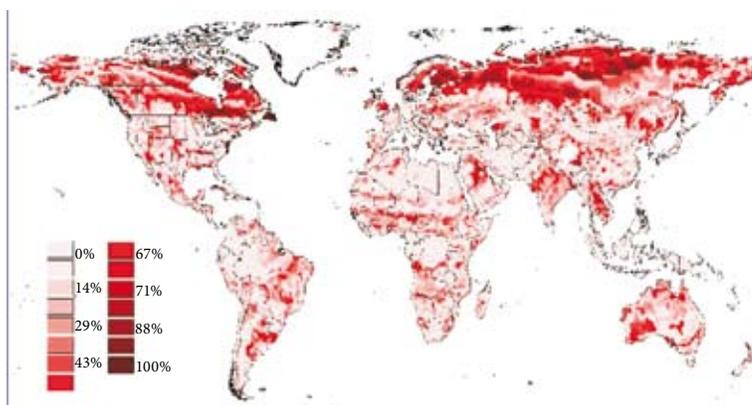
lo largo de varias generaciones en las tasas metabólicas hasta el cambio en los límites de distribución de las especies e incluso de los ecosistemas. También, como hemos mencionado, se cuenta con registros que permiten por un lado reconocer la extinción de algunas especies y por el otro identificar procesos de cambio tan drásticos que han llevado a una reestructuración de la vida en la Tierra, como la extinción de los grandes reptiles y el inicio del dominio de los mamíferos.

Sin embargo, como hemos dicho, la tasa de extinción de especies que presenciamos hoy en día no tiene antecedentes en la historia natural de la Tierra; además es resultado de procesos entre los que se establecen sinergias poco comprendidas. En particular, los efectos del cambio climático aumentan porque se dan sobre ecosistemas degradados, fragmentados, invadidos por especies exóticas o francamente destruidos. Así, tales cambios ocurren en un escenario altamente comprometedor para la biodiversidad a todo nivel (Noss 2001).

La importancia de las escalas temporales y espaciales en las que se pueden dar los efectos del cambio climático está estrechamente vinculada con los riesgos que tales efectos representan y también con las medidas de mitigación y adaptación que se pueden construir e implementar. Las especies y los sistemas ecológicos complejos (como las poblaciones, las comunidades y los ecosistemas) requieren de un cierto tiempo para que se produzcan los cambios que percibimos como adaptaciones. Si la intensidad de las fuerzas selectivas novedosas de-

Los efectos del cambio climático aumentan porque se dan sobre ecosistemas degradados, fragmentados, invadidos por especies exóticas o francamente destruidos.

FIGURA 1. TASAS PROBABLES DE PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD POR EL CAMBIO CLIMÁTICO



rivadas del cambio climático es demasiado grande, o se prolonga por demasiado tiempo, cabe la posibilidad de que su efecto no permita este margen y que, en vez de adaptaciones, se produzcan extinciones de especies individuales o de conjuntos de especies y, eventualmente, la desaparición de los otros niveles de complejidad, especialmente del ecosistémico.

Seguramente no habrá recetas universales y mágicas para enfrentar una situación de la magnitud del cambio climático ni para mitigar los efectos que resulten adversos a las sociedades humanas (así como no hay ni habrá respuestas homogéneas entre los sistemas naturales). Los ecosistemas boreales muestran actualmente evidencias palpables de los efectos del cambio climático (IPCC 2002), como el incremento en la temperatura promedio y la reducción en el volumen de los glaciares. Se espera que algunos ecosistemas forestales se vean más afectados que otros, tanto por su fragilidad biológica (arrecifes coralinos, bosques mesófilos, ecosistemas árticos) (IPCC 2002; CONABIO 2006) como por el prolongado manejo humano al que han estado sometidos (bosques de coníferas) (Noss 2002).

La respuesta de las especies al cambio climático depende en mucho de las características propias de cada una de ellas, sobre todo de su plasticidad adaptativa, pero puede verse limitada por el deterioro de los ecosistemas debido a otras causas. La fragmentación de los hábitats, por ejemplo, puede limitar la dispersión o migración de especies hacia ambientes que aún les son adecuados. Otra limitación puede derivar de una respuesta insuficiente de una especie a la cual, de una u otra forma, están ligadas otras, cuyo destino se ve así comprometido. En todo caso, dado que los cambios climáticos y sus efectos se dan a distintas escalas, anidadas entre sí, para poder encontrar medidas de mitigación deberán ser evaluados también en éstas.

... cabe la posibilidad de que en vez de adaptaciones se produzcan extinciones de especies individuales o de conjuntos de especies y, eventualmente, la desaparición del nivel ecosistémico.

## PARADIGMAS, GATOPARDOS Y REINAS ROJAS

*Hay que cambiar todo para que todo quede igual.*  
(di Lampedusa 1960)

El escenario planteado por el cambio climático no es por completo novedoso; no es la primera vez que se presenta a nivel planetario ni que afecta a una población humana. Una de las hipótesis del colapso de Teotihuacan parte de que hubo un cambio climático relativamente

moderado que llevó a la acidificación de la zona, en la que los ecosistemas circundantes estaban ya muy degradados por la sobreexplotación humana de los recursos (Ezcurra 1998). Sin embargo, el actual cambio climático no sólo está siendo inducido, o cuando menos acelerado, por las actividades humanas, sino que además se le está documentando conforme avanza. Es decir, se tiene información suficiente para percibirlo, para monitorearlo y para tomar las medidas necesarias –al menos algunas– que permitan mitigar sus efectos. En el caso de la biodiversidad, las herramientas para prevenir los riesgos que ésta enfrenta (y que se originan de forma importante pero no única en el cambio climático) provienen al menos parcialmente de la ecología científica.

Nuestra percepción común de los diferentes niveles de complejidad nos hace creer que las poblaciones, las comunidades y, sobre todo, los ecosistemas, son estables y que se encuentran en un estado estático de equilibrio hacia el cual tienden procesos naturales como la sucesión y la regeneración. En buena medida, esta idea deriva de nuestra percepción paisajística, pues cuando contemplamos un bosque no vemos de forma inmediata los procesos que subyacen a la aparente estabilidad. De hecho, la primera noción de *equilibrio ecológico* –el paradigma clásico– fue determinista y concibió un solo punto de equilibrio posible para los ecosistemas y las comunidades que los conforman. La sucesión, i.e. el proceso natural de sustitución de unas especies por otras durante la colonización primaria o secundaria de un espacio físico, se concibió deterministamente como un proceso que tenía un solo fin, correspondiente justamente al punto de equilibrio.

Los estudios de Pimm (1984), entre otros, han sugerido que lo que reconocemos como puntos o estados de equilibrio están determinados por procesos demográficos y sinecológicos muy dinámicos. Los sistemas naturales pueden estar regidos por fuerzas estocásticas y también pueden presentar diferentes puntos de estabilidad conocidos como estados estables alternativos (Temperton y Hobbes 2004). Por ello, es posible decir que están regidos por un proceso parecido a la máxima de *El Gatopardo*, aquel personaje creado por el conde de Lampedusa que dijo que hay que cambiar todo para que todo quede igual. Es casi inevitable el símil entre la dinámica de los ecosistemas y la actitud de la Reina Roja de *Alicia en el país de las maravillas*, quien corre a todos lados para quedarse en el mismo sitio. La tabla 1 muestra las principales diferencias entre la concepción de los paradigmas clásico y contemporáneo del equilibrio ecológico.

Es casi inevitable el símil entre la dinámica de los ecosistemas y la actitud de la Reina Roja de *Alicia en el país de las maravillas*, quien corre a todos lados para quedarse en el mismo sitio.

TABLA 1. COMPARACIÓN DE LOS POSTULADOS DE LOS PARADIGMAS CLÁSICO Y CONTEMPORÁNEO DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO

Clásico	Contemporáneo
Un solo estado estable	Más de un estado estable
Sistemas cerrados	Sistemas abiertos, sujetos a cambios naturales o antropogénicos
Equilibrio de la naturaleza	Flujo de la naturaleza
Toda unidad es conservable	Los procesos son la unidad de conservación
Conservación sin humanos	Conservación con humanos

La percepción del paradigma contemporáneo del equilibrio encierra una gran cantidad de posibilidades en el diseño de medidas de protección y conservación de la biodiversidad, en particular a nivel ecosistémico. El margen de variación que una estabilidad dinámica y no estática proporciona a los ecosistemas puede representar una herramienta extremadamente útil para su evaluación y manejo si se le vincula a la magnitud de los cambios previstos por los escenarios desarrollados por los especialistas, y debería al mismo tiempo ayudar a redefinir los planes de manejo y las estrategias de uso de los recursos de acuerdo a los márgenes que los propios ecosistemas marcan. Un enfoque así es necesario (aunque no suficiente) si se quieren definir estrategias de sustentabilidad que incluyan a la conservación de la biodiversidad, en sus tres niveles, ante los diferentes escenarios abiertos por el cambio climático (Folke y col. 1996).

Un segundo grupo de procesos biológicos que pueden servir como base para encontrar medidas de prevención, mitigación y adaptación a los grandes cambios incluyen a la resistencia y a la resiliencia, esquematizadas en la figura 2. La primera se refiere a la intensidad de las fuerzas de cambio que son necesarias para alterar el estado en el que se encuentra un ecosistema, mientras que la segunda se refiere a la posibilidad de que vuelva al estadio original.

La resiliencia puede permitir un paso directo “de regreso”, por así decirlo, al estado original, o bien hacerlo a través de algún tipo de

FIGURA 2. CUANDO SE REBASA LA RESISTENCIA DE UN SISTEMA ECOLÓGICO (1) POR MEDIO DE UN DISTURBIO, LA PERTURBACIÓN RESULTANTE PUEDE LLEVAR A LA MODIFICACIÓN DEL SISTEMA ORIGINAL (2), A LA PÉRDIDA DEL SISTEMA, O, DEBIDO A SU RESILIENCIA, PUEDE REGRESAR DIRECTA O INDIRECTAMENTE (3) AL ESTADO INICIAL, O DIRIGIRLO A UN ESTADO ALTERNATIVO NO EQUIVALENTE AL INICIAL (4)



estadio intermedio. Cuando la resiliencia del sistema no es suficiente en relación a la intensidad, se llega a un estadio diferente, que implica la pérdida del sistema original. La resiliencia es, pues, una fuerza amortiguadora de la perturbación (Folke y col. 1996). El concepto de resiliencia se origina en la ecología más académica (Holling 1973), ocupada del estudio de los procesos de los ecosistemas, pero posteriormente se adopta en una visión que incorpora a las actividades humanas dentro de los procesos ecosistémicos e incluso en los ámbitos sociales (Gunderson y Folke 2005). La concepción misma de la resiliencia está estrechamente vinculada con la visión de equilibrio (paradigma clásico/paradigma contemporáneo). Cuando la visión predominante del equilibrio es la clásica, la resiliencia puede definirse como la capacidad de recuperar el equilibrio después de una perturbación, mientras que si se conciben diferentes dominios estables, i.e., diferentes puntos de equilibrio para un solo sistema, la resiliencia se define como la magnitud de cambio que puede absorber un sistema antes de redefinir su estructura y encontrar un nuevo punto de equilibrio (Gunderson y Folke 2005).

La resiliencia puede y debe ser un elemento fundamental de la eva-

La resiliencia se define como la magnitud de cambio que puede absorber un sistema antes de redefinir su estructura y encontrar un nuevo punto de equilibrio.

luación y el manejo adaptativo de los ecosistemas ante el escenario de cambio global, y para ello es necesario la identificación y el adecuado manejo de los componentes de las diferentes partes en juego. Es necesario insistir en que entre los componentes biológicos se encuentra la biodiversidad, cuya pérdida implica siempre una disminución de la resiliencia (Folke y col. 1996), pues la aparente redundancia de las especies en términos de los diferentes papeles que juegan en los ecosistemas garantiza que estas funciones se cumplan aún ante condiciones desfavorables para una o varias de las especies involucradas. Tal es la *biodiversidad funcional* que mencionamos hace unos párrafos; desde esta óptica la biodiversidad resulta una garantía para el mantenimiento de la resiliencia, que a su vez garantiza la persistencia de los ecosistemas de cuyos servicios dependen las sociedades humanas (Collins y Benning 1996; Folke y col. 1996).

#### ¿POR QUÉ LA BIODIVERSIDAD NO ESTÁ EN TODAS LAS AGENDAS?

*No importa qué tan de vanguardia sean nuestras ciencias y tecnologías, ni que tan avanzada sea nuestra cultura y sofisticados nuestros auxiliares robóticos, Homo sapiens seguirá siendo, en 2100, una especie relativamente inalterada en sentido biológico. En ello yace nuestra fortaleza y nuestra debilidad.* (Wilson 2001)

Las campañas de conservación de la biodiversidad, así como muchas medidas legislativas (vgr., el *Endangered Species Act* que regula la protección de especies en peligro en Estados Unidos), con frecuencia se centran en la diversidad específica. Hay especies emblemáticas que “tocan el corazón” de una parte –generalmente pequeña– de la sociedad, como los pandas, las tortugas marinas y las ballenas. Para ellas ha habido algunas campañas mercadotécnicas y de educación ambiental que han permitido la puesta en marcha de programas exitosos de recuperación de especies en peligro y de protección para sus poblaciones. Sin embargo, son pocas las especies que gozan del poder de seducir a grupos sociales o a ciudadanos en general. Hay una carga moral que asigna valores sociales a procesos naturales que no pueden ser denominados “buenos” ni “malos”, y esto se extiende a las especies. Siempre será más fácil promover la conservación de las mariposas que de los escarabajos o los gusanos, con lo que sólo resulta obvia la

Siempre será más fácil promover la conservación de las mariposas que de los escarabajos o los gusanos, con lo que sólo resulta obvia la necesidad de implementar campañas educativas que pongan énfasis en que la biodiversidad es la expresión de complejos procesos de los cuales es resultado y parte fundamental.

¿Por qué la  
biodiversidad  
no está en todas  
las agendas?

Los procesos  
ecológicos  
involucrados  
en la pérdida de  
la biodiversidad  
son complejos y  
poco conocidos  
inclusive por  
los expertos;  
por su parte,  
los tomadores  
de decisiones  
y el público  
en general  
tienen poco acceso  
a la información  
especializada.

necesidad de implementar campañas educativas que pongan énfasis en que la biodiversidad es la expresión de complejos procesos de los cuales es resultado y parte fundamental.

En algunos casos, la recuperación de las poblaciones ha tenido buenos resultados a través de la participación de todos los involucrados; pero en otros, los esfuerzos han sido vanos ya sea por falta de conocimiento sobre la ecología de las especies y de sus procesos críticos, o por dificultades de muy diversa índole, entre las que se encuentra la falta de participación de sectores sociales que son clave para llevar a buen puerto las políticas específicas. Los responsables de las políticas públicas con frecuencia no alcanzan a hacer lo suficiente para conservar la biodiversidad; al parecer se enfrentan a problemas más urgentes y a una agenda ambiental de perfil relativamente bajo; o bien simple y sencillamente carecen de los recursos económicos y humanos así como de la infraestructura necesaria para lograr esa conservación. Adicionalmente, los procesos ecológicos involucrados en la pérdida de la biodiversidad son complejos y poco conocidos, inclusive los expertos; por su parte, los tomadores de decisiones y el público en general tienen poco acceso a la información especializada.

Quizá una de las causas más profundas de la falta de resultados suficientes por parte del sector público en todo el mundo es que aún no se logra que los temas ambientales, como la biodiversidad y el cambio climático, sean parte de una agenda transversal de gobierno, i.e., que estén incorporados en las decisiones educativas, de salud pública y económicas, entre otras. Aunque es difícil, y en muchos sentidos incluso inaceptable, ponerle precio a los servicios ambientales que posibilitan y sostienen la existencia humana, hay que reconocer que, en un mundo que se rige en términos de *ganancias*, el que no se reconozca un valor económico a la biodiversidad en general ni a la mayoría de las especies silvestres es una desventaja para la protección y conservación de éstas.

Al no poder contabilizarse como productora de riquezas económicas, la conservación de la biodiversidad y de los procesos ecológicos que ésta define, así como de los servicios que presta a las sociedades humanas, se ven muy comprometidos; eso lo demuestra el reconocido decremento del número de especies y la dificultad para detenerlo a pesar de la gran cantidad de esfuerzos internacionales, globales y locales emprendidos por sectores académicos, gubernamentales y sociales. Sin embargo, hoy día es imposible no incluir a la pérdida

de biodiversidad como uno de los grandes pendientes que debemos resolver en aras de la sobrevivencia de nuestras sociedades e incluso de nuestra propia especie.

Son muchas las medidas que habría que tomar concertadamente. Una de ellas, que resulta tentadora en muchos ámbitos, es la generación de un cuerpo de leyes suficientemente versátil y a la vez firme, que penalice las acciones que atenten directa o indirectamente contra la biodiversidad. Así, por ejemplo, quienes por sus actividades liberen una cierta cantidad de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático, tendrían que enfrentar algunas consecuencias legales de la misma manera que ya sucede con quienes trafican con especies en peligro de extinción que cuentan con protección legal. Esto no es una novedad, pero las iniciativas que se han tomado al respecto aún distan mucho de ser realmente funcionales. En algunos casos, las leyes de este tipo han tenido resultados contradictorios y opuestos a aquello para lo que fueron diseñadas. Orians (1995) augura, con justa razón, un éxito limitado a las legislaciones que no disparen respuestas sociales de largo plazo que se traduzcan en un cambio de conducta de los diferentes grupos ante cada una de las especies y ante el conjunto de especies como un todo. Otra de las ideas recurrentes, muy acorde con el peso relativo que tiene el dinero en nuestros días, se relaciona con el precio que se puede atribuir a las especies, a los ecosistemas y a los servicios ambientales. Probablemente la diversidad genética será pronto valorada de la misma manera. Sin embargo, los procesos ecológicos y los elementos que los determinan, como la biodiversidad, no se negocian en los mercados, por lo que es necesario continuar buscando instrumentos económicos con la versatilidad y la precisión suficientes como para no generar incentivos perversos y realmente contribuir a la conservación de la naturaleza.

La noción que de la biodiversidad tienen las diferentes sociedades y las partes que las componen es muy variada y probablemente sea poco específica. La mezcla de términos, la falta de conocimiento científico sobre la interacción de la biodiversidad con los diferentes procesos que se dan a distintas escalas, y la insuficiencia de las campañas educativas como motores de cambio de las costumbres de las sociedades plantean un problema real para el diseño y la implementación de medidas de protección de la biodiversidad. Sin embargo, en el escenario de extinciones masivas y precipitadas que tiene como marco de referencia el cambio climático, las medidas de mitigación y de adaptación tendrán que tomar necesariamente en cuenta el papel que juegan las especies

## *Cambio global y biodiversidad*

En algunos casos, las leyes han tenido resultados contradictorios y opuestos a aquello para lo que fueron diseñadas. Es necesario continuar buscando instrumentos económicos con la versatilidad y la precisión suficientes como para no generar incentivos perversos y realmente contribuir a la conservación de la naturaleza.

*¿Por qué la  
biodiversidad  
no está en todas  
las agendas?*

una por una, así como el que juegan los conjuntos de especies en los procesos naturales. Por ello, las campañas educativas tendientes a que todo mundo tenga acceso a estos conceptos y a modificar hábitos y costumbres son una necesidad impostergable.

Probablemente sean muchas las cosas que cada persona pueda hacer, individualmente, para cuidar la biodiversidad; pero es evidente que por el momento la acción personal no está siendo suficiente. El cuidado de la biodiversidad no se refiere, por ejemplo, a la posesión de una mascota; se refiere mucho más al adecuado manejo de procesos y hábitats, y a ello cualquier ciudadano puede contribuir sin demasiado esfuerzo, por ejemplo no designando a las especies como “buenas” o “lindas” por su aspecto seductor; entendiendo que aún las que pudieran resultar repelentes o aterradoras para muchas personas juegan un papel ecológico relevante, y, finalmente, confiando en esta verdad aún cuando por el momento no se tenga suficiente conocimiento para definirla con precisión. Las personas contribuimos frecuentemente de manera involuntaria a la fragmentación de los hábitats naturales al adquirir casas edificadas en zonas cuya urbanización se hace a costa de áreas naturales o al usar mal el agua y agotarla, privando de ella no sólo a nuestra especie sino también a otras; otro ejemplo es evitar la adquisición de especies animales y vegetales cuyo origen no es claro y cuyos permisos de colecta no son exhibidos permanentemente. La conservación de un recurso global como la biodiversidad requiere de medidas de esta dimensión, pero también de múltiples acciones locales que tienen repercusiones a todos los niveles.

Como sociedad, necesitamos contribuir para detener la tasa de pérdida de biodiversidad y la concomitante pérdida de la integridad de los ecosistemas. Un poder que se ha desaprovechado mucho para la conservación de la naturaleza es el de los consumidores. Si cada persona cambia sus hábitos de consumo ajustándolos a medidas que protejan a las especies y a los ecosistemas, así como a los procesos ecosistémicos, se pueden lograr resultados si no suficientes al menos sí muy importantes. Las medidas de protección para las tortugas marinas serían mucho más exitosas si se lograra realmente que nadie comprara sus huevos: sin compradores no hay quien infrinja las leyes para venderlos. Los consumidores tenemos una gran capacidad para fijar las reglas de los productos que esperamos en el mercado, pero rara vez la aprovechamos.

La educación es una herramienta fundamental para lograr la expresión de los intereses de los consumidores. Una gran contribución a la conservación de la biodiversidad ante el cambio climático o ante

cualquier otra fuerza antropogénica que la ponga en peligro es la difusión del papel que los conjuntos de especies juegan en los ecosistemas. Muchas personas no conocen el valor de la biodiversidad, aún a pesar de que hace cerca de 20 años que las campañas de educación ambiental se reproducen por todas partes. El papel que cada uno de los elementos de un ecosistema juega es con frecuencia oscuro incluso entre los especialistas, pero lo que ya no es cuestionable es que requerimos de las propiedades del conjunto de especies para poder mantener a los ecosistemas en un estado funcional que garantice los servicios ambientales de los cuales depende la vida humana misma. Sin duda, la entrada de poderosas y sobre todo novedosas fuerzas de selección como las que acompañan al cambio climático nos dará muchas sorpresas, y la información robusta, veraz y al alcance de todos es una de las herramientas con las que debemos estar preparados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Hughton Mifflin, EE.UU.
- Collins, S.L. y T. L Benning. 1996. Spatial and temporal patterns of functional diversity. En: K. Gaston (ed.). *Biodiversity. A biology of numbers and difference*. Blackwell Science, Oxford. Pp. 253-282.
- Constanza, R. y H.E. Daly. 1992. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology* 1(6): 37-46.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2006. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx>.
- Convención de Diversidad Biológica. 2003. Climate Change and Biodiversity. Disponible en: <http://biodiv.org/programmes/cross-cutting/climate/interlinkages>
- di Lampedusa, G.T. 1960. *El Gatopardo*. Noguer, España.
- Ericsson, J. En prensa. Técnicas de monitoreo para el manejo de especies invasoras En I. Pisanty y M. Caso (comps.) *Especies, espacios y riesgo. Monitoreo para la conservación de la biodiversidad*. INE, CCA y Unidos para la Conservación, México.
- Erwin, T. L. 1996. Biodiversity at its utmost: Tropical forest beetles. En: M. L. Reaka-Kudla, D. E. Wilson y E. O. Wilson (eds.). *Biodiversity II. Understanding and protecting our biological resources*. Joseph Henry Press, Washington. Pp 27-40.
- Ezcurra, E. 1998. *De las chinampas a la megalópolis. El medio ambiente en la Cuenca de México*. Fondo de Cultura Económica, México.

## Bibliografía

- Folke, C., C.S. Holling y C. Perrings. 1996. Biological diversity, ecosystems and the human scale. *Ecological Applications* 6(4):1018-1024.
- Global warming: early warnings. 2006. Disponible en: [www.climatehotmaps.org](http://www.climatehotmaps.org).
- Gunderson, L. 1999. Resilience, flexibility and adaptive management – antidotes for spurious certitude. *Conservation Ecology* 3(1): 7.
- Gunderson, L. y C. Folke. 2005. Resilience – Now more than ever. *Ecology and society* 10(2): 22.
- Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1-23.
- Holling, C. S. 1992. Cross-scale morphology, geometry and dynamics of ecosystems. *Ecological Monographs* 62: 447-507
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2002. *Climate Change and Biodiversity*. Technical Paper.
- Joachim, H. (ed.): 2006. *Avoiding Dangerous Climate Change*. 2005. Cambridge University Press.
- Margulis, L. y T. Lovelock. 1989. Gaia and Geognosy. En: M. B. Rambler, L. Margulis y L. Fester (eds.). *Global Ecology. Towards a science of the biosphere*. Academic Press, EE.UU.
- McGurran, A. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, EE.UU.
- Myers, N. 1991. Biological diversity and global security. En: H. Bormann y S. Kellert (eds.). *Ecology, economics, ethics. The Broken Circle*. Yale University Press, Londres. pp. 11-25.
- Myers, N. 1996. Environmental services of biodiversity. *Procedures National Academy of Sciences* 93: 2764-2769.
- Noss, R.F. 2001. Beyond Kyoto: Forest Management in a Time of Rapid Climate Change. *Conservation Biology* 15(3): 578-590.
- Orians, G. 1995. Economic growth, the environment, and ethics. *Ecological applications* 6(1): 26-27.
- Paine, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. *American Naturalist* 100: 65-75.
- Peters, R.L. y T. E. Lovejoy (eds.). 1992. *Global warming and biological diversity*. Yale University Press, EE.UU.
- Pimm, S. L. 1984 The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307: 321-326.
- Redford, K. y B.D. Richter. 1999. Conservation Biology in a World of Use. *Conservation Biology* 13 (6): 1246-1256.
- Risser, P. 1995. Biodiversity and Ecosystem Function. *Conservation Biology* 9(4): 742-746.

- Temperton, V. y R. J. Hobbes. 2004. The search of ecological assembly rules and its relevance to restoration ecology. En: V. Temperton, R.J. Hobbs, T. Nuttle y S. Halle (eds.). *Assembly rules and restoration ecology*. Island Press, EE.UU. Pp. 34-54.
- Wilson, W. 1993. Biodiversity, prosperity, and value. En H. Bormann y S. Kellert (eds.). *Ecology, economics, ethics. The Broken Circle*. Yale University Press, Londres. Pp. 3-10.
- Wilson, E. 2001. *The Future of Life*. Knopf. Random House, EE.UU.

*Cambio  
global y  
biodiversidad*



# LA PERCEPCIÓN SOBRE LA CONSERVACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL

*Irma Rosas Pérez,\* Gabriela Carranza Ortiz,\*  
Yolanda Nava Cruz\* y Alfonso Larqué Saavedra\*\**

## INTRODUCCIÓN

No nos es fácil a los seres humanos percibir que formamos parte del planeta Tierra. Tampoco llegamos a entender con claridad cómo es posible que sostenga a más de 6,500 millones de habitantes de nuestra especie. Con el mismo asombro surge la pregunta de cómo han llegado África y Asia a contener al 70% de la población mundial, con más de 915 millones y más de 3 000 millones y medio de habitantes, respectivamente. Economistas y sociólogos sugieren que esta explosión demográfica se debe en parte al desarrollo agrícola que inició hace 10,000 o 12,000 años y a la urbanización de hace 6 000 años, procesos que ejercieron presión sobre el cambio de uso de suelo con pérdida de extensas áreas de cobertura vegetal y hábitat de muchas especies.

Los medios de comunicación y transporte permitieron el comercio extensivo; las materias primas de las industrias se universalizaron y consecuentemente los residuos de las diferentes actividades antropogénicas aparecieron finalmente en los sistemas acuáticos y en la

\* Programa Universitario del Medio Ambiente, UNAM.

\*\* Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Residuos de las diferentes actividades antropogénicas aparecieron en los sistemas acuáticos y en la atmósfera, distribuyéndose y afectando a los organismos, incluyendo al hombre, sin reconocer fronteras geográficas.

atmósfera, distribuyéndose y afectando a los organismos, incluyendo al hombre, sin reconocer fronteras geográficas.

Es por ello que en este mundo globalizado estamos padeciendo, (seamos habitantes de países desarrollados o en vías de desarrollo) los estragos del cambio climático, el adelgazamiento de la capa de ozono y la contaminación de alimentos por sustancias persistentes, acumulables y mutagénicas como el DDT y las dioxinas.

Es importante conocer esta información para poder ubicarnos como parte de un todo y percibir el riesgo que implica cada una de nuestras acciones pensando que éste se multiplicará por todos aquellos que piensen de manera individualista. Los usos y costumbres necesariamente deben analizarse en este entorno presionado y cambiante.

Es difícil percibir a los sistemas urbanos como ecosistemas; sin embargo lo son, aunque su capacidad de sostén se multiplique por la tecnificación, la energía no fluya eficientemente en los procesos de producción-consumo, y los procesos de auto depuración se vean rebasados. Asimismo, al modificarse el uso de suelo se modifican el ciclo del detritus y el ciclo hidrológico, lo cual, en conjunto, afecta al planeta.

Un aspecto importante que ha venido a cambiar nuestro entorno es la explotación y la deforestación de los bosques, teniendo serias repercusiones en el clima, la calidad de la atmósfera, el ciclo hidrológico y los sistemas acuáticos, que se azolvan por la erosión del suelo de sus alrededores.

Es por ello que continuamente pensamos en cómo lograr un equilibrio entre la conservación, el suelo agrícola y la urbanización; surge así la idea de contar con un marco legal que cambie la voluntad por la obligación en un esquema de ordenamiento territorial, que garantice una calidad de vida, que haga necesaria la protección del ambiente y favorezca el desarrollo económico y social de los países.

En este breve texto se aborda un gran tema: el valor que tienen los organismos dado el papel que juegan por su habilidad de tomar la energía radiante y transformarla en enlaces químicos a través del proceso de la fotosíntesis. Un esquema que aprendimos con gran sencillez es aquél en donde los vegetales toman el  $\text{CO}_2$  y lo transforman en azúcares liberando oxígeno. Por este increíble proceso, principalmente los árboles han recibido el nombre de pulmones de las ciudades, título que confunde a la población ya que los pulmones realizan exactamente el proceso contrario; sin embargo, algo que sí comparten es que ambos son generadores y sumideros de gases y podrían considerarse

complementarios. Por ello debemos considerar a los vegetales como filtros urbanos muy eficientes.

El objetivo de este trabajo es proporcionar información relevante sobre la necesidad de la conservación, la restauración ecológica y la explotación racional de los bosques y selvas; trataremos diversos temas en donde se mezclará la información técnica con la científica, con la idea de llevarnos a la reflexión, al compromiso y a la acción.

*Percepción  
sobre  
la cobertura  
vegetal*

#### LA PÉRDIDA DE CAPITAL NATURAL Y LA EROSIÓN DE SUELO COMO PROBLEMAS CENTRALES DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA EN LOS ECOSISTEMAS NATURALES

A lo largo del desarrollo de las distintas sociedades, el hombre ha mantenido una constante interacción con la naturaleza para satisfacer el conjunto de sus necesidades básicas y creadas (alimento, abrigo y casa, entre otras). El impacto que el hombre ha tenido sobre su ambiente ha sido tal que actualmente se pone en duda si aún existe algún ecosistema natural exento de alteraciones (mayores o menores) ocasionadas por la actividad antropogénica.

Se pone en duda si aún existe algún ecosistema natural exento de alteraciones ocasionadas por la actividad antropogénica.

La expansión de la frontera agrícola, la tala inmoderada de árboles, la inercia del desarrollo y la suma de las diversas actividades humanas han sido las causas de la deforestación de más de 120,000 km<sup>2</sup> anuales en las dos últimas décadas; en contraste, sólo se ha recuperado una décima parte de esta superficie por regeneración natural y labores de reforestación (FAO 2000).

En cuestión de diversidad, México reúne una elevada proporción de la flora y la fauna del mundo, ya que concentra entre el 10 y el 15% de las especies terrestres, ocupando el primer lugar mundial en cuanto al número de especies de reptiles (717), el cuarto lugar en anfibios (295), el segundo lugar en mamíferos (500), el decimoprimer en aves (1,150), y posiblemente el cuarto lugar en angiospermas (plantas con flor). Todo esto lo sitúa como uno de los doce países megadiversos (CONABIO 2006).

La pérdida de la cobertura vegetal es uno de los eventos mas impactantes a nivel global, pues no solo altera el ciclo hidrológico sino que produce serios problemas de erosión, salinización, pérdida de productividad primaria y disminución de la capacidad de infiltración de agua para la recarga de acuíferos. Aunados al impacto negativo que estos cambios generan, la pérdida de recursos y de fertilidad de los suelos así como la merma en la productividad de los ecosistemas

conducen a la espiral de pobreza–degradación ambiental. Por un lado, la carencia de medios económicos conduce a los dueños de los recursos a seguir impactando los ecosistemas naturales, y por otro les impide capitalizarse para mejorar sus sistemas productivos actuales fortaleciendo así el proceso de desertificación.

Estudios realizados en los últimos 25 años proponen una relación estrecha entre la deforestación y el crecimiento demográfico (Cincotta, Wisniewski y Engelman 2000). Sin embargo, se ha argumentado también que aún en áreas con poca población local (como algunas partes de la amazonía en Brasil) se experimentan altas tasas de deforestación e impacto del ecosistema (Pfaff 1999). Se afirma igualmente que el desarrollo tecnológico ha favorecido que el impacto en el entorno inmediato de las poblaciones humanas rebase el nivel local y regional y alcance la escala global.

Autores como Paul y Anne Ehrlich (1990) indican que en la actualidad la transformación de los ecosistemas naturales ha llegado al punto de poner en riesgo la capacidad de éstos para auto–regenerarse y de atentar contra la capacidad misma del planeta para sostener en condiciones propicias el desarrollo de las sociedades. Algunas de las modificaciones drásticas incluyen disminución de la biodiversidad, extinción de especies de animales y vegetales, pérdida y fragmentación de hábitat, cambios en las concentraciones de gases en la atmósfera, modificación en el uso del suelo y erosión. Estos fenómenos componen el proceso conocido como cambio ambiental global.

La conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, en especial del suelo, nos conduce a una compleja situación más allá del mero ámbito ecológico. Así, el deterioro de la tierra conocido como *desertificación* es quizá el problema ambiental más grave en la actualidad. Involucra una disminución radical de la sostenibilidad de los recursos naturales ocasionada por su mal uso y manejo, lo que genera graves alteraciones del soporte físico, económico y social de las poblaciones. La degradación del suelo se deja ver con claridad como la gran amenaza sobre la capacidad futura del hombre para abastecerse de alimentos, la estabilidad de las áreas verdes, la biodiversidad y, en general, sobre el capital natural.

De acuerdo con la FAO (2000), anualmente dejan de ser productivas de seis a siete millones de hectáreas en el mundo; en un escenario pesimista, a este ritmo en menos de 200 años habremos agotado las tierras productivas del planeta. En México, por ejemplo, la erosión

Algunos estudios proponen una relación estrecha entre la deforestación y el crecimiento demográfico. Sin embargo, se ha argumentado también que aún en áreas con poca población local se experimentan altas tasas de deforestación e impacto del ecosistema.

hídrica afecta alrededor del 80% del territorio nacional, expresándose en mayor o menor grado en todas las regiones del país.

Se ha argumentado que la base de la producción primaria la integran el agua y el suelo, los cuales constituyen la interfase para el establecimiento de la vegetación y el sostenimiento de la biota. En el caso particular de nuestro país, los bosques y selvas han sido un importante reservorio de la vasta riqueza biológica y genética y un banco de bienes y servicios, a los cuales estamos poniendo en riesgo debido al acelerado proceso de destrucción. Éste es producto, en gran parte, de la ejecución de políticas erróneas. Ante tal situación es cada vez más urgente que la utilización de los recursos naturales se dé en el marco de un aprovechamiento racional y sostenible, aunque las expectativas en este sentido son poco promisorias en países como México.

En consecuencia, si el sistema de soporte de vida en el planeta está vinculado al funcionamiento adecuado de los ecosistemas naturales, cabe reflexionar acerca de la necesidad de frenar lo antes posible la ejecución de prácticas que promueven los procesos de deterioro ambiental, a la par de diseñar e implementar proyectos de restauración de las zonas altamente perturbadas. En este contexto, la propuesta utópica del balance entre ecología, economía y sociedad descrita en el marco teórico del desarrollo sustentable resulta un ideal al cual habría que tender.

Puesto que la situación actual de la administración y el uso de los recursos naturales hace a nuestro país propenso a la desertificación; y como sus causas son principalmente inducidas por actividades antropogénicas, es evidente que la educación, concientización y capacitación son herramientas fundamentales en el combate al problema.

#### EMISIONES BIOGÉNICAS Y QUÍMICA ATMOSFÉRICA

En la evolución del planeta Tierra la aparición de los organismos autótrofos -aquellos que realizan la fotosíntesis-, y por ende del oxígeno, ha permitido la gran biodiversidad que en nuestros días admiramos. A través de la evolución los autótrofos han desarrollado diversas estrategias, convirtiéndose en los generadores de  $O_2$  y en sumideros o fijadores de  $CO_2$ , asociados a diversos procesos atmosféricos esenciales para el desarrollo de los organismos, incluyendo al hombre.

El oxígeno en la atmósfera permite el desarrollo de la respiración aerobia, un proceso energético esencial para diversos organismos.

Todo ello ha contribuido de manera regional y global a la regulación de procesos fisicoquímicos. Sin embargo, a pesar del papel tan importante de los autótrofos, hemos destruido sus hábitats o los hemos erradicado, considerando que el beneficio que recibe el hombre es su explotación y no la regulación de la temperatura y la generación de  $O_2$ .

Un aspecto que recientemente se está investigando es que los vegetales no sólo desprenden oxígeno a la atmósfera sino que como parte de su metabolismo secundario emiten compuestos volátiles orgánicos (CVO) como los isoprenos, terpenos, aldehídos, alcoholes y acetonas, los cuales reaccionan en la atmósfera generando ozono,  $NO_x$ , así como especies reactivas de oxígeno (ROS), acetonas, aldehídos y alcoholes, que reaccionan con los radicales OH, haciendo que se pierden estos elementos de gran importancia por su poder limpiador en la atmósfera (Steinbrecher 1997).

#### HIDROCARBUROS BIOGÉNICOS

Estos hidrocarburos se han conservado evolutivamente al intervenir en la regulación de la temperatura de la planta, en su comunicación y en su defensa contra patógenos, entre otras funciones. Su síntesis se realiza en parte en el cloroplasto como producto del metabolismo secundario. Se ha reportado que la emisión de hidrocarburos biogénicos es una válvula de seguridad para evitar que el fósforo se mantenga secuestrado. Asimismo, se considera que su emisión depende más de las características fisicoquímicas del compuesto que emite que del mecanismo fisiológico o de una tasa de síntesis. Lo que se reconoce es que la selección natural ha obtenido una ventaja en la volatilidad de estos compuestos (Peñuelas y Lluvia 2004).

Todo esto, visto en un ecosistema, parece una “estrategia metabólica”, pero la cercanía de las ciudades a los bosques o la reforestación en las grandes urbes ha traído un enfoque diferente, pues la contaminación atmosférica urbana se mezcla con las emisiones de ciertas plantas generando esmog fotoquímico que provoca graves daños fisiológicos y estructurales a los vegetales haciéndolos perder su gran capacidad como generadores y sumideros de gases.

La información aquí presentada lleva a hacer consideraciones sobre la selección de especies para la reforestación, ya que un error en ese sentido podría generar más daños que beneficios al ambiente. La tecnología para tal selección ya se está desarrollando en nuestro país

(Domínguez-Taylor, Rosas-Pérez, Hernández-Solís, Steimbrecher y Ruiz-Suárez 2005).

Por otro lado es importante considerar el impacto asociado al crecimiento de la mancha urbana, poniendo en contacto a los bosques con diversos oxidantes, cuyo organelo blanco es el cloroplasto, estructura esencial para la fotosíntesis. Anteriormente, en el inventario de emisiones, el modelado de esmog fotoquímico se realizaba considerando las emisiones de precursores de ozono de fuentes fijas y móviles; actualmente, gracias a la información con que se cuenta, se incluyen también las emisiones de precursores de ozono biogénicas.

Es un hecho que las emisiones biogénicas incluidas en modelos de la Zona Metropolitana del Valle de México se habían obtenido de listados de especies vegetales que se desarrollan en latitudes medias, resultando interesante comparar esta información con los datos obtenidos para la Ciudad de México. Las emisiones reportadas para especies arbóreas mexicanas mostraron patrones estacionales y fenológicos importantes.

#### COBERTURA VEGETAL Y CLIMA

La presencia de las plantas en cualquier región del mundo es clave para el ciclo hidrológico en aspectos como almacenamiento de agua, liberación durante la evapotranspiración y condensación del punto de rocío, así como en el balance de radiación y energético y en la dinámica de los vientos. Todos estos elementos en interacción contribuyen al clima de una región. Sin embargo, este complicado y frágil esquema que se da en la naturaleza ha sido afectado por el hombre al modificar el uso de suelo por el desarrollo de grandes ciudades.

Se pronostica para el año 2025 la mayor parte de la población vivirá en zonas urbanas, el 90% de ellas localizadas en los trópicos (UNEP World Bank 1996). Actualmente las grandes ciudades enfrentan problemas de contaminación, inundaciones, ondas de calor, heladas y régimen de tormentas de las áreas periféricas, entre otros. Los cambios no se reducen en absoluto al conocido “efecto de isla de calor”, aunque se trate del fenómeno más relevante y espectacular, sino que incluyen la nubosidad y la radiación, entre otros (Jáuregui 1993).

Los climatólogos urbanos apuntan que el origen de este problema está asociado con la desintegración del complejo suelo-planta-atmósfera, lo que determina el movimiento del agua en sus dos fases: líquida

*Percepción  
sobre  
la cobertura  
vegetal*

De acuerdo con la FAO, anualmente dejan de ser productivas de seis a siete millones de hectáreas en el mundo.

y gaseosa. El agua al llegar al suelo se moverá tanto vertical como horizontalmente, de acuerdo con las características fisicoquímicas del mismo; verticalmente alcanzará la zona enraizada con lo cual proveerá a las plantas no sólo con agua sino también con nutrientes, y continuará su curso hasta encontrar el nivel freático, con lo que se compensará al manto acuífero de la extracción que realiza el hombre. Tal balance es muy importante para este tan demandado recurso no renovable (Anuraga, Ruiz, Mohan Kumarc, Sekharc y Leijnsea 2006).

Una vez que el agua y los nutrimentos entren al vegetal, los vasos de conducción se encargarán de llevarlos a las estructuras aéreas, en contra de un gradiente de presión regulado por el cierre y la apertura de estomas. El vegetal conservará parte del agua y nutrimentos, y el resto saldrá en forma de vapor proporcionando agua a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración. El agua que sale permitirá la regulación de la temperatura tanto del vegetal como de la atmósfera.

Un suelo con cobertura vegetal tendrá un patrón de absorción de radiación y reflexión de ondas cortas y largas diferente que un suelo erosionado y sin agua, lo que le conferirá un color y una respuesta espectral distinta. Esta modificación se manifiesta en un calor sensible mucho mayor que el latente.

La interacción de los vegetales con el viento resulta interesante: los primeros actúan como una barrera modificando la trayectoria o la velocidad de éste. Ello permite proteger a los organismos y al suelo de la erosión (Tapia Silva, Wehrmannb, Henzeb y Modelb 2006).

Este esquema nos lleva a considerar la importancia de que exista un ordenamiento ecológico por región para determinar zonas territoriales, zonas urbanas y zonas de conservación. Cuando esto no ocurre, tenemos casos como el de la Ciudad de México en donde en la zona centro se llegan a registrar temperaturas de hasta 4° C por arriba de las registradas en la zona sur. La causa es clara: en la zona centro se han ido sustituyendo las áreas verdes por asfalto, hasta configurar las llamadas “islas de calor”.

Un tema asociado con lo anterior es el de la calidad de vida, ya que al modificarse la temperatura y la humedad atmosféricas se afecta el índice de confort humano. En el resto de los organismos son afectados los procesos de polinización y reproducción, y el propio hábitat.

Se entiende por confort climático la existencia de combinaciones de parámetros ambientales (fundamentalmente temperatura, humedad, radiación y viento) que no generan estrés en el cuerpo humano. Los

Al modificarse  
la temperatura  
y la humedad  
atmosféricas  
se afecta el índice  
de confort humano.

límites del confort climático son muy estrechos: se reducen a un abanico de temperaturas entre los 20 y los 25 ° C y a un rango de humedad relativa entre el 30 y el 70%, aproximadamente. Es lo que se conoce como el polígono de confort.

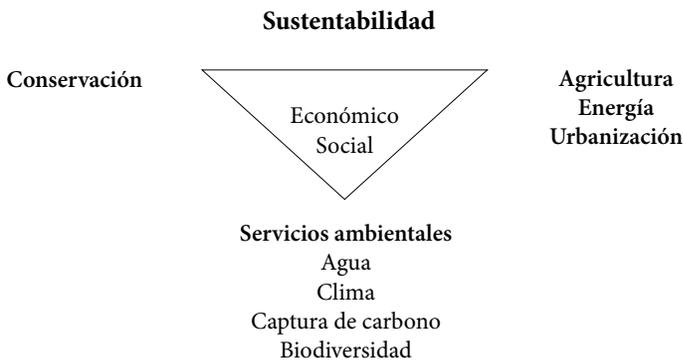
Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de adoptar políticas ambientales que permitan un balance entre el desarrollo social y el económico. Al ignorar, en la planeación urbana, el respeto de la extensión de áreas verdes recomendadas hace decenas de años por la ONU (16 m<sup>2</sup> de área verde/habitante), y al no tomar en cuenta la afectación de bosques y selvas, el ser humano está acercando a las grandes ciudades al problema del abastecimiento de agua y a la pérdida del beneficio que los servicios ambientales proveen (figura 1).

*Percepción sobre la cobertura vegetal*

### ACERCAMIENTO A LOS SERVICIOS AMBIENTALES

Los servicios ambientales son aquellos elementos o funciones de los ecosistemas que, además de influir directamente en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar a las personas y a las comunidades. Es un campo reciente para la investigación formal. Los métodos y estrategias para conocer a profundidad cada uno de ellos aún se encuentran en etapa de desarrollo. El concepto de servicio ambiental parte de una interpretación antropogénica, donde los elementos de los

FIGURA 1. SERVICIOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA COBERTURA TERRESTRE



sistemas o su funcionamiento son identificados y valorados de acuerdo con el beneficio que representan para el hombre; por ello este concepto puede contribuir de forma fundamental a que la sociedad perciba que su calidad de vida depende de la disponibilidad de los recursos naturales y tome conciencia de la necesidad de mantener los ecosistemas (Sell, Koellner, Weber, Pedroni y Scholz 2006).

Para hacer una apropiada valoración de los servicios ambientales resulta necesario tener un entendimiento adecuado de cuáles son éstos, a quiénes benefician y bajo qué condiciones, así como las tendencias de deterioro en las que se encuentran actualmente; estos servicios deben visualizarse como parámetros dinámicos que suelen ser afectados por diversas actividades humanas con efectos acumulativos en el tiempo.

Los ecosistemas terrestres proveen de un sinnúmero de servicios ambientales a la sociedad, a saber: conservación de la biodiversidad, captación de agua y mantenimiento del ciclo hidrológico, mantenimiento del ciclo de nutrientes, protección del suelo, abasto de materias primas y regulación climática, entre otros; sirven además como reservorios de carbono. En el escenario actual, el agua representa uno de los servicios más relevantes prestados por la cobertura forestal (Núñez, Nahuelhual y Oyarzún 2005).

Existen diferentes formas de clasificar los beneficios que brindan los bosques y otros ecosistemas. Uno de los marcos de referencia más difundidos es el que se utiliza en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2003), que considera cuatro categorías, que son :

- Servicios de base, que brindan soporte para el desarrollo de los demás servicios de los ecosistemas (formación de suelo y ciclo de nutrientes, entre otros).
- Servicios de suministro, que son los productos que se obtienen de los ecosistemas (producción de materias primas).
- Servicios de regulación, que son los beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas (regulación de clima, regulación del ciclo hidrológico, biodiversidad y purificación del agua).
- Servicios culturales, que son los beneficios intangibles que se obtienen de los ecosistemas (espirituales, religiosos, recreativos, de identidad y educacionales, entre otros).

Los múltiples  
beneficios  
que provee  
la cobertura  
vegetal  
al hombre  
pueden ser  
traducidos  
en términos  
económicos.

Así, los múltiples beneficios que provee la cobertura vegetal al hombre pueden ser traducidos en términos económicos que miden su valor a escala local y global (Núñez y col. 2005); dicho valor se dará en función del valor que representa cada beneficio por sí mismo o por la suma de sus componentes. Sin embargo, cuando no existe una manera de traducir el valor en términos económicos, los aspectos fundamentales que rigen la forma como la sociedad percibe el valor de los servicios ambientales estará determinada por el concepto de bienestar y calidad de vida que se tenga tanto a nivel individual como social. Aunque en algunos casos los beneficios del mantenimiento de los servicios ambientales tienen carácter transfronterizo, se les observa con mayor claridad en escalas espaciales y temporales determinadas (Evaluación de Ecosistemas del Milenio 2003).

En el caso de captura de carbono, la valoración económica del servicio ambiental se realiza mediante el uso de métodos validados y reconocidos a través de los cuales se calcula la diferencia entre lo que se espera que se pierda en carbono fijado por deforestación y lo que sucedería con la aplicación de proyectos de conservación, aumento de la masa forestal, principalmente por agroforestería, así como aumento de materia orgánica. Esta información se utiliza para realizar una negociación entre las empresas que quisieran “comprar” este servicio ambiental y las comunidades; sin embargo, hasta el momento no existe un precio unificado por la tonelada de carbono capturado, ya que varía de país en país según las decisiones gubernamentales.

Algunos servicios ambientales son subvalorados por las sociedades debido a que tienen valores opcionales; en su caso, la biodiversidad tiene un valor como servicio ambiental de regulación, como reservorio de información genética a futuro y como ayuda en el control del desarrollo de plagas nocivas. Esta subvaloración puede deberse a la falta de información y por ende a una percepción errónea, así como al hecho de que las especies o ecosistemas que se pretenden preservar no son vistos o usados por la gente de forma directa.

La consideración anterior se ha comprobado en diversas experiencias realizadas en zonas rurales donde las comunidades se encuentran comprometidas con el mantenimiento y respeto de los servicios ambientales proporcionados por los ecosistemas en los que se desarrollan, ya que la percepción es que su calidad de vida depende del mantenimiento de estos recursos lo mismo que la subsistencia de sus comunidades y de su propia cultura.

*Percepción  
sobre  
la cobertura  
vegetal*

La biodiversidad tiene un valor como servicio ambiental de regulación, como reservorio de información genética a futuro y como ayuda en el control del desarrollo de plagas nocivas.

Los avances en este tema son considerables y los métodos para clasificar y valorar estos beneficios cada día incluyen más aspectos. La mayoría de los autores destacan entre las consecuencias asociadas con el cambio del uso del suelo la disminución de la capacidad de los ecosistemas para proveer al hombre de los servicios ambientales (Metzger, Rounsevell, Acosta–Milchlink, Leemans y Schröter 2006). Se requiere que la sociedad esté informada de ello y que la conservación y administración de la cobertura vegetal se realicen en un marco de desarrollo sustentable.

Lo anterior deberá ser línea directriz para las administraciones gubernamentales; el mantenimiento de los servicios ambientales debe convertirse en una de las metas fundamentales de los tomadores de decisiones, aún cuando éstos se enfrenten a la disyuntiva de mantener servicios ambientales con diferente valor según los beneficios que representan a la sociedad. Es necesario que actúen guiados por una evaluación completa de las consecuencias que conlleva el alterar el estado y la función de los ecosistemas (Evaluación de Ecosistemas del Milenio 2003).

Para que la percepción de las sociedades urbanas sea adecuada en cuanto al significado espacial y temporal de los servicios ambientales, es importante que los gobiernos acerquen a sus gobernados la información suficiente para que éstos puedan discriminar la importancia de tales servicios y conozcan las consecuencias de sus actitudes irresponsables o del uso indebido de los recursos naturales tanto en el contexto local como en el global, y al mismo tiempo sientan el compromiso de formar parte de la dinámica que se requiere para mantener un entorno saludable que brinde los servicios ambientales que las poblaciones necesitan para conservar su calidad de vida.

#### CUBIERTA VEGETAL, GASES INVERNADERO Y CAMBIO CLIMÁTICO

De manera genérica se denomina *cambio climático* a la variación global del clima de la Tierra, que se produce a diversas escalas de tiempo y que se ha hecho evidente en la modificación de temperatura, precipitación y nubosidad, entre otros parámetros. El término suele usarse de forma poco apropiada para hacer referencia a la variabilidad climática que se registra en el presente, utilizándolo como sinónimo de calentamiento global. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático usa el término *cambio climático* sólo para referirse al cambio

Por cambio climático se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

por causas humanas (párrafo 2 del artículo: “Por *cambio climático* se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”). Al cambio producido por causas naturales se le denomina *variabilidad natural del clima*. En algunos casos, para referirse al cambio de origen humano se usa también la expresión *cambio climático antropogénico*. Existe evidencia de que el incremento de temperatura observado en los últimos 50 años puede ser atribuido a las actividades humanas; sin embargo, algunas series de temperatura anual promedio global revisadas desde el año 1861 muestran periodos de calentamiento y enfriamiento estadísticamente significativos (Rozelot y Lefebvre 2006).

En la actualidad, el principal proceso responsable del cambio climático es el efecto invernadero; en un invernadero construido por el hombre se busca que entre más energía de la que sale y que por ello la temperatura del interior sea más alta que en el exterior. En la Tierra se produce un efecto natural similar de retención del calor debido a que algunos gases atmosféricos lo absorben. La temperatura media en la Tierra es de unos 15 ° C; si la atmósfera no existiera sería alrededor de -18 ° C. Se le llama efecto invernadero por similitud, pues en realidad el proceso físico por el que se produce es totalmente distinto al que sucede en un invernadero de plantas.

El efecto invernadero se origina porque la energía que llega del sol, formada por ondas de frecuencias altas, traspasa la atmósfera con gran facilidad, mientras que la energía devuelta hacia el exterior desde la Tierra, es remitida en forma de ondas de frecuencias más bajas, pues procede de un cuerpo mucho más frío, lo que ocasiona que sea absorbida por los gases atmosféricos. Esta retención de la energía hace que la temperatura se incremente. Hay que entender que, en condiciones normales, la cantidad de energía que llega a la Tierra es igual que la que se emite. Se puede decir que el efecto invernadero provoca que la energía que llega a la Tierra regrese más lentamente y se mantenga más tiempo cerca de la superficie, generando una elevación de temperatura.

El incremento en la concentración de los gases invernadero en la tropósfera ha originado el aumento global de la temperatura de la superficie terrestre; es este fenómeno el que ha sido denominado de manera genérica *calentamiento global* (Mc Michael, Woodruff y Hales 2006). Los principales gases de efecto invernadero identificados son:

el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), responsable del 55% del efecto invernadero; los clorofluorocarbonados (CFC), que ocasionan el 24%, y el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), con el 15 y el 6%, respectivamente.

En algunos estudios sobre cambio climático, las emisiones de  $\text{CO}_2$  son utilizadas como indicadores de cambios de temperatura (Rive, Torvanger y Fuglestedt 2006). Las emisiones antropogénicas de  $\text{CO}_2$  son responsables de más del 50% del calentamiento global; aproximadamente tres cuartas partes de este porcentaje proviene de la quema de combustibles fósiles en todo el mundo, que en 1980 representaba una concentración de aproximadamente 280 ppm y para 1998 se incrementó a 364 ppm.

A través de la fotosíntesis las plantas transforman el  $\text{CO}_2$  y el agua en glucosa y oxígeno, que son metabolizados por los animales para obtener la energía que utilizarán en sus procesos vitales.

La fotosíntesis y la respiración son procesos que se desarrollan en equilibrio en el planeta; sin embargo la cantidad de  $\text{CO}_2$  liberada a la atmósfera se ha incrementado en los últimos 150 años, alterando el balance natural y excediendo la capacidad de absorción de este compuesto por la biomasa, los océanos y otros sumideros de carbono. Las actividades humanas que aportan el mayor porcentaje de  $\text{CO}_2$  que se encuentra actualmente en la atmósfera son la quema de combustibles fósiles y la deforestación por quema o cambio de uso de suelo.

Los efectos del fenómeno de cambio climático se caracterizan por un cambio continuo y acelerado del clima; estas condiciones permiten que a través del incremento de la temperatura ambiental y de las catástrofes, la sociedad se percate de que están sucediendo cambios lo suficientemente intensos como para ser percibidos en distintos lugares del mundo. Sin embargo, dada la enorme complejidad de los factores que afectan al clima, aún es difícil determinar si este ascenso de temperatura y los fenómenos naturales originados por él son parte de la variabilidad natural o si se deben al aumento del efecto invernadero provocado por la actividad humana.

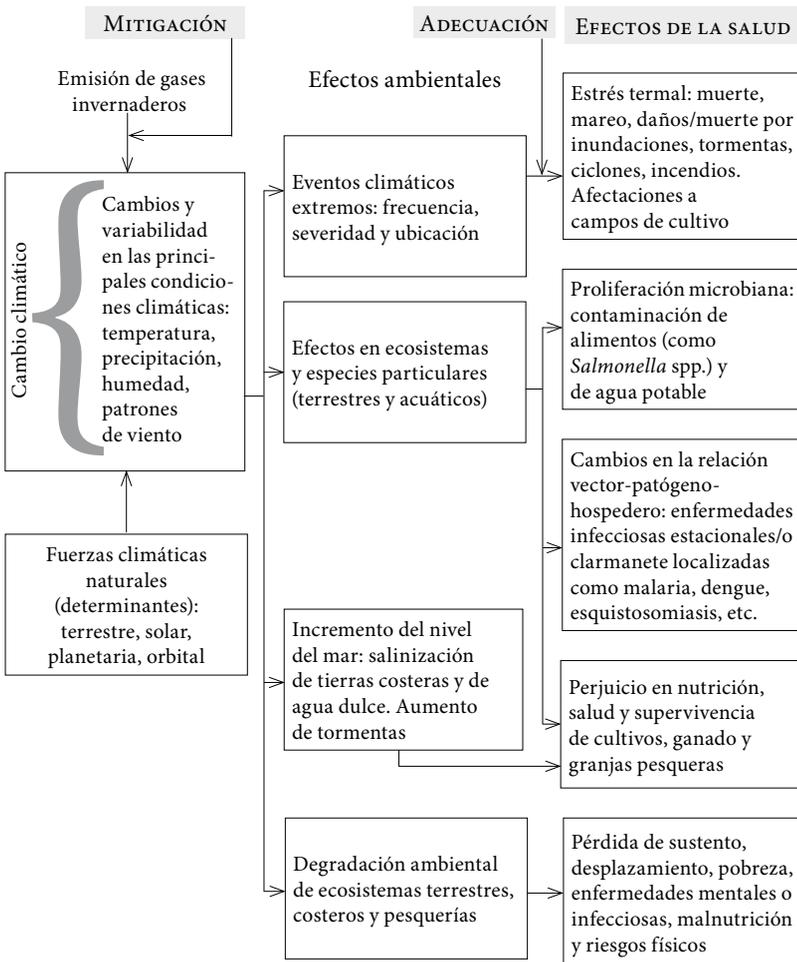
Aunque no es posible predecir con seguridad lo que pasará, se calcula que para el año 2100 se podría alcanzar un aumento de la temperatura promedio de 1.5 °C (Meir, Cox y Grace 2006), que, aunque aparentemente no sea significativo, podría traer consigo el incremento en el nivel de los mares con desaparición de ecosistemas costeros completos, afectación de las reservas de agua dulce y alteración en el ciclo

Las emisiones antropogénicas de  $\text{CO}_2$  son responsables de más del 50% del calentamiento global; aproximadamente tres cuartas partes de este porcentaje proviene de la quema de combustibles fósiles en todo el mundo.

de nutrientes de los cuerpos de agua, y por lo tanto en los patrones de pesca, entre otros.

Se estima que en un caso extremo los efectos del cambio climático traerían grandes transformaciones en los ecosistemas terrestres, como que los desiertos se hicieran más cálidos y secos, que gran parte de los casquetes polares se fundieran poniendo en peligro ciudades y campos situados en los valles que se encuentran por debajo del nivel del glaciar, y que las tierras agrícolas se convirtieran en desiertos.

*Percepción sobre la cobertura vegetal*



Fuente: modificado de Mc Michael *et al.* 2006.

Los costos económicos y sociales del cambio climático son difíciles de evaluar, pero no por ello dejarán de tomarse en cuenta los daños ambientales y los daños a la salud humana que dicho cambio ocasionaría, a saber: estrés térmico, accidentes debidos a eventos naturales extremos, enfermedades infecciosas, aumento de mortalidad y destrucción de ecosistemas (Mc Michael y col. 2006). A continuación se presenta un resumen esquemático de la manera en que el cambio climático afecta a la población, donde *mitigación* significa la prevención primaria necesaria (reducción de emisión de gases invernadero), y *adecuación* significa las acciones posteriores que es necesario realizar para disminuir los efectos adversos sobre la población.

El gran reto para los encargados de comunicar estos riesgos estriba en decidir cómo informar del problema ambiental que a nivel mundial estamos enfrentando, ya que aunque México no es un país que tenga una aportación significativa de gases invernadero, lo generado por los países más industrializados del mundo sí nos está afectando. Sin duda se requieren esfuerzos conjuntos a escala local y global que permitan vislumbrar alternativas para disminuir o evitar la generación de estos gases. Ciertamente una parte de la sociedad civil percibe el reto al que nos enfrentamos; sin embargo, por intereses económicos creados, falta de información o percepción de que los efectos del cambio están aún lejos en tiempo y espacio, otra gran parte ignora que de su participación actual depende la calidad de vida de las generaciones futuras.

Algunas de las propuestas que se deben trabajar con todos los sectores económicos de la sociedad y con la misma autoridad (según las esferas de responsabilidad de unos y de otra), son:

- Aumentar la eficiencia en el reciclado de materiales y sustituir materiales y procesos en los que se producen mayores emisiones de gases invernadero.
- Usar vehículos de transporte eficientes, ligeros, diseñados con poca resistencia al aire, así como efectuar cambios en el estilo de vida y en los hábitos de transporte.
- Usar combustibles y energías alternativas o renovables que no incrementen las emisiones.
- Usar más eficientemente los combustibles fósiles para producir electricidad.
- Reducir la liberación no intencional de gases, especialmente de metano, en la extracción y distribución de los combustibles.

- Modificar los procesos industriales en general y la forma de eliminación de algunos disolventes, así como sustituir determinadas materias primas, con el objeto de reducir de manera definitiva y gradual la liberación de gases con efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , clorofluorocarbonados y  $\text{SF}_6$ ).
- Usar biomasa en sustitución de combustibles fósiles.
- Implementar adecuadas políticas de manejo y explotación forestal.

A nivel internacional ya existen esfuerzos del sector productivo para incorporar el concepto de *desarrollo sustentable* en sus procesos; un ejemplo es el que está realizando la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE 2004) al establecer una serie de “Líneas Directrices” a las que ya se han adherido de manera voluntaria empresas transnacionales de 39 países.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anuraga, T. S, L. Ruizb, M. S. Mohan Kumarc, M. Sekharc y A. Leijnsea. En prensa. Estimating groundwater recharge using land use and soil data: A case study in South India. *Agricultural Water management*.
- Cincotta, R. P., J. Wisniewski y R. Engelman. 2000. Human population in the Biodiversity hotspots. *Nature* 404: 990-992.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2006. *El Sistema Nacional de Información sobre biodiversidad en México (SNIB)*. Disponible en: [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx).
- Domínguez-Taylor P., I. Rosas-Pérez, J. M. Hernández-Solís, R. Steimbrecher, y G. Ruiz-Suárez. En prensa. Emissions from three plant species in forest surrounding Mexico City. *Atmospheric Environment*.
- Ehrlich, P. R. y A. H Ehrlich. 1990. *The Population Explosion*. Simon and Schuster, New York. EE.UU.
- Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. 2003. PNUMA. 19 pp.
- Jáuregui, E. 1993. Urban bioclimatology in developing countries. *Experientia* 49(2): 957-963.
- Mc Michael, A. J., R. E. Woodruff y S. Hales. 2006. Climate change and human health: present and future risks. *Lancet* 367: 859–869.
- Meir, P., P. Cox y J. Grace. En prensa. The influence of terrestrial ecosystems on climate. *Trends in Ecology and Evolution* 21(5): 254-260.

## Bibliografía

- Metzger M., M. D. A. Rounsevell, L. Acosta-Milchlink, R. Leemans y D. Schröter. En prensa. The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- Núñez, D., L. Nahuelhual, y C. Oyarzún. En prensa. Forest and water: The value of native temperate forest in supplying water for human consumption. *Ecological Economics*.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. *The Global Forest Assessment*. FAO, Italia.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). 2004. El medio ambiente y las líneas directrices de la OCDE para empresas multinacionales: herramientas y enfoques empresariales. 34 pp.
- Peñuelas J. y J. Lluvia. (2004) Plant VOC emissions: making use of the unavoidable. *Trends Ecology and Evolution* 19: 402-404.
- Pfaff, A. S. 1999. What drives deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Economics and Management* 37: 26-43.
- Rive, N., A. Torvanger y J. S. Fuglestedt. En prensa. *Climate agreements based on responsibility for global warming: Periodic updating, police choices, and regional costs*. Global Environmental Change.
- Rozelot, J.P. y S. Lefebvre. En prensa. *Is it possible to find a solar signature in the current climatic warming?* Physics and Chemistry of the Earth .
- Sell, J., T. Koellner, O. Weber, L. Pedroni y R. W. Scholz. 2006. Decision criteria of European and Latin American market actors for tropical forestry projects providing environmental services. *Ecological Economics*.
- Steinbrecher, R. 1997. Isopren: Production by plants and ecosystem-level estimates En: G. Helas, J. Slanina y R. Steinbrecher (eds.). *Biogenic volatile organic carbon compounds in the atmosphere*. Academic Publishing. Amsterdam. Pp 101-114.
- Tapia Silva, F., A. Wehrmannb, H. Henzeb y N. Modelb. 2006. Ability of plant-based surface technology to improve urban water cycle and mesoclimate. *Urban Forestry Greening* 4: 145-158.
- United Nations Environment Program (UNEP), World Bank.1996. *Social Indicators of Development*. Washington D.C., EE.UU.

# CO-BENEFICIOS DE LOS CONTROLES SOBRE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE LOCAL Y GLOBAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

*Patricia Osnaya Ruiz\**

Las medidas de control para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de los contaminantes locales del aire se han planeado de manera aislada. Sin embargo, los problemas del cambio climático y la contaminación urbana del aire pueden ser generados por diversas fuentes comunes, particularmente por la quema de combustibles fósiles. Con base en lo anterior, los estudios de co-beneficios han cobrado relevancia a nivel internacional para determinar si los resultados en términos de reducción de contaminantes locales y globales, y de mejoramiento en la salud de la población, serían mayores si se instrumentaran medidas para reducir simultáneamente ambos tipos de contaminación.

Mediante el Programa de Estrategias Ambientales Integradas, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA por sus siglas en inglés), ha brindado apoyo económico y asesorías técnicas a países en desarrollo para que realicen sus estudios de Co-beneficios. En México, el Programa inició en el año 2002 y se dividió en dos fases:

\* Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.

- I. Estudio “Control Conjunto de la Contaminación Atmosférica Urbana y de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Zona Metropolitana del Valle de México”, que finalizó en agosto de 2002.
- II. Estudio “Beneficios Locales y Globales del Control Conjunto de la Contaminación en la Zona Metropolitana del Valle de México”, finalizado en agosto de 2003.

El desarrollo de dichos estudios fue motivado por aspectos como:

- i. La contaminación del aire local de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ha alcanzado niveles que afectan significativamente la salud de la población.
- ii. En el año 2002 se publicó el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la ZMVM 2002-2010 (PROAIRE), que reúne ochenta y nueve medidas para reducir las emisiones de contaminantes locales provenientes de las fuentes móviles, puntuales y de área, y también involucra acciones institucionales y del sistema de educación. Estaba previsto que la revisión de la instrumentación del Programa fuera bianual.
- iii. México contribuye aproximadamente con el 2% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (gei). Respecto al total nacional, la ZMVM aporta el 13%.
- iv. México tiene interés en estudiar opciones internas de reducción de emisiones de gei ante la posibilidad de que los países que integran el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), así como otras naciones, puedan invertir en proyectos de reducciones de emisiones en países que no integran dicho Anexo, mediante el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto.
- v. Los contaminantes locales como monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos (HC) y partículas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>), así como los gases de efecto invernadero como el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), son emitidos por fuentes comunes, como la quema de combustibles fósiles. Lo anterior sugiere que se pueden encontrar soluciones que reduzcan de manera simultánea ambos tipos de contaminación, por ejemplo eficiencia energética, uso de tecnologías limpias y de combustibles con menor contenido de carbono, transporte público más eficiente y retiro de vehículos viejos, entre otros.

México contribuye aproximadamente con el 2% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Respecto al total nacional, la ZMVM aporta el 13%.

## FASE I. CONTROL CONJUNTO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA URBANA Y DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

*Co-beneficios  
de los controles  
sobre la  
contaminación  
del aire*

El estudio fue coordinado por el Instituto Nacional de Ecología y dirigido por el Dr. Jason West en 2002. El objetivo principal fue apoyar la capacidad en México y en la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) para analizar y desarrollar políticas que den solución de manera simultánea a la contaminación urbana del aire y al cambio climático.

### *Método*

1. Construcción de una base de datos (costos y emisiones reducidas) de las medidas

Se unificó en una base de datos armonizada la información existente sobre los costos y las reducciones de las emisiones asociadas a las diferentes estrategias de control del PROAIRE y la información de diferentes estudios nacionales enfocados a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, ello para el análisis de la gestión integral de ambos tipos de contaminantes en la ZMVM.

Se estimaron por primera vez las reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> de las medidas de control del PROAIRE así como las reducciones de las emisiones de contaminantes locales debidas a las medidas para mitigar gases de efecto invernadero. Las reducciones de emisiones se estimaron hasta el año 2010 con respecto a una línea base (ton/año).

El PROAIRE reporta costos de inversión pública y privada, y los estudios para mitigar emisiones de gases de efecto invernadero consideran costos de operación y mantenimiento, además de costos evitados por ahorro de combustible y se estimó el Valor Presente Neto (VPN) con un tasa de descuento de nueve por ciento. Por lo anterior, la información de ambos tipos de documentos no puede ser comparada directamente. Para solventar tal limitante, en esta Fase I se propuso, para el caso del PROAIRE, el indicador VPN (combustible) como valor presente neto del capital de inversión y gastos relacionados con el consumo de combustibles (incluida la electricidad) para el período 2002-2010, y de ahorros para el 2010 con respecto a la línea base. Se



En total, cerca de la mitad de las reducciones de CO<sub>2</sub> proviene de la introducción de nuevas tecnologías en los vehículos y la otra mitad de las medidas para mejorar la infraestructura de transporte.

Por otro lado, se estimó que las medidas para mitigar las emisiones de gei reducen el 8.7% de las emisiones de CO<sub>2</sub> proyectadas en 2010, pero las reducciones de los contaminantes locales resultan menores (3.2% HC, 1.4% NOX, y 1.3% PM<sub>10</sub>) en acciones como las de eficiencia eléctrica; esto se debe a que la mayor parte de la electricidad generada para el consumo de la ZMVM proviene de afuera de la zona (bajo supuestos distintos o en otros lugares, las reducciones pueden ser mayores).

Se observó también que muchas de las medidas para mitigar las emisiones de gei tienen un VPN negativo, lo cual indica que hay un ahorro neto de dinero debido a la disminución de los gastos para combustibles, aunque dichas medidas requieren comúnmente de costos elevados de inversión.

Programación Lineal (LP). En la figura 1 se presenta el costo total de inversión reportado en el PROAIRE para las medidas de control, así como la misma variable y el VPN de diferentes soluciones de menor costo encontradas con la Programación Lineal. Cuando se priorizan parte de veintidós de las ochenta y nueve medidas del PROAIRE, tanto el costo total de inversión como el VPN disminuyen en un 20%, y se observa que la mayoría de las medidas más costo–efectivas están relacionadas con la introducción de nuevas tecnologías y con el mejoramiento de la infraestructura para el transporte privado y público.

Cuando se evalúan las medidas para mitigar emisiones de gei con las de PROAIRE, la solución de inversión mínima no cambia significativamente; sin embargo, se puede tener un VPN bastante menor por dicha inversión, con una reducción importante de emisiones de CO<sub>2</sub>. Esta solución de menor VPN sugiere que las medidas de gei (de eficiencia) pueden formar parte del plan de calidad del aire urbano dado su potencial de ahorro en el costo, aunque las reducciones en emisiones locales de dichas medidas no sean grandes.

Se aplicó el modelo LP para evaluar la instrumentación de medidas que garanticen las reducciones simultáneas de las emisiones de contaminantes locales del PROAIRE y de cinco millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (cuadro 2). Generalmente, las reducciones adicionales de emisiones de CO<sub>2</sub> se alcanzan de manera más costo–efectiva si la inversión recae en las medidas de mitigación de emisiones de gei en lugar de ajustar las

*Co-beneficios  
de los controles  
sobre la  
contaminación  
del aire*

CUADRO 1. COSTOS Y REDUCCIONES DE EMISIONES REPORTADAS  
EN EL PROAIRE, EN ESTUDIOS DE MITIGACIÓN DE GEI Y ESTIMACIONES  
DEL ESTUDIO CONTROL CONJUNTO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA  
URBANA Y DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO  
EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

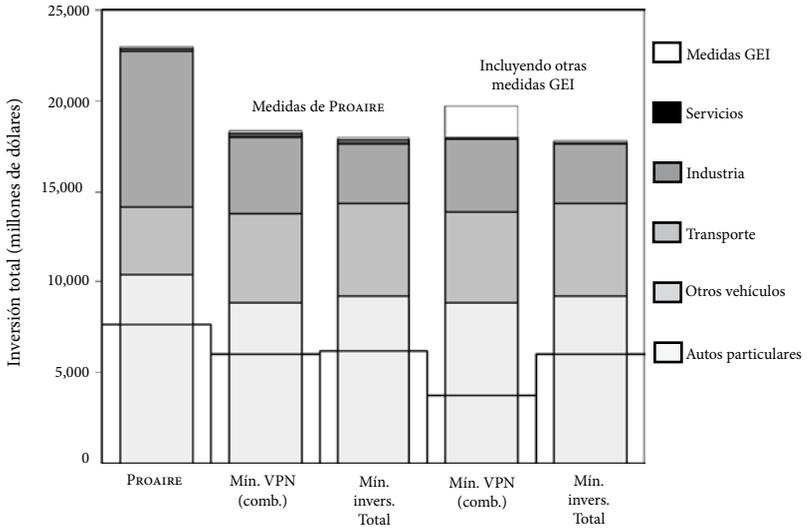
Medidas	Costo (US\$ millones)			VPN (comb.)
	Inver. Pública	Inver. Privada	Inver. Total	
PROAIRE Total	6,529	7,740	14,269	n.r.
PROAIRE 22 medidas	6,330	7,740	14,070	n.r.
Presente estudio 22 medidas del PROAIRE	9,934	13,025	22,959	7,656
Presente estudio 22 medidas de PROAIRE a nivel máximo	13,041	18,871	31,912	10,6455
Presente estudio Medidas de GEI	1,631	1,695	3,326	-714
Presente estudio Todas las medidas a niveles máximos	14,671	20,556	35,237	9,931

\* Porcentajes respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub> proyectadas para el año 2010.  
n.r. no reportado.

*Co-beneficios  
de los controles  
sobre la  
contaminación  
del aire*

PM <sub>10</sub>	Reducción de emisiones (ton/año en 2010)				*CO <sub>2</sub>
	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	
4,913	5,180	591,206	121,096	99,907	n.r.
4,887	972	590,972	115,622	99,880	n.r.
3,767 15.0%	627 1.9% 50.1%	1,138,167	90,698 32.2%	137,259 23.1%	2,246,9 3.1%
5,393 21.5%	796 2.4%	1,550,773 68.3%	120,106 42.6%	184,098 31.0%	3,267,473 4.6%
321 1.3%	1 0.0%	2,670 0.0%	3,953 1.4%	19,232 3.2%	6,279,621 8.7%
5,714 22.8%	797 2.4%	1,553,4 43 68.4%	124,059 44.0%	203,330 34.2%	9,547,094 13.3%

FIGURA 1. COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN Y VPN OBTENIDAS MEDIANTE PROGRAMACIÓN LINEAL



En el caso de la ciudad de México, existe una sinergia poco importante entre las metas para mejorar la calidad del aire local y las metas para enfrentar el cambio climático; se observa que los beneficios de la planificación integrada son pequeños pero no de valor cero.

inversiones entre las medidas del PROAIRE. Cuando se aumentan las metas de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, el costo total de la inversión se incrementa y el VPN disminuye significativamente, ya que las medidas para mitigar emisiones de gei, con un VPN negativo, son seleccionadas generalmente como las más costo-efectivas. Esto sugiere que en el caso de la ciudad de México, al utilizar la base de datos desarrollada en el presente estudio, existe una sinergia poco importante entre las metas para mejorar la calidad del aire local y para enfrentar el cambio climático; se observa que los beneficios de la planificación integrada para lograr metas simultáneas en la contaminación local y global son pequeños pero no de valor cero.

Se estima que el potencial de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> es demasiado grande en el resto del país como para que se llevara a cabo su compra mediante proyectos fuera de la zona metropolitana. En caso dado, el plan más costo-efectivo sería invertir en medidas del PROAIRE para alcanzar reducciones de emisiones locales, y comprar reducciones de CO<sub>2</sub> adicionales únicamente mediante proyectos forestales. Eso ilustra que para el cambio climático no importa donde se reduzcan las emisiones gei de larga vida, y que es importante considerar otras oportunidades para el control de éstas en otros sectores

CUADRO 2. EVALUACIÓN DE LA HIPÓTESIS MEDIANTE  
LA PROGRAMACIÓN LINEAL

	Metas de reducción del PROAIRE	Reducción de 5 millones de ton CO <sub>2</sub> /año	Suma de reducciones de contaminantes locales y de CO <sub>2</sub>	Reducción simultánea de conta- minantes locales y de CO <sub>2</sub>
Inversión pública	5,409	2	5,411	5,363
Inversión privada	12,406	1,155	13,561	12,958
Inversión total	17,815	1,157	18,972	18,321
VPN (combustible)	5,991	-1,248	4,743	5,280
PM <sub>10</sub>	4,212	7	4,219	4,203
SO <sub>2</sub>	559	1	560	566
CO	1,138,167	57	1,138,224	1,138,167
NO <sub>x</sub>	90,698	488	91,186	90,698
HC <sub>x</sub>	137,259	2	137,261	137,259
CO <sub>2</sub>	2,459,519	5,000,000	7,459,519	5,000,000

*Co-beneficios  
de los controles  
sobre la  
contaminación  
del aire*

o regiones geográficas, las cuales podrían no ser el punto central del análisis de políticas.

También se utilizó el modelo LP para demostrar que planificar para lograr metas simultáneas de mitigación de contaminantes urbanos del aire y de gei es más costo-efectivo que hacerlo para metas separadas, esto debido a los beneficios “secundarios” de cada medida (aunque se estima que los beneficios de la planificación simultánea serían pequeños). Por lo tanto, para la elaboración de políticas el mayor riesgo de la planificación separada puede ser no reconocer los beneficios de la reducción de emisiones.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indican, de manera frecuente, que los beneficios de reducir simultáneamente las emisiones de contaminantes locales y de gei son pequeños, ya que a menudo se presentan restricciones adicionales por invertir en medidas enfocadas a reducir emisiones de CO<sub>2</sub> pero que no reducen significativamente las emisiones de contaminantes locales. Sin embargo, es necesario tener cuidado ya que estos resultados pueden cambiar si se consideran diferentes

condiciones para la Zona Metropolitana del Valle de México o si el análisis se realiza en otras regiones que sean desiguales desde el punto de vista geográfico ó tecnológico; en el caso de la ZMVM, el hecho de que se genere poca electricidad localmente tiene un efecto importante en los resultados.

## FASE 2. BENEFICIOS LOCALES Y GLOBALES DEL CONTROL CONJUNTO DE LA CONTAMINACIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

En el caso de la ZMVM, el hecho de que se genere poca electricidad de forma local tiene un efecto importante en los resultados del estudio.

El estudio fue coordinado por el Instituto Nacional de Ecología y dirigido por la Dra. Galen McKinley en 2003. Los objetivos fueron:

- Estimar los costos evitados por el mejoramiento en la salud de la población debido a la reducción simultánea de emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes locales.
- Comparar costos y beneficios para cinco medidas de control elegidas.
- Fortalecer la capacidad institucional para integrar la evaluación ambiental con la económica.
- Aportar resultados y herramientas de relevancia para la toma de decisiones en la ZMVM.

### *Método*

El análisis se organizó en cuatro módulos:

1. Reducción de emisiones y costos. Se eligieron cinco medidas de control a partir del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la ZMVM 2002-2010 (PROAIRE) y de estudios previos para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero: renovación de la flota de taxis, introducción de autobuses híbridos, medidas para reducir fugas de gas LP, cogeneración y expansión del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

Se estimaron reducciones anualizadas de emisiones de contaminantes locales y de tres gases de efecto invernadero (bióxido de carbono, metano y óxido nítrico) así como sus costos anuales. Para cada medida, se calcularon las emisiones de la línea base a partir de factores de emisión y niveles de actividad para cada año en el período 2003 a 2020. El impacto futuro en las emisiones se estimó con base

en los cambios que tendrían los factores de emisión y/o los niveles de actividad debidos a la implementación de la medida de control. Los costos de inversión se estimaron a partir de los gastos de capital requeridos para instrumentar la medida, y también se estimaron los ahorros en combustible.

Se incorporaron los factores de emisión y los costos unitarios reportados en el PROAIRE y en los estudios previos de mitigación de gei. Sin embargo se realizaron nuevas estimaciones y los factores de emisión de gei se obtuvieron del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Los costos y los beneficios fueron estimados con tasas de descuento de 0 a 7% para los periodos 2003–2010 y 2003–2020.

2. Calidad del aire. Mediante modelos de forma reducida para calidad del aire se analizó el impacto de la reducción de emisiones de los contaminantes sobre las concentraciones ambientales y la exposición de la población. Se emplearon los resultados de los estudios sobre atribución de la fuente (Chow, Watson, Edgerton y Vega 2002) para estimar los cambios en las partículas  $PM_{10}$  primarias y secundarias. Para los cambios en ozono ( $O_3$ ), dadas las variaciones en las emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, se emplearon las isopletas derivadas del Modelo Químico Climático Multiescala (MCCM por sus siglas en inglés) (Salcido et al. 2001). Para relacionar la distribución espacial de la población con las concentraciones de contaminantes, se supuso una exposición uniforme para los habitantes en toda la ZMVM.

Debido al empleo del método de modelación de forma reducida de la calidad del aire que es simplificado y que conlleva un alto grado de incertidumbre asociado a los procesos fundamentales responsables de la formación de partículas y de ozono en la ZMVM, y debido también a la falta de información detallada sobre la resolución espacial y temporal de la población, se optó por presentar los resultados dentro de un rango de incertidumbre.

3. Impactos en la salud. Para estimar los casos de mortalidad y morbilidad evitados por las reducciones en las concentraciones ambientales de partículas  $PM_{10}$  y de ozono, se usaron las funciones dosis–respuesta de estudios epidemiológicos tanto nacionales como internacionales. Sólo se analizaron estos dos contaminantes dada la evidencia de que la magnitud de sus efectos en la salud es mayor respecto a otros contaminantes. Se analizaron diecinueve impactos, incluyendo mortalidad prematura, bronquitis crónica, hospitalizaciones, enfermedades respiratorias, días de actividad restringida menor y urgencias por enfer-

medades cardiovasculares. Los datos de morbilidad y mortalidad se obtuvieron de la base de datos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y, para el caso de mortalidad, también del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

4. Valoración. Se establecieron los valores monetarios de las reducciones estimadas de los impactos en la salud, mediante tres metodologías: 1) Disponibilidad a pagar, para el caso de mortalidad, bronquitis crónica y días de actividad restringida menor; 2) Costos de la enfermedad, y 3) Pérdida de productividad, los dos últimos para evaluar las hospitalizaciones y visitas de emergencia. La disponibilidad a pagar (WTP por sus siglas en inglés) se define como la cantidad de dinero que la persona estaría dispuesta a pagar por mejorar su salud o por evitar un riesgo que conlleve al deterioro de la misma y/o la muerte. El valor central de la variable WTP se obtuvo de un estudio realizado en México, pero debido a la limitada información se usaron también valores de análisis realizados en Estados Unidos, los cuales se ajustaron con el ingreso mexicano. Para evitar asignar un valor económico a una vida humana, se utilizó el concepto de Años Ajustados por Calidad de Vida (QALYs por sus siglas en inglés), que son los años ganados por evitar enfermedades y mortalidad prematura. También fueron monetizados los costos directos e indirectos que incluyen los gastos de inversión y los ahorros por la reducción en el uso de combustibles debido a la introducción de tecnologías más eficientes, respectivamente.

## RESULTADOS

Se encontró que la instrumentación de las cinco medidas de control pueden reducir la exposición anual de partículas en un 1% ( $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y de ozono máximo diario en un 3% ( $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), reduciendo además las emisiones de gases de efecto invernadero en un 2% (más de 300,000 toneladas de carbono equivalente por año) para los períodos 2003–2010 y 2003–2020 (cuadros 3 y 4).

Se estimó que para ambos horizontes de tiempo es posible salvar casi 100 vidas, 700 casos de bronquitis crónica y más de 500,000 casos de días de actividad restringida menor cada año. Cerca de 4 400 Años Ajustados por Calidad de Vida (QALYs) pueden ser salvados, con un beneficio monetario en salud pública del orden de US\$ 200 millones por año. El costo medio por QALY se estimó en menos de US\$40 000 para las cinco medidas. Los beneficios locales y globales monetizados

CUADRO 3. REDUCCIONES DE EMISIONES Y COSTOS DIRECTOS PARA EL PERÍODO 2003-2020<sup>a</sup>

Reducciones de emisiones (ton/año)	Costos de inversión y ahorros en combustibles (EUA\$miliones/año)									
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	CO <sub>2</sub> equivalente	Inversión pública	Inversión privada	Ahorros	
Renovación de taxis	0	59	145,000	3,100	12,800	397,000	8.9	29.7	57.3	
Expansión del Metro	9	65	28,800	1,270	2,650	164,000	44.1	0	0.02	
Autobuses híbridos	82	16	635	-134	307	60,700	30.0	0	10.2	
Fugas de Gas LP	0	0	0	0	1,950	32,100	0.7	1.0	0.8	
Cogeneración	0	0	13	110	0	857,000	0	7.3	6.4	

<sup>a</sup> Annualizados con tasa de descuento de 5%.

*Co-beneficios de los controles sobre la contaminación del aire*

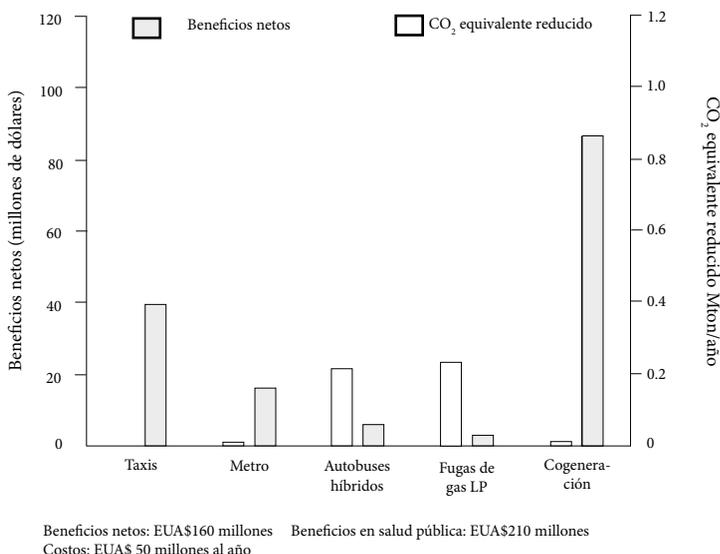
Fase II.  
Beneficios  
locales  
y globales

CUADRO 4. REDUCCIONES DE EMISIONES, COSTOS DIRECTOS Y BENEFICIOS ANUALIZADOS  
PARA EL PERÍODO 2003–2020, A UNA TASA DE DESCUENTO DE 5%<sup>a</sup>

Medida de control	Reducción de PM <sub>10</sub> (µg/m <sub>3</sub> )	Reducción de ozono (µg/m <sup>3</sup> )	Costo de inversión EUA\$ millones/ año	Ahorros en combustibles EUA\$ millones/ año	Beneficios en salud EUA\$ millones/ año	Beneficios en CO <sub>2</sub> EUA\$ millones/ año	Beneficios locales <sup>b</sup> /costos	Beneficios globales <sup>c</sup> /costos
Renovación de taxis	0.24 (0.12: 0.38)	3.02 (0.94: 5.9)	38.6	57.3	72.0 (27.2: 147)	2.8 (0.8: 8.7)	3.3 (2.2: 5.3)	3.4 (2.2: 5.5)
Expansión del Metro	0.12 (0.07: 0.18)	1.07 (0.33: 2.1)	44.1	0.02	32.8 (12.9: 60.0)	1.1 (0.3: 3.6)	0.7 (0.3: 1.4)	0.8 (0.3: 1.4)
Autobuses híbridos	0.15 (0.07: 0.25)	-0.07 (-0.14: -0.12)	30.0	10.2	28.1 (8.5: 62.2)	0.4 (0.1: 1.3)	1.3 (0.6: 2.4)	1.3 (0.6: 2.5)
Fugas de gas LP	0.06 (0.02: 0.12)	0.74 (0.23: 1.4)	1.7	0.8	18.2 (5.4: 38.8)	0.2 (0.1: 0.7)	11.0 (3.6: 22.9)	11.1 (3.7: 23.3)
Cogeneración	0 (0.0: 0.01)	0.08 (0.02: 0.15)	7.3	6.4	1.6 (0.5: 3.5)	6.0 (1.7: 18)	1.1 (0.9: 1.4)	1.9 (1.2: 3.8)

<sup>a</sup> 90% CI en paréntesis. <sup>b</sup> Beneficios locales = ahorros en combustible + beneficios en salud. <sup>c</sup> Beneficios locales + globales = ahorros en combustible + beneficios en salud + beneficios en CO<sub>2</sub>.

FIGURA 2. INSTRUMENTACIÓN DE CINCO MEDIDAS DE CONTROL



*Co-beneficios de los controles sobre la contaminación del aire*

resultaron de US\$150 millones y US\$10 millones por año respectivamente. Los costos totales anualizados fueron de aproximadamente US\$120 millones y los ahorros por combustible mayores a US\$70 millones. De las medidas consideradas, las de transporte son las más promisorias para la reducción simultánea de contaminantes locales y globales en la Zona Metropolitana del Valle de México (figura 2).

## BIBLIOGRAFÍA

- Chow, J. C., J.G. Watson, S.A. Edgerton y E. Vega. 2002. Chemical composition of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in Mexico City during winter 1997. *The Science of the Total Environment* 287: 177-201.
- McKinley, G., M. Zuk, M. Hojer, M. Ávalos, I. González, M. Hernández, R. Iniestra, I. Laguna, M. A. Martínez, P. Osnaya, L. M. Reynales, R. Valdés, y J. Martínez. 2003. The Local Benefits of Global Air Pollution Control in Mexico City. *Environmental Science Technology* 39: 1954-1961.
- Salcido, A., F. Hernández, J.M. González, R. Iniesta y J.A. Aguilar. 2001. MCCM Parametric Studies: Estimation of the NO<sub>x</sub>, HC and PM<sub>10</sub> emission reductions required to produce a 10% reduction in the Ozone and

PM<sub>10</sub> surface concentrations and compliance with the MCMA air quality standards, with reference to the 2010 MCMA Emission Inventory. Grupo de Modelación de la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM). 42 pp.

West, J.J., P. Osnaya, I. Laguna, J. Martínez y A. Fernández. 2002. Co-control of urban air pollutants and greenhouse gases in Mexico City. Reporte Final para el Instituto Nacional de Ecología. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/dgicurg/cclimatico/cocontrolenred.html>.

# VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: DESCRIPCIÓN DE UN ESTUDIO DE CASO Y LOS RETOS EN LAS INVESTIGACIONES ACTUALES

*Ana Cecilia Conde\**

## INTRODUCCIÓN

Los estudios del cambio climático global y sus posibles impactos en México tienen como un antecedente fundamental la publicación *Estudio de País: México* (Gay 2000), en el cual se plantearon posibles escenarios de cambio climático para nuestro país y se estudiaron también los posibles impactos en sectores tan importantes como la agricultura, los recursos hídricos y las zonas costeras, por mencionar sólo algunos.

Los resultados de esa investigación fundamentaron la llamada *Primera Comunicación Nacional de México*, dado que los países que suscribieron el Protocolo de Kioto, como México, entregan estas comunicaciones a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés).

La Organización de las Naciones Unidas y la Organización Meteorológica Mundial, han establecido el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) que cada cuatro años recopila y analiza los avances en las bases científicas del cambio

\* Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

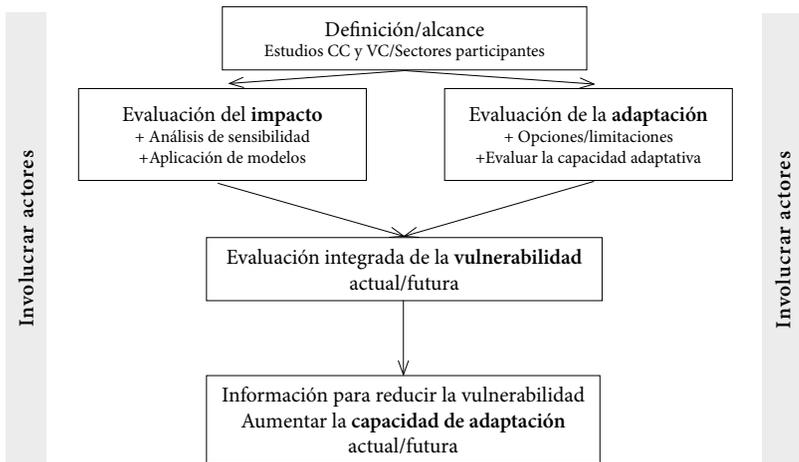
climático (Grupo I del IPCC; IPCC, WGI 2001), los estudios de vulnerabilidad, adaptación e impactos del cambio climático (Grupo II del IPCC; IPCC, WGII 2001) y los análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero que están provocando dicho cambio, así como los estudios de mitigación (reducción de emisiones) de esos gases (Grupo III del IPCC; IPCC, WGIII 2001).

Si bien esos estudios fueron de gran relevancia, hoy los países han comprendido que este proceso de cambio climático global es un hecho que ya se está desarrollando y que, a pesar de las múltiples incertidumbres asociadas a tratar de “predecir el futuro”, es una imperiosa necesidad aplicar desde ahora estrategias de adaptación para las posibles condiciones climáticas futuras.

Para determinar cuáles son esas posibles estrategias y medidas de adaptación, en la actualidad se están efectuando estudios que se denominan de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático (Lim, Burton y Huq 2004).

Los nuevos estudios (figura 1) requieren, por supuesto, que se propongan posibles escenarios de cambio climático a futuro (CC en la figura 1). También se siguen necesitando los modelos que nos permitan evaluar los posibles impactos de ese cambio climático en los sistemas biofísicos (vegetación, caudales y plantas cultivadas, por ejemplo).

FIGURA 1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO SEGUIDO POR LOS NUEVOS ESTUDIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO (A PARTIR DE LIM ET AL. 2004)



Pero, además, ahora se requiere:

1. Contar con equipos de investigación fuertemente interdisciplinarios, que establezcan el alcance y definición del proyecto involucrando a los actores clave (tomadores de decisiones y grupos o sectores afectados) de la región y sector de estudio.
2. Involucrar en cada paso del estudio a los actores clave, que determinarán la evolución de la investigación hasta el punto en que serán ellos los que evalúen y apliquen las medidas que aumentarán su capacidad adaptativa actual y futura.
3. Incluir los estudios de la variabilidad climática (VC en la figura 1), esto es, la historia del clima de una región o sitio incluyendo las variaciones del clima con respecto a las condiciones normales. Son de particular interés en estos estudios los eventos climáticos extremos (sequías, lluvias torrenciales, ondas de calor, heladas y vientos fuertes, por ejemplo).
4. Evaluar la vulnerabilidad y la adaptación actual a las condiciones climáticas descritas anteriormente, así como una proyección de la vulnerabilidad y adaptación ante las posibles condiciones futuras.
5. Analizar las posibilidades de aumentar la capacidad adaptativa, con base en la vulnerabilidad actual y en la futura. Así, las medidas de adaptación no serán un producto final de los estudios de los impactos ante un posible cambio climático sino de la documentación de las posibilidades y estrategias actuales y del estudio de su viabilidad futura desde el inicio y en cada paso de la investigación.
6. Plantear la posibilidad de que dichas medidas o estrategias de adaptación sean incorporadas a las políticas de cada sector y a los programas de biodiversidad, combate a la desertificación y reducción de la pobreza. Esto es, conjuntar los esfuerzos que se están haciendo en esa diversidad de políticas (*mainstreaming*, se le denomina en inglés) con el fin de optimizar y hacer coherentes los esfuerzos hasta hoy dispersos.

*Vulnerabilidad  
y adaptación  
al cambio  
climático*

En este trabajo se presenta una descripción de un estudio de caso, poniendo énfasis en los retos y barreras encontrados para la aplicación del método descrito anteriormente.

Probablemente el mayor reto en estos estudios es la dificultad de generalizar los resultados obtenidos para una comunidad en una región o localidad específicas, en un tiempo dado, hacia casos similares y/o regiones de mayores escalas espaciales y temporales.

Probablemente el mayor reto en estos estudios es la dificultad de generalizar los resultados obtenidos para una comunidad en una región o localidad específicas, en un tiempo dado, hacia casos similares y/o regiones de mayores escalas espaciales y temporales.

Puede decirse que el problema “inverso”, contraparte del anterior, se presenta cuando se utilizan modelos climáticos de gran escala para construir escenarios de cambio climático (cuyos resultados corresponden a regiones de más de 100 Km<sup>2</sup>), y con ellos se quiere describir el posible cambio climático en una pequeña localidad. En este caso se pueden aplicar técnicas de “bajar escala” (downscaling) para poder interpolar las salidas de los modelos más complejos con los que se cuenta en la actualidad (Modelos de Circulación General, GCMs por sus siglas en inglés), consiguiendo con esto una descripción de los elementos de gran escala que determinan las condiciones climáticas en una región. Esta descripción se expresa como una ecuación multivariada entre la variable climática regional que se quiere describir y las variables de mayor escala. Se supone, aunque no se puede comprobar, que la relación descrita por dicha ecuación prevalecerá en el futuro, con lo que es posible proyectar los rangos de cambio de la variable local a futuro.

Podemos preguntarnos cuál sería el método de *upscaling* que nos permitiera extrapolar las conclusiones de un estudio de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático realizado en escalas espaciales y temporales reducidas.

Si damos un paso más en el análisis de este problema, podemos preguntarnos si la suma de cientos de “estudios de caso” puede ser representativo del todo; esto es, si el todo es la suma de las partes. No es una pregunta sencilla de responder; particularmente, no es una pregunta que pueda responderse desde la física de la atmósfera, disciplina desde la cual se han iniciado hasta ahora los proyectos de cambio climático.

Por otra parte, en términos de las escalas temporales el problema es igualmente difícil de abordar. Para el caso de los estudios climáticos, la “historia” de las tendencias de las variables básicas en el clima regional que respondería preguntas como: ¿se está calentando esta región?, ¿se está haciendo más seca o más lluviosa? y la historia de los eventos climáticos extremos que a su vez respondería preguntas como: ¿son

más frecuentes, intensas o duraderas las sequías, las ondas de calor, las lluvias torrenciales? son de diferente orden y cada una tiene su carga de incertidumbre.

Los escenarios de cambio climático proyectados para el 2020 ó 2100, por ejemplo, son precisamente “escenarios”, no pronósticos climáticos, por lo que toma fuerza el uso del lenguaje probabilístico para incluir las obligadas incertidumbres en toda descripción del futuro. La comunicación de estas incertidumbres a los actores clave, los que tendrían que actuar, no es por lo pronto un asunto resuelto.

El clima se define como las condiciones promedio del sistema climático, en el cual interaccionan la atmósfera, los océanos, las cubiertas de hielo y nieve, los continentes, la vegetación y otras formas de vida, y la radiación solar. Este sistema determina las condiciones promedio de variables como la temperatura, la precipitación y los vientos. Un posible cambio climático puede detectarse en los cambios en esos valores medios, o bien en los cambios en los valores extremos de esas variables. Los modelos climáticos más complejos (Modelos de Circulación General, MCG), simulan el comportamiento de ese sistema climático y de la interacción entre sus componentes. Es evidente que a pesar de la complejidad de dichos modelos se considera que no describen completamente el sistema climático; con ellos se realizan los pronósticos del clima y también se utilizan para generar escenarios de cambio climático. Durante fuertes eventos de *El Niño*, en estos modelos se introducen las características que determinan dichos eventos, como por ejemplo el aumento de la temperatura del océano Pacífico ecuatorial y la intensidad y dirección de los vientos alisios. Estas características son los “forzantes” que permiten realizar un pronóstico climático que nos lleva a concluir que en condiciones fuertes de *El Niño* es muy probable que en México se presenten inviernos muy fríos con lluvias torrenciales y veranos secos y calientes (Magaña 1999). Siguiendo esta lógica, el aumento de gases de efecto invernadero es otra forma de “forzar” en los modelos a las condiciones climáticas prevalecientes, por lo que es posible entonces construir “escenarios” de clima si se sigue forzando al sistema con emisiones producto de las actividades humanas, tales como la quema de combustibles fósiles, la tala inmoderada y cambios en el uso de suelo, por ejemplo. Así, lo que se está proyectando a futuro es el estado de ese sistema climático complejo, no lineal y caótico.

El otro lado de la moneda de este problema es el estudio de la “historia” de la vulnerabilidad y adaptación de los diferentes sectores

*Vulnerabilidad  
y adaptación  
al cambio  
climático*

La comunicación de incertidumbres a los actores clave no es por lo pronto un asunto resuelto.

y regiones, para explicarnos su situación actual. El análisis de esta historia nos permitiría contestar por qué una comunidad o región es vulnerable a un evento climático específico, así como cuáles han sido las estrategias con las que esa comunidad ha podido enfrentar un evento climático desastroso. Aún más, este análisis nos permitiría también estudiar por qué algún grupo humano no tiene la capacidad de aplicar medidas o estrategias que han probado ser exitosas en otras regiones o incluso en otras épocas para esa misma comunidad.

Lo que puede afirmarse es que la tarea anterior no parece que se pueda resolver mediante la aplicación de métodos determinísticos exclusiva ni fundamentalmente. De ser cierto lo anterior, sería entonces necesario realizar estudios que utilizaran métodos cualitativos y cuantitativos a la vez. Uno de dichos métodos es el “juicio de expertos”, que podría ser el accesible para países en desarrollo --de contar con los expertos, por supuesto--. Otro método más complejo sería el que nos permitiera evaluar los resultados cuantitativos con los cualitativos, como por ejemplo, las percepciones que del problema tienen actores clave. Éste sería el caso de los métodos llamados multi-criterio así como de los basados en lógica difusa: son dos tipos de herramientas que se están desarrollando en la actualidad, pero el problema aún no está resuelto.

#### EL RETO DE LOS MÚLTIPLES FORZANTES

Siendo el problema de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio y la variabilidad climáticos producto no sólo de las condiciones climáticas en sí sino también de las condiciones socioeconómicas del grupo humano y de la región bajo estudio, es claro que el posible impacto de un evento climático depende fuertemente de las condiciones culturales, sociales y económicas sobre las que podría ejercerse dicho impacto (Conde 2003). Algunos autores sugieren que los sistemas humanos se encuentran ahora afectados por una “doble exposición” (O’Brian y Leichenko 2000): la del cambio climático global y, simultáneamente, la de un proceso de globalización económica. La interacción entre estos dos procesos globales permitiría realizar proyecciones a futuro para evaluar sus efectos en los sistemas humanos.

Utilizando como analogía el dicho “según el sapo es la pedrada”, si lo que se quiere es analizar la vulnerabilidad y capacidad de adaptación en un tiempo y espacio dados, los estudios climáticos serían

la “pedrada”, esto es, el evento climático que puede ser una amenaza al sistema humano bajo estudio para enfrentarla se requiere saber mucho más del “sapo”, es decir, de las estrategias y herramientas con las que cuente la sociedad. De hecho, los eventos climáticos extremos son potencialmente peligrosos, pero es necesario que se den las condiciones ambientales y sociales para que estos eventos se conviertan en desastres.

Por lo anterior, los métodos integrados (que incluyen tanto las variables climáticas como las medioambientales y las socioeconómicas) serían una posibilidad para abordar el estudio de un sistema sujeto a múltiples forzantes o estresores. En un estudio de caso realizado en la región centro de Veracruz, México (Gay, Estrada, Conde, Eakin y Villers en prensa), se analizaron las variables climáticas y las económicas para explicar el comportamiento de la producción de café. Se incluyeron posteriormente las posibles proyecciones de esas variables para evaluar los posibles impactos en el sector cafetalero en la misma región. Estos resultados son un aliciente para estudios futuros pero, una vez más, aún no podemos afirmar que éste es el método único, aplicable a todos los casos.

### *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático*

Los eventos climáticos extremos son potencialmente peligrosos, pero es necesario que se den las condiciones ambientales y sociales para que se conviertan en desastres.

## EL RETO DE LOS EQUIPOS INTERDISCIPLINARIOS

Mucho se ha argumentado acerca de la necesidad de integrar equipos multidisciplinarios para abordar y resolver los problemas teóricos y prácticos en el área de cambio climático. Si bien esto parece ser una afirmación elemental, lo cierto es que en la práctica es sumamente difícil consolidar dichos equipos de investigación y trabajo. Probablemente la mayor dificultad estriba en el hecho de que las formaciones profesionales no se realizan siguiendo un esquema multidisciplinario. Así, la suma de profesionistas en un mismo proyecto de investigación no garantiza la integración de los conocimientos particulares. Agregar en un mismo equipo de trabajo a especialistas de diferentes disciplinas sin tener claro los objetivos y roles de cada participante, asegura tener un equipo de investigación “muchidisciplinario” (Conde 2005), pero no necesariamente multi o interdisciplinario. Considerando además la larga tradición positivista, es posible que se construyan equipos muy verticales, en donde los científicos de las disciplinas más “duras” consideren natural que la dirección del proyecto y los métodos seguidos sean definidos por ellos. Esto sería sólo un problema anecdótico si no

*El reto  
de los equipos  
multidiscipli-  
plinarios*

se considerara urgente diseñar e implementar medidas de adaptación ante un cambio climático que se percibe como inminente. Así, no se cuenta aún con un método que nos permita integrar rápida y eficientemente a los expertos de varias disciplinas que trabajan para dilucidar cuáles medidas son las más viables o posibles en las comunidades que se verían afectadas por ese cambio climático.

De la práctica en diversas investigaciones, hemos llegado a la conclusión de que no todos los expertos están en la disposición de correr este riesgo. Consideramos que esta práctica se percibe como un riesgo profesional para algunos investigadores, dado que los buenos resultados de estas experiencias dependen no solamente de las habilidades de un investigador aislado, sino de la integración de habilidades de varios investigadores, expertos en otras disciplinas.

Esta complicación se agudiza cuando el desarrollo y los resultados de la investigación dependen fuertemente de que los actores clave de un sector (agricultura, bosques, recursos hídricos) se involucren realmente en un proyecto. Son ellos los que plantearán los problemas más acuciantes, los que intervendrán en el desarrollo del proyecto y los que finalmente pongan en práctica, evalúen y continúen con las medidas de adaptación propuestas.

#### UN ESTUDIO DE CASO

Desde 2003 se está desarrollando el proyecto de investigación *Fomento de capacidades para la etapa 2 de adaptación al cambio climático en Centroamérica, México y Cuba*, apoyado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y coordinado para el caso de México por el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT (INE-SEMARNAT). En este proyecto participaron ocho países, que son Panamá, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, El Salvador, Cuba y México.

Esta idea de tratar el problema del cambio climático como un asunto regional que incluya a varias naciones es novedosa, aunque por supuesto es un reto más que se debe agregar a los estudios de cambio climático. La creación de consensos en cuanto a los métodos y conclusiones de las etapas de investigación no ha sido fácil. Por ejemplo, nos hemos enfrentado a las diferentes concepciones del problema, así como a todos los retos que se han descrito hasta aquí en este trabajo.

En cuanto a la investigación en México, se decidió realizar un estudio de caso que abarcara tres sectores: recursos hídricos, recursos

Agregar  
en un mismo  
equipo de trabajo a  
especialistas  
de diferentes  
disciplinas sin tener  
claro los objetivos  
y roles de cada  
participante, asegura  
la conformación  
de un equipo de  
investigación  
“muchidisciplinario”  
pero no  
necesariamente  
multi ni inter  
disciplinario.

forestales y agricultura. Para incluir las posibles interacciones entre esos tres sectores, se decidió que el estudio se desarrollaría en un solo estado: Tlaxcala.

Se describen aquí algunos resultados para el sector agricultura, con estudios previos como antecedentes de esta investigación (Ferrer 1999; Conde, Ferrer, Gay, Magaña, Pérez, Morales y Orozco 2004; Conde y Eakin 2003). En el equipo de investigación participaron físicos atmosféricos, biólogos, agrobiólogos, agrónomos, geógrafos, químicos, arquitectos y expertos en diseño. Las decisiones sobre el curso de la investigación fueron decididas con los productores involucrados y con profesores y estudiantes de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (ECA-UAT). Los resultados de cada etapa del proyecto se presentan a los funcionarios del gobierno estatal, por ejemplo, a la Secretaría de Fomento Agropecuario, así como al INE-SEMARNAT y al PNUD en México.

Durante el primer taller del proyecto hubo reuniones con miembros del gobierno estatal y federal productores, y con los equipos iniciales de investigación. Se plantearon las siguientes preguntas:

- a) ¿Quiénes son los más vulnerables a la variabilidad y al posible cambio climático?
- b) ¿A qué eventos climáticos son más vulnerables?
- c) ¿Qué factores determinan o explican esa variabilidad?
- d) ¿Qué medidas de adaptación serían viables?

Es claro que estas preguntas fueron respondiéndose a lo largo del estudio (Conde, Ferrer y Orozco en prensa). Para obtener las respuestas:

- a) Se aplicaron modelos biofísicos como el modelo de simulación agrícola Ceres-Maize.
- b) Se analizaron las políticas y programas agrícolas vigentes.
- c) Se estudió la historia de los eventos climáticos y de sus impactos en la agricultura de maíz de temporal.
- d) Se realizaron talleres, entrevistas y grupos focales con los actores clave (productores, tomadores de decisiones, estudiantes y profesores de la ECA-UAT).
- e) Se decidió cuáles medidas adaptativas serían viables, considerando las capacidades actuales y las limitaciones presupuestarias.

A partir de ese trabajo se decidió que los más vulnerables a las variaciones y cambios en el clima son los productores de maíz de temporal. Son vulnerables a eventos climáticos como las heladas, la sequía, las lluvias torrenciales, los vientos fuertes y las granizadas, en ese orden de importancia. Estos eventos se ven exacerbados cuando coinciden con fuertes apariciones de *El Niño* (Magaña 1999; Morales y Magaña 1999).

El factor ambiental más importante es la pérdida de fertilidad de suelos. Tlaxcala es el estado mexicano con mayor problema de degradación y pérdida de fertilidad en suelos. Las plagas llegan a afectar a los cultivos de manera severa, por lo que son también un factor ambiental que debe considerarse, principalmente cuando las condiciones climáticas propician su propagación.

En cuanto a las condiciones socioeconómicas, éstas representan una fuente de vulnerabilidad social que es determinante en la disminución de capacidad que tienen los productores para enfrentar eventos climáticos adversos. Algunas de éstas son: la falta o disminución de apoyos económicos y/o técnicos al campo mexicano; la caída de los precios del maíz en el país y el aumento de los insumos necesarios para su producción, hechos que pueden llegar a verse incrementados en el 2008 cuando, siguiendo los acuerdos del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, se dé una apertura comercial total a la importación del maíz. Otro factor que se debe tomar en cuenta es la gran migración de los productores jóvenes del campo mexicano; debido a ella, la mayoría de las personas “vulnerables” que aplicarían las medidas de adaptación serían de más de 50 años o del sexo femenino (Cortés 2004).

La estrategia fundamental que los productores de maíz han aplicado ante estas condiciones es expandir el área de cultivo (Nadal 2000), lo que ha permitido que la producción total nacional permanezca prácticamente constante desde 1988, a excepción de 1998, año en el que un fuerte evento de *El Niño* provocó una de las peores sequías en la historia reciente de México. Durante ese año, además de las fuertes pérdidas en la agricultura de temporal se sufrieron también los peores incendios forestales de que se tenga memoria (Magaña 1999).

Otras medidas que aplican los productores de maíz de temporal son retrasar la siembra, esperando el inicio de un periodo de lluvias regular; cambiar la semilla empleada por una con un periodo de crecimiento más corto, o cambiar de cultivo. En estas estrategias también podríamos citar aquéllas medidas que resultan más onerosas: introducir riego y

umentar fertilizantes y otros agroquímicos. Sin embargo, estas medidas llegan a ser poco viables, considerando las posibles ganancias que pueden obtener los productores de maíz de temporal.

Las condiciones climáticas del estado de Tlaxcala hacen que las heladas sean el evento climático más perjudicial en el sector agrícola. Se requiere solamente una helada severa para que los productores pierdan toda una cosecha y el pronóstico climático de estos eventos es sumamente difícil de obtener. Además, aunque se tuviera el pronóstico perfecto de este evento, si el cultivo se encuentra en sus últimas etapas de desarrollo los productores difícilmente pueden adoptar alguna estrategia para evitar el desastre. Los productores de frutales, por ejemplo, sí llegan a aplicar riego o sistemas de calentamiento del aire para salvar sus productos, pero todas esas medidas son muy costosas para un productor de maíz de temporal.

Se espera que en el futuro (IPCC, WGI 2001) la temperatura media global aumente entre 1.5 y 5.8 ° C, dependiendo de la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero. Este aumento se verá más acelerado para el caso de la temperatura mínima (es decir, se espera que aumente más rápidamente la temperatura mínima que la temperatura máxima). Este efecto, que puede ser negativo por ejemplo para los productores de frutales y de trigo que requieren periodos fríos en alguna etapa de su desarrollo, puede resultar positivo para los productores de maíz de temporal en Tlaxcala y en todo el altiplano mexicano. En diversos grupos focales se ha detectado la percepción de que este aumento en la temperatura mínima ya ha comenzado en algunas regiones de Tlaxcala (Ferrer 1999).

Sin embargo, sabemos que durante fuertes eventos de *El Niño* (Morales y Magaña 1999) el riesgo de las heladas aumenta. Por lo tanto, si el cambio climático también conlleva un aumento en la intensidad o frecuencia de este evento, los resultados de un posible efecto positivo del aumento en la temperatura mínima deben tomarse con cautela.

La probabilidad de condiciones de sequía también aumentan durante el verano en condiciones de *El Niño*, y hay escenarios de cambio climático que apuntan en esa dirección. Por tanto, en cuanto a clima se refiere, se prevé que aumentará la vulnerabilidad de los productores de maíz en el estado.

En cuanto a las condiciones socioeconómicas, sólo con la aplicación de fuertes políticas agrarias podría detenerse la caída de los precios de maíz, el aumento del costo de los insumos y, fundamentalmente,

el flujo migratorio de los productores de maíz en México. Con la migración se está perdiendo además la memoria de las posibles medidas de adaptación ante eventos climáticos adversos.

Considerando las condiciones actuales y los escenarios futuros, en los talleres y grupos focales se decidió implementar las siguientes técnicas:

- a) Apoyar la fabricación de composta, para combatir la pérdida de fertilidad de los suelos.
- b) Construir pequeños invernaderos, para hacer frente a las heladas severas, y para producir tomate, jitomate y chile, productos que fueron seleccionados por los productores y que tienen un mejor precio en el mercado.
- c) Aplicar riego por goteo para optimizar el uso del agua y enfrentar los eventos de sequía.

Es importante recalcar que estas técnicas por si solas no son las medidas adaptativas que se han mencionado hasta aquí en este trabajo. Sin la generación de las capacidades entre los productores de maíz involucrados en el proyecto, tales técnicas pueden ser abandonadas y representar un fracaso no sólo para el proyecto sino para los productores involucrados y, de forma crucial, para las comunidades en donde viven esos productores, que han estado atentas y comentando los avances y los problemas que se han presentado durante el desarrollo de este estudio. Se trata de algo muy importante, pues la confianza de los productores involucrados se vio en constante riesgo por la opinión adversa e incluso las burlas de algunas personas de su comunidad, que en todo momento presagiaban el fracaso de su iniciativa al participar en la experiencia “¿Para que te metes en eso?”, “No funciona”, “No vas a saber manejar el invernadero”, “Nosotros somos productores de maíz, no sabemos de eso”. El cumplimiento de tales pronósticos podría erigirse en la peor medida adaptativa pues posteriores iniciativas con propuestas similares se enfrentarían a la memoria colectiva de ese fracaso.

Lo cierto es que aún no podemos cantar victoria pues en el desarrollo de este proyecto se han presentado muchas dificultades. La integración de los conocimientos de cada participante del proyecto fue, por supuesto, uno de los grandes retos.

Tres asuntos que no se consideraron al inicio del proyecto, son objeto de estudio actualmente:

Con la migración humana se está perdiendo la memoria regional de las posibles medidas de adaptación ante eventos climáticos adversos.

- a) La resistencia de los productores y de algunos colegas a aplicar métodos “orgánicos” para el control de plagas. Esto tiene como antecedente la memoria de los éxitos relativos en la aplicación de pesticidas y fertilizantes. Aunque hemos detectado en los talleres y grupos focales que esta aplicación tiene grandes limitantes, incluyendo la aparición de nuevas plagas e incluso afectaciones en la salud de los propios productores, no hay entre ellos la confianza de que las técnicas “orgánicas” puedan funcionar. Para el proyecto es sumamente importante que las prácticas de adaptación se desarrollen dentro del marco de una “agricultura sustentable”, no agresiva con el medio ambiente.
- b) La falta de un proyecto de comercialización. Concentrados en el inicio del proyecto en los problemas climáticos y en la implementación de las técnicas citadas, no incluimos un esquema de posible comercialización de la producción en invernaderos. Esto es un riesgo actual para el proyecto: es claro que quienes construyen un invernadero para cultivo de hortalizas lo hacen precisamente porque tienen expectativas de mercado para esos productos; también que el uso de técnicas “orgánicas” puede representar a futuro un mejor precio para sus cultivos, pues hay un mercado emergente que empieza a consumir preferentemente “productos orgánicos”.
- c) Enfoque de género. Como mencionamos, debido a la migración de los jóvenes la población en el medio rural mexicano se está transformando en una población compuesta por gente mayor de 50 años y por mujeres. Hemos detectado que algunos de los indicadores que utilizamos para evaluar la capacidad adaptativa actual no son aplicables al caso de las mujeres en el campo. Por ejemplo, consideramos que la capacidad adaptativa de los productores puede caracterizarse por: diversidad de cultivos (además del maíz siembran frijol, habas, calabazas), otras actividades remuneradas aparte de la agrícola (albañiles, peones), apoyos económicos externos (gubernamentales y por remesas) o apoyos técnicos, y acceso a ciertos recursos (riego, principalmente). Las mujeres en el campo mexicano son “nuevos actores” para los cuáles se empiezan a generar proyectos gubernamentales específicos que incluyen “enfoque de género” pero que aún no las contemplan como sujetos posiblemente más vulnerables al cambio climático. Un factor asociado con el anterior que debe considerar el estudio es el hecho de que los apoyos gubernamentales a la producción en el campo se otorgan principalmente a los productores que están integrados en organizaciones campesinas,

La no organización de las mujeres – y su lejanía de las estructuras de poder – las hace carecer de acceso a recursos como la propiedad de tierra o agua, lo cual seguramente influye en su vulnerabilidad al cambio climático.

sobre todo en aquellas cercanas al poder constituido en el estado. La no organización de las mujeres y su lejanía de las estructuras de poder las hace carecer de acceso a recursos como la propiedad de tierra o agua, lo cual seguramente influye en su vulnerabilidad al cambio climático.

## BIBLIOGRAFÍA

- Conde, C. 2003. Cambio y variabilidad climáticos. Dos estudios de caso en México. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, México, D. F.
- Conde, C. 2005. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Primer Coloquio sobre las Dimensiones Psicosociales del Cambio Ambiental Global, 25-27 septiembre de 2005, México.
- Conde, C., R. Ferrer y S. Orozco. En prensa. Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A mexican case study. *Atmósfera*.
- Conde, C. y H. Eakin. 2003. Adaptation to climatic variability and change in Tlaxcala, Mexico. En: J. Smith, R. Klein y S- Huq (eds.). *Climate change, adaptive capacity and development*. Imperial College Press, Londres. Pp. 241-259.
- Conde, C., R. Ferrer, C. Gay, V. Magaña, J. L. Pérez, T. Morales y S. Orozco. 2004. El Niño y la agricultura. En: V. Magaña (ed.). *Los impactos de El Niño en México*. SG-UNAM-IAI-CONACYT, México. Pp. 103 -135.
- Cortés, S. 2004. *Evaluación Externa 2003 al Fondo para atender a la población rural afectada por contingencias climatológicas* (FAPRACC). 30 pp.
- Gay, C., F. Estrada, C. Conde, H. Eakin y L. Villers. En prensa. Potential impacts of climate change on agriculture: A case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climate Change*.
- Gay, C. 2000. *México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Resultados de los estudios de vulnerabilidad del país coordinados por el INE con el Apoyo del U.S. Country Studies Program. SEMARNAP, UNAM, USCSP 220. Disponible en: <http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio>.
- Ferrer R. M. 1999. Impactos del cambio climático en la agricultura tradicional de Apizaco, Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.
- IPCC, WGI (Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group I). 2001. Summary for Policy Makers. A Report of Working Group I of the

- Intergovernmental Panel of Climate Change. Disponible en: <http://www.usgcrp.gov/ipcc>.
- IPCC, WGII (Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group II). 2001. Climate change 2001. Impacts, adaptation and vulnerability. Disponible en: <http://www.ipcc.ch>.
- IPCC, WGIII (Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group III). Summary for Policymakers. Climate Change: 2001: Mitigation. A Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en: <http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc>.
- Lim, B., I. Burton y S. Huq 2004. *Adaptation policy frameworks for climate change. Developing strategies, policies and measures*. Cambridge University Press.
- Magaña, V.O., J.L. Pérez, C. Conde, C. Gay y S. Medina. 1999. El fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) y sus impactos en México. Disponible en: <http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/nino.htm>.
- Morales, T. y V. Magaña. 1999. *Unexpected frosts in Central Mexico during summer*. 11<sup>th</sup> Conference on Applied Meteorology, January 10 -15, 1999, Dallas, Texas. Pp. 262-263.
- Nadal, A. 2000. *El maíz en México: algunas implicaciones ambientales del Tratado de Libre Comercio en América del Norte*. Secretariado de la Comisión de Cooperación Ambiental.
- O'Brian, K.L. y R. M. Leichenko. 2000. Double Exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global Environmental Change* 10: 221-232.



## Tercera parte

# Informar y comunicar

**H**oy en día, una de las principales preocupaciones de muchos científicos es convencer. Parece de pronto que muchos de ellos dividen su tiempo, energía y vocación entre la investigación y la difusión. A reserva de considerar que estas dos actividades han estado siempre indisolublemente ligadas (con un poco de humor podemos pensar que el desnudo público de Arquímedes fue un ardid mercadotécnico), pudiera pensarse que en los tiempos actuales su ejercicio simultáneo es más una urgencia que una elección. Detrás de las palabras de muchos especialistas se advierte una preocupación por complementar sus criterios científicos con llamadas de atención, exhortos, súplicas y advertencias. La vieja caricatura del científico que no despega los ojos del matraz salvo para decir ¡*Eureka!* poco a poco va siendo sustituida por la del investigador que lleva su laboratorio en el maletín y viaja con él día y noche, decidido a persuadir a alguien.

Quizás nadie puede permanecer impávido ante la sospecha fundada de que la supervivencia de la especie humana está en riesgo. La idea no es fácil de procesar. Aunque algunos de los más antiguos textos que se conocen hablan sobre la destrucción del mundo por causas antropogénicas, hay elementos para pensar que la alarma actual es un caso distinto. No están sólo el temor personal y el mito social invertidos en ella. Sin querer

desterrar estos dos factores del campo de la ciencia, ésta parece tener más oportunidades que otro tipo de actividades humanas para sostener alguna certidumbre. Las dimensiones psicosociales del cambio climático parecen exceder toda experiencia anterior. La tentación, fenómeno que también las constituye, es a restarles importancia.

Posiblemente no puede ser de otra manera. La evolución nos ha permitido imitar algunos aspectos de la naturaleza, transformarlos y aprovecharlos, desterrando algunos mitos y, gracias a ello, dejando espacio para la creación de nuevos conceptos. Por supuesto, hay grandes fenómenos naturales que aún soportan nuestra estructura mental y que ante nuestra vista permanecen intactos (la regularidad del movimiento solar sigue sosteniendo nociones fundamentales como las de verdad y permanencia, pero también las de ciclo, riesgo, oportunidad y variación). Reconocer de la noche a la mañana que los grandes Titanes aún míticos como los vientos, los huracanes, las mareas y la temperatura planetaria han sido rozados por nuestra uña mortal, puede ser demasiado para nuestra adormilada conciencia.

La manera de informar es crucial en el proceso de despertar humano ante la crisis ambiental. Si bien la ciencia debe decir las cosas “como son”, no así los científicos cuando hacen de difusores, divulgadores, comunicadores o publicistas. De hecho, es conveniente sustituir el término informar por el de comunicar, que supone tanto un habla adecuada hacia el oyente como una escucha puntual de éste, así como el proceso inverso: que la gente común hable y los especialistas escuchen. Al ser comunicada, la información deja de ser una meta y se convierte en una herramienta. En la alarmante situación ambiental de la actualidad, la precisión de esa herramienta dependerá de su capacidad para adaptarse a las resistencias de quienes la usen.

En los apartados anteriores hemos recibido nutrida información sobre la situación ambiental. Irene Pisanty fue muy rigurosa al describir la importancia de la biodiversidad en nuestras vidas. Irma Rosas puntualizó lo dicho al enfocar especialmente la importancia de las especies vegetales en el equilibrio climático del planeta. Ana Cecilia Conde cerró el campo al hablar del maíz en regiones del estado de Tlaxcala. Este orden nos ayuda a preguntarnos de qué manera la exposición en niveles de especificidad coadyuva a una comunicación eficiente.

En esta tercera parte se retoma este tipo de información, separándose un poco de los procesos mediante los cuales ésta se genera para concentrarse más en el acto de informar a quien carece y necesita del conoci-

miento. Juan Elvira Quesada ofrece una comparación resumida entre la riqueza ecológica de nuestro país y la forma en que hemos dañado a dos de sus componentes principales: el suelo y el agua. Quien busque datos puntuales sobre ellos, aquí puede hallarlos.

Julia Martínez brinda un minucioso recuento de los daños que pueden sobrevenir con el calentamiento planetario, exponiéndolos con un grado de detalle que no se encontrará fácilmente en otras publicaciones de habla hispana. El reporte incluye no sólo el tipo de adversidades sino también las regiones y los tiempos en que pueden presentarse. La puntual mención sobrecoge con fuerza que difícilmente conseguiría una narración literaria.

¿Cómo se verán afectados los ecosistemas terrestres, y en particular los humedales, si la temperatura del planeta se eleva 1° C debido a la radicalización del efecto invernadero? ¿Qué sucederá si en vez de 1 son 2 grados? ¿Y si son 3 o más? El hecho de que el enlistado de catástrofes posibles nos recuerde una novela de ciencia ficción no resulta en absoluto positivo pues lo que menos nos serviría en este momento es cerrar el libro diciendo *Qué historia tan terrible*.

Desde los humedales, el desolador viaje de Julia Martínez nos lleva a los campos agrícolas y a las fuentes de agua. Con 1, 2 o 3° C de aumento, ¿cuántos millones de personas verán afectados sus medios de subsistencia? Y si hablamos de daños en los sistemas socioeconómicos de las naciones, ¿a cuánto equivalen esos ligeros cambios de temperatura en cuanto a pérdida de PIB?

El viaje que hemos realizado no es una ficción, pero tampoco es un hecho consumado. El ser humano cuenta todavía con múltiples recursos para definir su destino y el de su planeta. Aunque algo del daño es irreversible, todavía queda la oportunidad de comunicarnos y acordar, concertada o desconcertadamente, acciones para limitarlo. No debe menospreciarse el alcance de los medios que tenemos a la mano. El tomador de decisiones que instruye para tomar una medida y el artista que habla o danza a favor del ambiente, cumplen con la responsabilidad de llegar a un público específico o a una parte diferente de cada persona. Sin duda, la emotividad que ejercita el arte será crucial para el ensanchamiento de la conciencia, sobre todo si se complementa con otras formas de comunicación.

Pero, ¿de dónde proviene toda esta información tan puntualmente seleccionada y sintetizada? Ana Rosa Moreno precisa que las principales fuentes de datos sobre el cambio climático son tres tipos de evaluaciones ambientales internacionales, cuyos resultados se revelan de forma periódicamente.

ca y que corresponden al trabajo del *Panel Intergubernamental de Cambio Climático*, a las tareas para evaluar las *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial* y a las acciones encaminadas a difundir las *Evaluaciones de los Ecosistemas del Milenio*.

Los tres son ejercicios de recopilación y análisis exhaustivo de la información científica, técnica y socioeconómica que se genera a nivel mundial. Sus primeros destinatarios son los tomadores de decisión, desde el nivel de ministros, en cuyas manos se encuentran las principales medidas para fomentar el cuidado del medio y para conducir la actividad social a favor de éste. Todos ellos se constituyen por grupos de expertos que revisan minuciosamente la literatura existente, la discuten y reportan de forma colectiva sus resultados.

Cabe destacar que las *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial* incluyen un inciso particular destinado a informar a los jóvenes sobre el estado actual del medio ambiente, a educarlos para el uso adecuado de esta información, y a involucrarlos y ponerlos en contacto unos con otros para conseguir mejores respuestas de adaptación y mitigación ante el fenómeno adverso.

Las *Evaluaciones de los Ecosistemas del Milenio*, por su parte, responden a una iniciativa personal del Secretario General de las Naciones Unidas, Kofi Annan, quien en el año 2000 solicitó su elaboración con el fin de dar a conocer "...las consecuencias de los cambios ecosistémicos sobre el bienestar humano y las bases científicas de las acciones que se necesitan emprender para reforzar la conservación y el uso sostenible de los sistemas". El programa se ha extendido desde entonces y ha conjuntado a más de 1 360 científicos y tomadores de decisión de organizaciones internacionales, gobiernos nacionales, sector privado y sociedad civil mundiales.

Ana Rosa Moreno concluye su texto mencionado los ocho solemnes compromisos suscritos en el año de 1995 por jefes de estado y de gobierno de todo el planeta para erradicar la pobreza en el mundo, entre los cuales se encuentra el de garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.

Se cierra esta sección con un texto que de alguna manera sintetiza conceptos vertidos en el mismo, y otros que contiene el libro.

Andrés Flores y Adrián Fernández presentan un panorama general sobre los daños presentes y predecibles que pueden atribuirse al cambio climático, y hacen énfasis en que el hecho de que mucha de esta información contenga un cierto grado de incertidumbre no justifica, de ninguna manera, la parálisis ni la postergación de las medidas de acción. Para estos autores la evidencia es ya insoslayable y la opción de no actuar

y dejar “que los mecanismos naturales del planeta y de las especies que lo habitan, incluida la humana, se ajusten de alguna manera y encuentren equilibrio” no parece ya viable.

Entre las evaluaciones emprendidas a nivel mundial para captar y analizar información, mencionan también al *Panel Intergubernamental de Cambio Climático* y lo destacan como “...el órgano más importante para la discusión de los aspectos técnicos y científicos relacionados con el cambio climático”, señalando, como cosa digna de mención, el hecho de que aunque está conformado por representantes de gobierno aspira a que las discusiones no adquieran sesgos políticos. Además, busca “que sus hallazgos y conclusiones sean informativos y no prescriptivos para los tomadores de decisiones”. Estas características, junto con su seriedad epistemológica, lo han convertido en una ayuda invaluable para negociaciones internacionales donde está involucrado el tema del ambiente.

Este *Panel Intergubernamental* cuenta con un grupo especial sobre Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero; los trabajos de este grupo son la base para el desarrollo y actualización periódica de esos documentos, fundamentales en la búsqueda de soluciones. Por cierto, cabe aquí mencionar que recientemente el INE publicó la actualización del inventario nacional de emisiones de este tipo de gases, con datos al año 2002 y con significativas mejoras respecto de los inventarios anteriores. Con este paso, México se convierte en el primer país que, sin estar en la obligación de reducir sus emisiones, presenta un inventario actualizado.

La información que puede obtenerse en evaluaciones como ésta da pie a que los Drs. Flores y Fernández recapitulen sobre los enormes riesgos que conlleva el cambio climático, resaltando la relevancia de que toda medida de mitigación y adaptación sea evaluada en el contexto de nuestra realidad y nuestra cultura, considerando no sólo la consecuencia directa de las acciones sino también los beneficios adicionales que nos pueden brindar, “en particular los socioeconómicos, los de salud y los de preservación de ecosistemas, por mencionar algunos”.

Aprovechando la inconclusa lista pueden añadirse otros beneficios que indudablemente muchos de los autores del libro suscribirían y que recapitulan algo de lo comentado en capítulos anteriores: con toda seguridad nuestras costumbres, tradiciones, formas de pensar y modelos de organización se verían favorecidos por una movilización colectiva y consciente hacia la mitigación y adaptación frente al cambio ambiental global.



# ALGUNOS PELIGROS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

*Julia Martínez Fernández\**

## INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de *cambio ambiental global* nos referimos en concreto a un rápido deterioro de recursos, ambientes y parámetros biofísicos. Las ciencias naturales han contribuido a entender las causas y efectos del fenómeno, pero es fundamental que a estos estudios se incorporen también las perspectivas humanas, sociales y económicas.

La visión global sobre el ambiente ha evolucionado gradualmente desde la adopción de la Carta de las Naciones Unidas en 1945 y la aparición del notable Informe de la Comisión Brundtland, en 1968. Cada vez más, científicos y políticos dan importancia a las preocupaciones sociales: reducción de la pobreza, salud, abastecimiento de agua, saneamiento, seguridad alimentaria, seguridad nacional y seguridad humana.

Los estudios sobre estos temas deberían fluir en diálogo continuo con los tomadores de decisión, cuyos intereses y necesidades son una importante fuente de inspiración para la investigación transversal e interdisciplinaria en diferentes sectores. El claro entrecruzamiento

\* Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.

entre desarrollo sustentable, cambio ambiental y globalización obliga a poner atención a los países en desarrollo y a priorizar su desarrollo científico, sus investigaciones y sus preocupaciones.

Cabe mencionar la participación de Klaus Topfer durante la inauguración de la Sexta Reunión de la Comunidad sobre Investigación de las Dimensiones Humanas del Cambio Ambiental Global, que se llevó a cabo en Alemania en octubre del 2005, con la participación de representantes de 85 países. El entonces Director Ejecutivo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente habló sobre cambio ambiental global, globalización y seguridad social, e hizo un resumen de todos los hechos alarmantes que acompañan al primero: cambio climático, rápida disminución del capital natural, enormes modificaciones en el uso del suelo y aumento de la desertificación y la urbanización; mencionó también la pérdida de diversidad y estabilidad, y puso énfasis en la conexión entre ambiente y pobreza, afirmando que los ecosistemas son básicos para combatir esta última. Concluyó que la estabilidad social se consigue con el cuidado de la diversidad y que las regiones mono-estructuradas, que florecen de manera temporal, están en gran riesgo por la desestabilización que producen.

En esa misma reunión, Hallador Thorgeisson, representante de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), mencionó que las consecuencias del cambio climático para la seguridad humana futura serán muy significativas; las investigaciones indican que la vida de las personas se verá modificada a un nivel tal que afectará la elaboración de políticas. Mencionó que la CMNUCC y su Protocolo de Kyoto son las dos principales iniciativas internacionales de respuesta al cambio climático. Mencionó también que el proceso del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) es muy exitoso, gracias a la dedicación de los científicos involucrados y a la sabiduría de los tomadores de decisión.

El Primer Ministro del Reino Unido, Tony Blair, ha mencionado que el cambio climático es el reto ambiental más grande del mundo. Las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la industrialización y el crecimiento económico de la población mundial (600% en 200 años) están causando el calentamiento global a un ritmo insostenible.

Blair ubicó el tema de cambio climático como una de las más altas prioridades del 2005 para la Presidencia, a cargo del Reino Unido,

El claro entrecruzamiento entre desarrollo sustentable, cambio ambiental y globalización obliga a poner atención a los países en desarrollo y a priorizar su desarrollo científico, sus investigaciones y sus preocupaciones.

del Grupo de los Ocho (G8), unión de países en la que también participan Estados Unidos, Francia, la Federación Rusa, Alemania, Japón, Italia y Canadá.

Asimismo, mencionó que el trabajo de científicos de todo el mundo deja claro que los riesgos del cambio climático pueden ser mayores de lo que se ha pensado, pero también que es mucho lo que se puede hacer para contenerlos.

Es en Latinoamérica y el Caribe (con el 44% de su población en situación de pobreza) donde los impactos del cambio climático pueden llegar a ocasionar las modificaciones ambientales y los fenómenos sociales y culturales más insospechados. Las predicciones del IPCC aciertan al mencionar que los principales afectados serán las personas pobres de los países en vías de desarrollo. Los cambios en el clima podrían aumentar la malnutrición crónica, las enfermedades infecciosas como el cólera, las transmitidas por vectores como malaria, dengue y enfermedad de Chagas, y otras que afectan a grandes sectores de la población. Asimismo, el cambio climático tendría un importante impacto económico al afectar agricultura, pesquería, arrecifes coralinos, turismo y disponibilidad de agua. Por su parte, el aumento en la temperatura de la superficie terrestre empeorará los grados de contaminación y sus efectos, y hará más altas las concentraciones de ozono troposférico, especialmente en las zonas urbanas. Cabe destacar que, en contraste con el daño que puede recibir, la región sólo ha aportado el 4% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (The Working Group on Climate Change and Development, 2006).

## ANTECEDENTES

En 1990 los niveles de bióxido de carbono en la tropósfera fueron de alrededor de 354 partes por millón; hoy, la cifra es de aproximadamente 377 y sigue subiendo. Desde 1990 la temperatura global ha aumentado en 0.2°C; a partir de esa fecha han sobrevenido los años más calientes que reportan los registros mundiales.

En 1990, el Primer Informe de Evaluación del IPCC no pudo demostrar de manera contundente que el aumento observado en la temperatura estaba asociado con el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero. Sin embargo, en el 2001 sí pudo decir que “hay evidencias nuevas y más fuertes de que la mayor parte del calentamiento observado en los últimos 50 años se atribuye a las ac-

## *Algunos peligros del cambio climático*

El trabajo de científicos de todo el mundo deja claro que los riesgos del cambio climático pueden ser mayores de lo que se ha pensado, pero también que es mucho lo que se puede hacer para contenerlos.

tividades humanas”. Las proyecciones indican que el aumento en la emisión de gases provocará un aumento de entre 1.5°C y casi 6°C a lo largo del siglo (IPCC 1998).

## SITUACIÓN ACTUAL

### *Dimensiones humanas del cambio climático*

Hay evidencias nuevas y más fuertes de que la mayor parte del calentamiento observado en los últimos 50 años se atribuye a las actividades humanas.

Las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el ser humano han venido estresando de manera creciente algunos componentes clave del sistema climático.

Los párrafos que siguen ilustran cómo el término “calentamiento global” no es adecuado para describir los cambios que se pueden esperar en el sistema terrestre. El término correcto debe poner atención no sólo en la temperatura sino también en las modificaciones anticipadas de todo el rango de variables del clima, incluyendo sus extremos, y también en las consecuencias oceánicas directas del aumento de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>.

Nuestro conocimiento del sistema climático no es completo; sin duda debemos mejorar los modelos matemáticos que utilizamos para estudiarlo.

Desde hace aproximadamente 25 años el concepto de *resiliencia*, que determina la persistencia de las relaciones dentro de un sistema, también ha sido usado en el análisis de las interacciones de los humanos con el ambiente (varios académicos estudian la *resiliencia* de los sistemas socioecológicos).

Por su parte, la *vulnerabilidad* se define como “las características de una persona o grupo en términos de su capacidad de anticipar, de arreglárselas, de resistir y recuperarse de un desastre de la naturaleza o en la sociedad”. En 1990 los académicos empezaron a estudiar la vulnerabilidad de los pueblos a los impactos de los cambios ambientales, en especial del cambio climático. En contraste con la *resiliencia*, la *vulnerabilidad* no se enfoca con modelos matemáticos sino con análisis comparativo de estudios (Janssen y Ostrom 2006).

### *Los peligros del cambio climático*

El impacto que algunos fenómenos climáticos recientes han tenido sobre sociedades modernas y adineradas demuestra que también éstas

luchan contra los eventos extremos; las sociedades de países en desarrollo son particularmente vulnerables a estas catástrofes, que pueden ser muy costosas no sólo en vidas humanas y sufrimiento, sino también en términos económicos.

La entonces Ministra de Medio Ambiente del Reino Unido, Margaret Beckett, en un discurso que preparó para el Hadley Centre, en 2005, mencionó que las inundaciones que se presentaron en Europa en el año 2002 causaron 37 muertes humanas y tuvieron costos directos por 16 mil millones de dólares; la onda de calor que azotó Europa en 2003 produjo 26,000 muertes prematuras.

Un estudio reciente publicado por el Hadley Centre, del Reino Unido muestra que el riesgo de que se presenten episodios de calor extremo, como el del verano del 2003 en Europa, es cuatro veces mayor ahora que hace 100 años; y señala que este aumento del riesgo se debe a la elevación de los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Es necesario emprender ya el debate que permita entender cómo el cambio climático afectará al mundo en sus diferentes niveles: comprendido como un todo, por regiones específicas y por sectores de las sociedades particulares. ¿Qué tan rápido ocurrirá el cambio? ¿Cómo podremos evitar sus peores efectos? Esto último es lo más importante. Quizá no podamos hacer mucho para reducirlo en las próximas décadas; sin embargo es claro que nuestra acción presente afectará en *cómo y qué tan rápido* cambie el clima.

Desde 1990, las emisiones globales de CO<sub>2</sub> han aumentado en 20%; para el 2010, si no llegara a ocurrir la reducción de emisiones contemplada en el Protocolo de Kyoto, llegarían a 30%.

Es necesario un cambio radical en la manera como se genera y usa la energía; ciertamente no habrá una solución única sino que se necesitará un portafolio de medidas. El Protocolo de Kyoto contempla metas de reducción de emisiones para los países desarrollados, pero con éstas sólo removerán cerca del 2-3% de las proyectadas, aunque claro que se trata de un primer paso.

La experiencia del Reino Unido demuestra que la descarbonización no necesariamente afecta el crecimiento económico: entre 1990 y 2003 sus emisiones de bióxido de carbono disminuyeron en 14% mientras que el producto interno bruto aumentó un 36% (Joachim 2006).

*Algunos  
peligros  
del cambio  
climático*

También las sociedades modernas y adineradas luchan contra los eventos extremos.

## IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

### *Impactos del cambio climático*

### *El impacto en ecosistemas, producción de alimentos, agua y sistemas socioeconómicos*

El estudio de la adaptación al cambio climático resulta de suma importancia. El impacto en ecosistemas, producción de alimentos, agua y sistemas socioeconómicos fue analizado mediante extensas revisiones de la literatura para determinar la relación entre la temperatura media global y los riesgos identificados en cada investigación, principalmente en las del Tercer Informe de Evaluación del IPCC, de 2001. Los escenarios climáticos considerados fueron reducidos a una escala de temperatura media global con respecto al período preindustrial (clima de 1861-1890), con el uso de una metodología estándar.

Como se mencionó arriba, el IPCC predice un aumento de hasta cerca de 6° C para el año 2100, mientras que la Revista *Nature* (Hopkin 2005) mencionó que el aumento podría llegar a ser de hasta 11° C para el mismo año.

### *Especies y ecosistemas*

Algunos autores coinciden en que un caso de extinción de especies atribuible al cambio climático es el del sapo dorado. Por otra parte, el blanqueamiento generalizado de los corales en los últimos 10-15 años no tiene precedente.

De darse 1° C de aumento sobre la temperatura actual, parece que al menos tres ecosistemas estarían en alto riesgo: los arrecifes coralinos, las altas selvas tropicales en Queensland, Australia, y la vegetación de plantas suculentas de Karoo en Sudáfrica (entre ellas 2 800 especies endémicas). Asimismo, los bosques boreales y otros ecosistemas podrían verse afectados por frecuentes incendios y por la aparición de plagas; también existe riesgo de extinción de algunas especies muy vulnerables del suroeste de Australia (como el ave dorada del paraíso) y, en menor grado, de Sudáfrica.

Si la temperatura sube entre 1° C y 2° C el blanqueamiento de los corales será mayor y su recuperación muy lenta o quizá nula, particularmente en el Océano Índico, al sur de la línea del ecuador; la superficie de algunos tipos de bosque tropical de Australia, donde viven muchos vertebrados endémicos, podría verse reducida a la mi-

De darse 1° C de aumento sobre la temperatura actual, parece que al menos tres ecosistemas estarían en alto riesgo: los arrecifes coralinos, las altas selvas tropicales en Queensland, Australia, y la vegetación de plantas suculentas de Karoo en Sudáfrica.

tad; las zonas alpinas de Australia sufrirían pérdidas entre moderadas y grandes; los Alpes europeos podrían experimentar gran estrés; la posible pérdida de hielo en el mar del Ártico (que puede ir de grande a severa) dañará a todas las especies que dependen de él, como osos polares y morsas; en la región mediterránea aumentaría la frecuencia de incendios forestales y plagas de insectos; habría pérdidas entre medianas y grandes en los bosques boreales de China; en Australia, muchos eucaliptos se verían fuera de su rango climático, e impactos severos atacarían el hábitat de salmones en Estados Unidos, y de muchos animales de Sudáfrica y México.

Con un aumento de entre 2° C y 3° C, en muchas regiones los corales sufrirían blanqueamiento y la región de la selva del Amazonas padecería daños potencialmente irreversibles que la llevarían al colapso.

Con más de 3° C, aumentaría la pérdida de hielo del mar del Ártico en el verano, con un consiguiente grave impacto sobre los osos polares. México sufriría mermas muy severas en su fauna (Hare 2006).

### *Humedales costeros*

Si por efecto de un aumento de la temperatura, el nivel del mar subiera 30 centímetros en las próximas décadas (o en cien años), inevitablemente la inercia térmica de los océanos elevaría esta cantidad al doble o incluso al cuádruple (aún si la temperatura dejara de aumentar). Ante este panorama, el pronóstico para los humedales no es claro: mucho del daño que sufrieran dependería de la relación de la tasa aumento del nivel del mar con el acrecentamiento/capacidad migratoria del sistema. Determinantes importantes del proceso son la actividad humana adyacente a los humedales y el estancamiento agua/terrá dentro de éstos.

Con menos de 1° C de aumento en la temperatura planetaria, el riesgo de daño para la mayoría de los sistemas de humedales sería bajo. Entre 1° C y 2° C de calentamiento podrían traer pérdidas entre moderadas y grandes en sistemas vulnerables, como los de Kakadu en el norte de Australia y Sundarbarns en Bangladesh (que figuran en la lista del Patrimonio de la Humanidad, de la UNESCO), donde la merma podría alcanzar el 50%. Con un aumento de entre 2 y 3°C ambos sistemas podrían desaparecer por completo, y en un 50% los hábitats de aves migratorias del Mediterráneo, del Báltico y de Estados Unidos (Hare 2006).

### *Algunos peligros del cambio climático*

Con un aumento de entre 2° C y 3° C la selva del Amazonas padecería daños potencialmente irreversibles que la llevarían al colapso.

La agricultura es, en general, muy vulnerable al cambio climático. Esta fragilidad pone en peligro el desarrollo de las regiones cuya economía depende de esa actividad. En algunas de éstas el riesgo se exagera por factores de estrés como pobreza, limitado desarrollo tecnológico, alto índice de morbilidad, alta tasa de crecimiento de la población, y guerras y otros conflictos.

El aumento de 1°C en la temperatura sería poco dañino cuando se considera el riesgo de un ascenso en hambruna y/o malnutrición. De hecho casi todos los países desarrollados se beneficiarán de ese calentamiento. Por su parte, muchos de los países en desarrollo ubicados en los trópicos experimentarían un pequeño pero significativo decremento en sus tasas de producción de cultivos.

Si la temperatura se elevara entre 2 y 3°C el riesgo de hambre aumentaría considerablemente. Se supone que los países en desarrollo podrían beneficiarse de este rango de temperatura; la literatura indica que la tasa de producción agrícola dependería de un fino balance entre los efectos del aumento de la temperatura y los ocurridos por cambios de precipitación. Los modelos para los climas más secos proyectan pérdidas agrícolas (los casos son América del Norte, Rusia y Europa del Este), mientras que los modelos para los climas más húmedos proyectan aumentos. Con un alza de 2.5 °C el riesgo de hambruna atañería a 45 o 55 millones de personas más, para 2080. Con un aumento de 3.5°C, la cifra avanzaría hacia 65 o 70 millones adicionales.

Con un aumento de entre 3 y 4°C, se estima que el número de personas con riesgo de padecer hambre estaría entre 80 y 125 millones (las cifras varían dependiendo del modelo climático). En Australia, un aumento de 4°C dejaría regiones enteras sin producción (Hare 2006).

Con el aumento de temperatura, un grupo muy grande de países en desarrollo, con altos índices de pobreza, sufrirían crecimiento en el déficit de alimentos. Tampoco el sector agrícola de los países desarrollados será inmune a los grandes efectos del cambio climático.

### *Recursos hídricos*

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad en el siglo XXI es el de tener acceso a suficiente agua limpia.

La agricultura es, en general, muy vulnerable al cambio climático. Sin embargo, la agricultura de casi todos los países desarrollados se beneficiaría con un calentamiento de 1° C.

El agua está unida de manera inextricable a la seguridad alimentaria, a la salud humana y a la conservación del ambiente.

Independientemente del cambio climático, se espera que en las próximas décadas aumente sustancialmente el número de países con escasez de agua (es decir, aquellos que usan más de 20% de sus recursos disponibles) y, por lo tanto, el de personas que sufren este problema.

Tanto el rápido crecimiento de la población y la urbanización como la industrialización y la contaminación amenazan la sustentabilidad de los recursos hídricos. Sin embargo, el cambio climático llega a ser mucho más importante que estos factores, a largo plazo. De hecho, la relación entre degradación del suelo, cambio climático y disponibilidad del agua debe ser tomada en cuenta al formular evaluaciones completas, pues es sabido que con esta coexistencia de factores los problemas se exacerban.

Si la temperatura subiera 1°C, entre 2020 y 2050 aumentarían los niveles de riesgo adicional de escasez de agua en algunas regiones, riesgo que puede decrecer con el aumento de riqueza económica y el ascenso de capacidad adaptativa proyectados para el próximo siglo. Sin embargo, con todo ello, se estima que para 2020 el número adicional de personas en regiones con carencia de agua será de entre 400 y 800 millones.

Para entre 1 y 2° C de calentamiento, el nivel de riesgo parece depender del marco temporal y del grado de desarrollo económico alcanzado. Con un aumento de 1.5° C el riesgo alcanza a cerca de 600 millones de personas más, y si es de 2.5° C, la cifra se eleva a entre 2 400 y 3 100 millones de personas. Lo anterior fue calculado con diferentes modelos aplicados a la demanda de agua en megaciudades de India y China. Con 2.5 a 3° C de calentamiento el nivel de riesgo empieza a saturar en el rango de 3 100 a 3 500 millones de personas más. Uno de los principales factores de riesgo que se han podido identificar para el aumento es la demanda de agua en megaciudades y centros con gran concentración de habitantes en India y China. Esto traerá graves consecuencias para los flujos ambientales de agua en los principales ríos de China, India y el Tibet (Hare 2006).

### *Impactos socioeconómicos*

Con 1°C de calentamiento, al parecer un número significativo de países en desarrollo experimentarán pérdidas netas de hasta 2% de su PIB.

### *Algunos peligros del cambio climático*

La relación entre degradación del suelo, cambio climático y disponibilidad del agua debe ser tomada en cuenta al formular evaluaciones completas, pues es sabido que con esta coexistencia de factores los problemas se exacerban.

Un aumento de 2.5 a 3°C en la temperatura planetaria traería una pérdida global promedio de 1 a 2% del PIB.

La mayoría de los países desarrollados sufrirán una mezcla de daños y beneficios (algunos modelos predicen beneficios netos). Con un aumento de 2°C, los efectos adversos netos proyectados para países en desarrollo se vuelven más consistentes, con pérdidas de varios puntos porcentuales del PIB (hay variación según el modelo utilizado). Por arriba de 2°C de calentamiento, aumenta la posibilidad de daños globales a una tasa bastante incierta. Con 2.5 a 3°C, los efectos sobre algunas regiones en desarrollo parecen ser pérdidas de entre 3 y 5 % del PIB. Un aumento de 2.5 a 3°C traería una pérdida global de 1 a 2% del PIB (Hare 2006).

## CONCLUSIONES SOBRE LOS RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los resultados de estos trabajos apoyan la posición adoptada por la Unión Europea en 1996 de limitar el calentamiento global promedio a 2°C por encima de la temperatura de los siglos preindustriales.

Sin embargo es claro que aún permaneciendo por debajo de este nivel de calentamiento sobrevendrán riesgos sustanciales, en particular para los ecosistemas, especies y regiones vulnerables. Para muchos de ellos, 2°C de calentamiento global ya supone riesgo de daños y pérdidas severos.

### *Capacidad de adaptación*

La adaptación a la variabilidad ambiental ha sido estudiada por la antropología desde hace unos 15 años; contempla ajustes para reducir la vulnerabilidad de las comunidades, regiones o actividades ante la variabilidad climática y, en particular, ante el cambio climático. En años recientes el estudio de algunas comunidades ha tenido importante influencia sobre la investigación enfocada en las dimensiones humanas del cambio global.

La capacidad de adaptación de los países en desarrollo debe fortalecerse mediante la formación de recursos humanos. Algunas comunidades locales que han sufrido variaciones de clima a gran escala, han desarrollado sistemas basados en conocimientos indígenas que las han ayudado a salir adelante. Sin duda, la instrumentación de medidas de adaptación exitosas y sustentables (incluso en países desarrollados) requerirá, entre otras cosas, de la integración del conocimiento indígena en la ciencia.

La instrumentación de medidas de adaptación exitosas y sustentables (incluso en países desarrollados) requerirá de la integración del conocimiento indígena en la ciencia.

El cuello de botella a que se enfrenta la operación de varios recursos de adaptación necesita ser removido para que los países pobres puedan empezar a utilizarlos. La experiencia ha demostrado que los costos de adaptación son por lo general mucho menores que las pérdidas ocasionadas por el cambio climático. La planificación para la adaptación es una manera proactiva de atender la catástrofe, pues con ella se coloca el énfasis ya no en la *gestión ante desastres*, que es muy cara, sino en la *reducción* de los mismos.

Todo lo anterior permite añadir, por último, que es de gran importancia que la información sobre las investigaciones mundiales se dé a conocer a la población en general.

### *La información sobre cambio climático*

Una eficiente comunicación en torno al tema serviría para apoyar la respuesta de la sociedad ante el cambio climático; por ello requiere atención específica y prioritaria. Hay evidencia de que cuando los comunicadores están bien informados y entrenados por científicos profesionales (también éstos con talento para comunicar) la eficiencia en la entrega de la información se eleva en grados dramáticos.

Las noticias sobre el cambio climático no son buenas. Más bien cada vez son peores. Los estados, tendencias y escenarios del clima mundial y de los ecosistemas; las vulnerabilidades sociales y económicas, y la capacidad/incapacidad de las sociedades para enfrentar múltiples y rápidos cambios (los cuales además interactúan entre sí), sin duda puede descorazonar a los observadores cercanos.

La brecha entre la urgencia de acordar cambios ambientales y sociales (urgencia que muchos investigadores señalan) y la respuesta que a la fecha da la sociedad tanto en términos de mitigación como de adaptación, dista mucho de cerrarse.

Se podría pensar en ampliar las vías de información y ofrecer una comunicación más creativa, a través, por ejemplo, de varias formas de arte: teatro, cuentacuentos, canto, poesía y danza ya están siendo utilizadas para hablar de cambio climático y llevar la ciencia a la vida, volviendo la información más accesible, añadiéndole significado cotidiano y facilitando el compromiso emocional (Moser y Luganda 2006).

Las prioridades de comunicación podrían incluir los siguientes puntos:

### *Algunos peligros del cambio climático*

Hay evidencia de que cuando los comunicadores están bien informados y entrenados por científicos profesionales (también éstos con talento para comunicar) la eficiencia en la entrega de la información se eleva en grados dramáticos.

- Efectuar estudios de caso comparativos de los impactos de la comunicación a nivel país.
- Explorar las diferencias de género en acceso a la comunicación, recepción de la misma, conducción y enlace con la acción.
- Investigar el efecto de la comunicación en los cambios sociales.
- Avanzar en nuestro entendimiento sobre cómo acercar de forma más efectiva la ciencia a las instituciones sociales de poder e influencia: medios, tomadores de decisión de diferentes niveles, iniciativa privada, organizaciones no gubernamentales y administradores financieros.

Cabe mencionar que para cumplir con este objetivo, el Instituto Nacional de Ecología de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales desarrolló y puso a disposición de los interesados un portal sobre cambio climático cuya dirección electrónica es: [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx).

#### BIBLIOGRAFÍA

- Hopkin, M. 2005. Internet project forecast global warming. *Nature*. 26 de enero. Disponible en: [http://www.nature.com/news/2005/050124/pf/050124-10\\_pf.html](http://www.nature.com/news/2005/050124/pf/050124-10_pf.html).
- IPCC.1998. *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*. Special Report of IPCC Working group II. Cambridge University Press. Disponible en: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
- Janssen, M.A. y E. Ostrom. 2006. Resilience, Vulnerability and Adaptation. *IHDP UPDATE*. Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change 01: 10–11. Disponible en: [www.ihdp.org](http://www.ihdp.org).
- Hare, B. 2006. Relationship between increases in global mean temperature and impacts in ecosystems, food production, water and socio-economic systems. En: H. Joachim (ed.). *Avoiding dangerous climate change*. Cambridge University.
- Moser, S.C. y P. Luganda. 2006. Talk for a change: Communication in support of societal response to climate change. *IHDP UPDATE*. Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change 01: 17-20. Disponible en: [www.ihdp.org](http://www.ihdp.org).
- The Working Group on Climate Change and Development. 2006. *The Third Report. Up in the Smoke? Latin America and the Caribbean*.

# EL CAMBIO DE USO DE SUELO Y SUS REPERCUSIONES EN LA ATMÓSFERA

*Juan Elvira Quesada\**

En este trabajo se presentan brevemente una serie de datos sobre la biodiversidad, el uso del suelo y del agua en nuestro país, con el propósito de destacar la riqueza nacional en algunos aspectos y el deterioro que se ha sufrido en otros. Se presentan también una serie de acciones gubernamentales que se han tomado para proteger nuestros ecosistemas.

## BIODIVERSIDAD

Riqueza viva del planeta es la biodiversidad de nuestro país. De los más de 170 países del mundo, solo 17 (entre ellos el nuestro) son megadiversos. Sus territorios contienen el 75% del total de especies del mundo. Igualmente, nuestra nación es la segunda en todo el globo con más tipos de ecosistemas, solamente superado por China. Así por ejemplo, en México existen más especies de pinos y cactáceas que en ningún otro país.

México es lugar de origen del chile, maíz, calabaza, tabaco, algodón, jitomate, camote, epazote, amaranto, cacao, vainilla, orquídeas y cientos de otras especies. Todo ello es lo que México ha dado al mundo.

\* Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, PROFEPA.

Con el 1.5 % del territorio del planeta, nuestro país cuenta con más de 10% de los cerca de 2 millones de especies conocidas en el mundo. Esto hace de México el cuarto país del mundo en riqueza biológica.

## SUELO

En México, este tesoro biológico sufre las mismas amenazas que el resto de los suelos del mundo. Nuestras pérdidas en ese rubro son: por erosión hídrica, 56%; por erosión eólica, 28%; por degradación química, 12%, y por degradación física 4%.

Las actividades humanas que causan degradación de los suelos en nuestro país –lo mismo que en el mundo– son: deforestación, con un 29% del daño total de este rubro; prácticas agrícolas inadecuadas, con 28%; sobrepastoreo, con 35%; extracción de leña, con 7%, e industria y urbanización, con 1%.

Entre las causas de deforestación en México destacan: desmontes agropecuarios, con el 82% del daño total; tala ilegal, con 8%; incendios forestales, con 3%; plagas y enfermedades, con 3%; cambios autorizados, con 2%, y otros, con 2%.

Cabe mencionar un dato acerca de la población: en el año 2003 México tenía 104 millones de habitantes; para el año 2025 se espera tener 124.

Entre las acciones relevantes de los últimos años puede destacarse el establecimiento de la “Cruzada por el bosque y el agua”, como parte de la cual se crea, en abril de 2001, la Comisión Nacional Forestal y se otorga un incremento del 1 000% al presupuesto asignado para el cuidado de los bosques; igualmente se establece el “Programa estratégico forestal, México 2025”, que plantea una visión a largo plazo, formula una agenda forestal con cada entidad federativa, y consigue la aprobación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y la publicación del reglamento respectivo.

Cabe mencionar que la propiedad de las tierras en México se distribuye de la siguiente manera: comunal y ejidal, 80%; privada, 15%, y pública 5 %.

Destaca que en la publicación anual de la ONU sobre desempeño forestal de cada país, México obtiene el primer lugar de América Latina en pago de servicios ambientales, y se aleja de los últimos cinco lugares del mundo en pérdida de cobertura forestal ascendiendo al doceavo lugar, lo cual demuestra una mejora en el desempeño ambiental en este

rubro. Se espera cerrar este sexenio con una cifra de mil millones de árboles plantados en seis años, cantidad sin precedente en la historia de nuestro país.

*El cambio  
de uso  
del suelo*

## AGUA

En México, la oferta natural de agua per cápita en el sureste del país es siete veces mayor que en el norte. En el sureste, donde vive el 22% de la población y se genera sólo el 14% del PIB nacional, se recibe el 68% de la precipitación pluvial del país.

El uso consuntivo del agua en México se distribuye de la siguiente manera: riego agrícola, 78%; consumo urbano, 11.5%; uso industrial, 8.5%, y otros usos, tales como uso pecuario y acuacultura, 2%.

El gran reto para el cuidado del agua en México es hacer más eficiente su uso en la agricultura y tratar el agua residual proveniente de los municipios.

## COMENTARIOS FINALES

México ha definido por primera vez en su historia una política forestal importante y es necesario sostener las mejoras en este terreno.

La Comisión Nacional del Agua tiene una gran responsabilidad en mejorar el uso eficiente del agua en la agricultura y apoyar y regir el tratamiento de aguas residuales municipales con el objeto de mantener limpios los ríos, lagos y mares mexicanos.

Aunque México es responsable de aproximadamente un 2 % de las emisiones totales de gases a la atmósfera del planeta, es necesario mantener un mejor y mayor control de las emisiones industriales, principalmente de industrias paraestatales como Petróleos Mexicanos y la Comisión Federal de Electricidad.

Las quemas agrícolas y los incendios forestales son causa creciente de emisiones a la atmósfera. Ahora es el momento de replantear si el marco jurídico vigente es adecuado o si se requiere de medidas más prácticas, efectivas y fáciles de vigilar.



# ESPACIOS INTERNACIONALES DE DISCUSIÓN Y ACCIÓN GUBERNAMENTAL Y SOCIAL ANTE EL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

*Ana Rosa Moreno Sánchez\**

Desde el año 1980, el proceso de globalización ha traído cambios económicos, sociales, institucionales y culturales que hoy influyen en los diversos sistemas productivos en gran cantidad de formas. Simultáneamente, el cambio ambiental global está alterando las condiciones físicas y sociales que sostienen a los diversos sistemas.

A pesar de constantes y exitosos esfuerzos de la comunidad internacional desde la Conferencia de Estocolmo, el medio ambiente y los recursos naturales que sostienen la vida en el planeta siguen deteriorándose a una velocidad alarmante. Continuamente son evidentes los efectos de las alteraciones ambientales en la vida de las poblaciones urbanas y rurales, mismos que desembocan en una disminución del bienestar humano. Las principales causas del deterioro ambiental en el mundo tienen su raíz y derivan de problemas sociales y económicos tales como pobreza extrema, producción insostenible, patrones de consumo, deudas y desigualdad en la distribución de la riqueza. El manejo ambiental va rezagado con respecto al desarrollo económico-social, y la cada vez más creciente población ejerce presiones sobre el medio ambiente.

\* Facultad de Medicina, UNAM.

El término *cambio ambiental global* se utiliza para referirse a las interacciones de los procesos biológicos, químicos y físicos que regulan los cambios en el funcionamiento del sistema terrestre, incluyendo las formas particulares en que dichos cambios se ven influidos por las actividades humanas. Ejemplos de ello son el adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico, la pérdida de la diversidad biológica, la deforestación y el cambio climático, entre otros. Por otro lado, ahora es más evidente que antaño que las condiciones de cada comunidad definen tanto su vulnerabilidad, dada su particular sensibilidad ante estímulos externos, como su capacidad de adaptación, natural o planificada.

En los últimos años, la conciencia sobre la importancia del medio ambiente como un elemento fundamental para el desarrollo sustentable ha llevado a discusiones internacionales encabezadas por diversas agencias de la ONU (por ejemplo, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo) y por otras agencias internacionales que han propiciado foros de discusión con el fin, por un lado, de identificar los principales problemas a enfrentar y, por otro, de promover que en la toma de decisiones se consideren los aspectos ambientales. Como parte de los resultados de esta iniciativa se han propuesto una serie de convenciones internacionales y acuerdos regionales: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y Convención de Biodiversidad.

Una de las ideas que más destaca en estas discusiones internacionales es que la lucha contra el deterioro ambiental depende enteramente de la participación de todos los actores sociales, de una población informada y consciente, del respeto a los valores éticos y espirituales de la diversidad cultural, y de la preservación del legado y el conocimiento indígenas. Así mismo, se deben intensificar nuestros esfuerzos en el desarrollo de acciones preventivas y de una respuesta integrada, incluyendo planes de manejo ambiental nacional, de fortalecimiento del derecho internacional, de promoción de tomas de conciencia, de mejora educativa y del aprovechamiento del poder de la tecnología informativa. Todos los actores involucrados deben trabajar de manera conjunta por un futuro sostenible.

A pesar de los esfuerzos internacionales por analizar y discutir políticas ambientales a nivel regional, nacional y local, persiste una alarmante discordancia entre compromisos y acciones. Es necesario que las metas y los objetivos establecidos por la comunidad interna-

La lucha contra el deterioro ambiental depende enteramente de la participación de todos los actores sociales, de una población informada y consciente, del respeto a los valores éticos y espirituales de la diversidad cultural, y de la preservación del legado y el conocimiento indígenas.

cional con relación al desarrollo sostenible (tales como la adopción de estrategias nacionales y el incremento de ayuda a los países en desarrollo) se pongan en práctica lo más pronto posible. La movilización e incremento de recursos nacionales e internacionales, incluyendo los de ayuda para el desarrollo, son vitales para enfrentar este desafío.

Las tendencias globalizadoras de la economía mundial, con sus consecuentes oportunidades y riesgos ambientales, requieren que las instituciones internacionales adopten nuevas medidas que permitan una mejor actuación de los actores centrales del proceso de la globalización. Debemos impulsar la coexistencia armoniosa e integrada entre el comercio y las políticas ambientales.

Entre las iniciativas más importantes diseñadas para enfrentar el cambio ambiental global destacan, además de las convenciones internacionales, las evaluaciones ambientales. Éstas, si bien son tareas complejas, resultan cada vez más importantes, pues están diseñadas para proveer de elementos para la toma de decisión tanto a gobiernos locales como a instancias que se debaten en arenas nacionales e internacionales, y que deben estar equipados con información científica sólida. Por sí misma, una evaluación es algo incompleto; sólo adquiere significado cuando se convierte en políticas y acciones. Un reto para todos los procesos de evaluación es cerrar la brecha de comunicación entre los científicos y los tomadores de decisión. La importancia de ello crece cuando hablamos de cambio ambiental global, por sus enormes implicaciones sociales y económicas.

Las convenciones internacionales sobre los diferentes aspectos ambientales están vinculadas de una manera u otra con las agencias especializadas. Así, por ejemplo, la Organización Meteorológica Mundial (OMM), a través del Programa de Vigilancia Meteorológica Mundial, del Programa Mundial del Clima, del Programa de Hidrología y Recursos Hídricos, y de su Programa Científico (estrechamente vinculado al problema del ozono atmosférico, entre otros), tiende puentes entre el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Convención de Viena y la Convención sobre Cambio Climático, con sus Protocolos de Kyoto y Montreal. La asociación del PNUD con FAO, UNESCO y UNIDO, y también con el Consejo Internacional de Uniones Científicas y sus programas (por ejemplo el Programa de la Geosfera y la Biosfera y el Programa Internacional de Dimensiones Humanas), unen proyectos nacionales e internaciones con múltiples aspectos de la diversidad biológica y de la biotecnología.

### *Espacios internacionales de discusión*

Las evaluaciones ambientales están diseñadas para proveer de elementos para la toma de decisión tanto a gobiernos locales como a instancias que se debaten en arenas nacionales e internacionales, y que deben estar equipados con información científica sólida.

A continuación se describirán las tres evaluaciones ambientales internacionales más importantes: el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), las Perspectivas del Medio Ambiente Mundial (Reportes GEO) y las Evaluaciones de los Ecosistemas del Milenio. Además, se presentará aquí la iniciativa de los Objetivos del Milenio como propuesta internacional de desarrollo.

#### PANEL INTERGUBERNAMENTAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Las tres evaluaciones ambientales internacionales más importantes son el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, las Perspectivas del Medio Ambiente Mundial y las Evaluaciones de los Ecosistemas del Milenio.

Al detectar el problema del cambio climático mundial, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon en 1988 el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), con el fin de evaluar información científica, técnica y socio-económica relevante para entender el fenómeno, sus impactos potenciales y las opciones mundiales de adaptación y mitigación. Se trata de un grupo abierto a todos los miembros de las Naciones Unidas y de la OMM.

Su *mandato* es producir evaluaciones que presenten el *estado del arte* sobre las bases científicas relacionadas con la preocupación, los posibles impactos y las opciones de respuesta ante el cambio climático.

La función del IPCC consiste en analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus presumibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo. Esta información ha jugado un importante papel en las negociaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático (CMNUCC).

El Panel Intergubernamental del Cambio Ambiental Global moviliza a expertos tanto científicos como gubernamentales, proporcionando canales para su interacción y promoviendo de esa manera que las evaluaciones científicas se transformen en recomendaciones políticas.

Una de las principales actividades del IPCC es hacer una evaluación periódica de los conocimientos sobre cambio climático. Asimismo, elabora informes especiales y documentos técnicos sobre temas en los que se consideran necesarios la información y el asesoramiento tanto científico como de instancias independientes, y respalda a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

mediante su labor en torno a las metodologías relativas a inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Hasta la fecha el IPCC ha publicado tres reportes de evaluación, en 1992, 1995 y 2001; el cuarto reporte se publicará en el 2007.

También publicó informes especiales sobre los impactos regionales del cambio climático y evaluación de la vulnerabilidad en 1997; acerca de la aviación y la atmósfera global en 1999; cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología, escenarios de emisiones y usos de la Tierra, los tres en el año 2000.

En cuanto a documentos técnicos, el IPCC cuenta con las siguientes publicaciones: *Cambio climático y biodiversidad; Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO<sub>2</sub>; Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas; Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC, y Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático.*

Un cuarto tipo de documentos difundidos por el IPCC son los informes metodológicos, entre los cuales se cuentan: *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero; Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero e Inventario de gases de efecto invernadero.*

El trabajo del IPCC ha sido fundamental en la creación de una conciencia social sobre el cambio climático. Conforme el tiempo ha transcurrido y los reportes de evaluación están más fundamentados en trabajos internacionales y enfrentan una mayor difusión de sus resultados, la percepción del cambio climático por parte de diversos grupos sociales ha cambiado en todo el mundo. Los medios de comunicación han hecho lo propio para discutir no sólo las posiciones en cuanto a mitigación en los diversos países, en particular los desarrollados, sino también los efectos del cambio climático sobre diversas áreas: desastres, aumento en el nivel de los mares, biodiversidad, recursos hídricos, salud, bosques, humedales, entre otros. Es notable cómo a raíz de la publicación del Tercer Reporte de Evaluación en el año, el tema ha cobrado importancia en prácticamente todos los medios escritos de todos los países. Cada día se publica en la prensa europea y latinoamericana, incluyendo la de difusión electrónica, una gran cantidad de artículos relacionados con aspectos de mitigación y de evaluación de efectos. También es creciente el número de publicaciones científicas

### *Espacios internacionales de discusión*

La función del IPCC consiste en analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus presumibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo.

que dan a conocer los resultados de investigaciones. Después de los huracanes de 2005 que impactaron a muchos países, la relación entre el cambio climático y la severidad y frecuencia de eventos extremos como estos ha pasado a ser un tema de discusión. Así, ocurre que junto con el interés social llega la posibilidad de contar con recursos (tanto nacionales como internacionales) para investigación y para discutir medidas de adaptación y mitigación.

Conforme la percepción de los problemas relacionados con el cambio climático vaya creciendo, será mayor y más tomada en cuenta la demanda ciudadana por contar con información al respecto, incluyendo la forma de contener los efectos.

#### EVALUACIONES GEO (PERSPECTIVAS DEL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL)

El proyecto de Perspectivas del Medio Ambiente Mundial (GEO por sus siglas en inglés) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), nació como una respuesta a los requerimientos del informe ambiental de la Agenda 21 y a una decisión del Consejo de Administración del PNUMA de mayo de 1995 por la que se requirió la producción de un nuevo informe global y comprensivo del estado del medio ambiente.

Las evaluaciones integrales GEO son producidas a partir de un enfoque de consulta y de participación. Para ellas se solicita información de una amplia variedad de fuentes de todo el mundo incluyendo redes de centros colaboradores, organizaciones de las Naciones Unidas, instituciones contraparte y expertos independientes. Durante la preparación de cada evaluación, el PNUMA organiza consultas invitando a tomadores de decisiones y a otros grupos interesados a revisar y comentar los borradores de los informes. Los resultados preliminares de las evaluaciones pasan por una extensa revisión de expertos internacionales. Este proceso interactivo se diseña para asegurar que los contenidos sean científicamente creíbles y políticamente relevantes para usuarios de diferentes partes del mundo y con distintas necesidades de información que puede apoyar el manejo, la toma de decisiones y el establecimiento de políticas en el sector ambiental.

El resultado de la primera evaluación GEO mundial (GEO-1) fue publicado en 1997, el de la segunda (GEO-2000), en 1999, y el de

El trabajo del IPCC ha sido fundamental en la creación de una conciencia social.

Junto con el interés social llega la posibilidad de contar con recursos (tanto nacionales como internacionales) para investigación y para discutir medidas de adaptación y mitigación.

Conforme la percepción de los problemas relacionados con el cambio climático vaya creciendo, será mayor y más tomada en cuenta la demanda ciudadana por contar con información al respecto.

la tercera (GEO-3, antes de *Johannesburgo*) en 2002. El GEO-4 será publicado en 2007.

En la 22ava sesión del Consejo de Gobierno del PNUMA/Foro Mundial Ministerial de Medio Ambiente, realizado en 2003, los gobiernos encomendaron al PNUMA preparar una declaración anual sobre la Visión Ambiental Global, que destacara los eventos ambientales significativos y los logros alcanzados anualmente. Así, la declaración anual GEO (Anuario GEO) es publicada al comienzo de cada año entre las evaluaciones globales GEO. Los anuarios permiten estar al tanto de aspectos ambientales conforme éstos se van presentando. El Anuario GEO 2003, primero de la serie, fue publicado en 2004 (el segundo anuario es el GEO 2004/5, y el último el GEO-2006).

Otros productos del proyecto GEO son: evaluaciones ambientales integradas nacionales, regionales, subregionales, nacionales y subnacionales; informes técnicos y temáticos (GEO Salud); productos para jóvenes (GEO-juvenil), y una base de datos básicos global denominada GEO Portal de Datos.

El PNUMA ha preparado estas evaluaciones en colaboración con los centros colaboradores de GEO. A continuación se hará hincapié en las evaluaciones regionales GEO para América Latina y el Caribe, que cuentan con la contribución de expertos de más de 25 países de la región, quienes ofrecieron consultas y revisiones durante dos años de trabajo.

Al día de hoy, los Centros Colaboradores (CCs) en América Latina son: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, IBAMA (Brasil); Centro de Análisis de Políticas Públicas/ Universidad de Chile (Chile); Observatorio del Desarrollo/Universidad de Costa Rica (Costa Rica); Universidad del Pacífico (Perú); Centro Latinoamericano de Ecología Social (Uruguay), y Island Resources Foundation (Islas Vírgenes, EEUU).

Las evaluaciones subregionales del Caribe, de Centroamérica y de la región Andina, también son resultado de esfuerzos dirigidos por CCs apoyados por el PNUMA, por medio de procesos participativos. Actualmente se están elaborando la evaluación del GEO MERCOSUR y otra de nivel ecosistémico para la Amazonia; se espera que sean publicadas en 2007.

El PNUMA ha proporcionado asistencia técnica y financiera acerca de 20 gobiernos de la región para apoyar el desarrollo de evaluaciones GEO nacionales y subnacionales. Estos procesos de evaluación

### *Espacios internacionales de discusión*

Este proceso interactivo se diseña para asegurar que los contenidos sean científicamente creíbles y políticamente relevantes para usuarios de diferentes partes del mundo y con distintas necesidades de información.

ambiental transectoriales y participativos facilitaron el diálogo entre quienes establecen las políticas y la comunidad científica; asimismo, proporcionaron información ambiental confiable y actualizada a los tomadores de decisiones y al público en general, ayudando a fortalecer las capacidades nacionales para en un futuro realizar evaluaciones ambientales integradas. Las evaluaciones nacionales publicadas a la fecha corresponden a: Argentina, Bahamas, Barbados, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá y Perú.

Además de las evaluaciones efectuadas en estos países (los cuales han cumplido con por lo menos un proceso nacional y/o subnacional GEO), se encuentran en elaboración otras para Haití, República Dominicana, Santa Lucía, Uruguay y Venezuela.

Algunos países en los que ya se ha realizado un proceso GEO están ayudando al PNUMA en actividades de capacitación para efectuar los GEOs en otras naciones. La metodología GEO también está siendo usada a nivel subnacional en varios países. El GEO Goias en Brasil fue la primera de estas evaluaciones en América Latina y el Caribe.

#### GEO JUVENIL

El proyecto GEO Juvenil para América Latina y el Caribe (GEO Juvenil ALC) representa un paso importante en el compromiso a largo plazo del PNUMA por ayudar a que los jóvenes de América Latina y el Caribe estén más informados acerca del medio ambiente y entiendan mejor qué decisiones se deben tomar para asegurar los recursos del planeta a las futuras generaciones.

La expectativa del proyecto es promover la participación juvenil en el proceso de desarrollo sostenible en la región a través de evaluaciones ambientales integrales. A lo largo de este proceso, jóvenes comparten sus experiencias y puntos de vista sobre temas ambientales y sobre cómo afectan a sus comunidades. Con GEO Juvenil ALC, los jóvenes adquieren herramientas para aumentar el impacto positivo de sus proyectos y de su participación pública a fin de apoyar procesos de desarrollo sostenible. La red de los jóvenes que participan en el proyecto GEO Juvenil ALC es parte de varias redes internacionales como la Red TUNZA. La red regional proporciona a los jóvenes la oportunidad de compartir ideas y experiencias, intercambiar puntos de vista y promover el cambio. A través de GEO Juvenil se aspira a:

- Informar a los jóvenes acerca del estado actual del medio ambiente.
- Educar sobre nuestro impacto ambiental a corto y largo plazo.
- Facilitar acciones que propondrán soluciones futuras mediante una educación práctica.
- Poner en contacto a los jóvenes de la región.
- Promover la conciencia ambiental.
- Involucrar a los jóvenes en los procesos de toma de decisiones ambientales a nivel local, nacional y regional en ALC.
- Cooperar con los jóvenes y otros actores para desarrollar un futuro sostenible para todos.

Se cuenta ya con tres publicaciones GEO Juvenil de nivel regional y siete de nivel nacional.

El primer proceso de evaluación ambiental integral GEO Juvenil ALC ha tenido como resultado el que los jóvenes de la región tomaran la iniciativa de ampliar GEO Juvenil ALC a diferentes niveles: crearon redes nacionales para realizar evaluaciones ambientales en sus países y presentaron los resultados en informes GEO Juvenil nacionales; después, grupos nacionales de GEO Juvenil se asociaron para implementar procesos de GEO Juvenil subnacionales.

## GEO CIUDADES

En el marco del proyecto GEO, y respondiendo al llamado del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe y a las actividades relacionadas con la Cumbre de Johannesburgo, se puso en marcha en el 2001 el proyecto GEO Ciudades, que busca promover una mejor comprensión de la dinámica de las urbes y sus ambientes, suministrando a gobiernos municipales, científicos, formuladores de políticas y público en general de la región, información confiable y actualizada sobre sus ciudades. Los objetivos del proyecto son:

- Reconocer los vínculos que existen entre las condiciones ambientales y las actividades humanas, en especial aquellas relacionadas con el desarrollo urbano.
- Contribuir en la formación de capacidades técnicas locales para la evaluación integral del estado del medio ambiente urbano.
- Orientar la creación de consenso sobre los problemas ambientales más críticos en cada ciudad, fomentando el diálogo y la participa-

ción de todos los sectores de la sociedad en el proceso de la toma de decisiones.

- Hacer posible la formulación e implementación de estrategias y planes urbanos para ayudar a las ciudades a mejorar su gestión ambiental.
- Promover la creación de redes institucionales en la ciudad.

...promover una mejor comprensión de la dinámica de las urbes y sus ambientes, suministrando a gobiernos municipales, científicos, formuladores de políticas y público en general de la región, información confiable y actualizada.

Las evaluaciones GEO Ciudades se basan en información que brindan numerosos expertos e instituciones especializadas en el ambiente urbano y con amplio rango de experiencia en distintas disciplinas. La red de instituciones locales para la elaboración de los GEO Ciudades incluye instituciones científicas y académicas, sector privado, organizaciones no gubernamentales (ONG), dependencias gubernamentales y sociedad civil. Así como esta diversidad de actores aporta conocimiento en torno a una gran variedad de habilidades y entendimientos para enriquecer el proceso de GEO Ciudades, existe también una gran diversidad individual de capacidades en las ciudades, que debe tomarse en cuenta y fortalecerse apropiadamente.

Se han terminado ya 36 Proyectos GEO-Ciudades, entre ellos el de la Ciudad de México; están en proceso 11 más incluyendo el de Playa del Carmen, en Quintana Roo.

La principal contribución del proyecto GEO Ciudades es el desarrollo y la provisión de evaluaciones precisas sobre el estado del medio ambiente y el análisis de las consecuencias que tienen las políticas sobre éste último para promover una eficaz toma de decisiones encaminada al desarrollo sostenible y al logro de los Objetivos del Milenio.

## GEO SALUD

El proyecto *La evaluación integral de medio ambiente y salud en América Latina y el Caribe* (GEO Salud) nace como una respuesta posible a los objetivos planteados por los Ministros de Salud y Ambiente de las Américas. Este proyecto ha sido promovido por el PNUMA y por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y ha recibido la colaboración técnica de la Fundación Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). El proyecto ha buscado también la participación de instituciones científicas y técnicas de algunos gobiernos de la región, así como de sus expertos. El objetivo central del proyecto GEO Salud es desarrollar una visión integral del estado del medio ambiente y la salud con el fin

de contribuir al proceso de toma de decisiones, mediante la evaluación participativa y el fortalecimiento de bases de datos. Para ello se desarrolló el *Enfoque metodológico para la elaboración de evaluaciones integrales de problemas de medio ambiente y salud*.

Con base en una evaluación de las metodologías más importantes para hacer evaluaciones integrales de medio ambiente, o de medio ambiente y salud, y enfocado a las realidades, particularidades y problemas prioritarios de los países de América Latina y el Caribe, se desarrolló un enfoque con las siguientes características: a) que permitiera un trabajo interdisciplinario, intersectorial y participativo; b) que pudiera iniciar una evaluación suficientemente confiable con pocos o muchos recursos, y con datos primarios o secundarios, suficientes o insuficientes y, c) que permitiera continuar, perfeccionar o iniciar dinámicas de monitoreo y vigilancia que se afinarían con el tiempo. También se buscó que fuera un enfoque lo suficientemente flexible como para ser aplicado a nivel local, nacional o regional. Esta metodología está siendo probada en principio en Argentina y Brasil.

El impacto que sobre la percepción de los problemas ambientales han generado los reportes GEO es de gran importancia. Contar con evaluaciones ambientales que permitan identificar los diversos impactos antropogénicos en los sistemas biológicos permite fortalecer la conciencia sobre la necesidad de diseñar políticas multisectoriales para el manejo de los recursos. La percepción de estos problemas y la necesidad de atenderlos de una manera responsable, oportuna y políticamente viable ha ido creciendo conforme los reportes GEO van siendo elaborados, publicados y difundidos.

Es la percepción de los diversos grupos lo que permite, por una parte, debatir los resultados que obtienen los científicos participantes y lograr la participación de equipos científicos y sociales en las políticas enfocadas al desarrollo sustentable; y, por otra, discutir cómo estos problemas ambientales se relacionan con el cambio ambiental global.

## EVALUACIONES DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO

El bienestar humano y el progreso hacia un desarrollo sustentable dependen de un manejo permanente de los ecosistemas para asegurar su conservación y uso sustentable. Mientras que crece la demanda de servicios de los ecosistemas, como alimentación y agua limpia, las acciones humanas hacen disminuir la capacidad de éstos para

cubrirlas. Sin embargo, es claro que el mejoramiento de políticas e intervenciones con frecuencia puede revertir la degradación de los ecosistemas e incrementar su capacidad de contribuir al bienestar humano. Ciertamente, conocer cuándo y cómo hay que intervenir requiere de un entendimiento substancial tanto del sistema ecológico como del sistema social involucrado. Contar con información adecuada no garantiza que se tomen mejores decisiones pero sí es un pre-requisito sólido para ello.

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio fue solicitada en 2000 por Kofi Annan, Secretario General de las Naciones Unidas en un informe a la Asamblea General titulado *Nosotros los Pueblos: La Función de las Naciones Unidas en el siglo XXI*. El objetivo de esta iniciativa, nacida en 2001, fue evaluar: 1) las consecuencias de los cambios ecosistémicos sobre el bienestar humano, tanto en la actualidad como en las próximas décadas, y 2) las bases científicas de las acciones que se necesitan emprender a nivel local, nacional o global para reforzar la conservación y el uso sostenible de los sistemas y su contribución al bienestar humano y al alivio de la pobreza.

Las Evaluaciones de los Ecosistemas del Milenio (EEM) constituyeron un programa de trabajo internacional de cuatro años que conjuntó a más de 1 360 científicos y tomadores de decisión de organizaciones internacionales, gobiernos nacionales y sector privado y sociedad civil mundiales, para proporcionar una evaluación integral de las consecuencias del cambio ecosistémico sobre el bienestar humano y las opciones disponibles para promover la conservación de los ecosistemas y sus contribuciones a la satisfacción de necesidades humanas.

Sus objetivos fueron:

- Identificar prioridades de acción.
- Proporcionar herramientas para la planeación y el manejo.
- Prevenir consecuencias desprendidas de decisiones que afectan a los ecosistemas.
- Identificar opciones de respuesta para lograr el desarrollo humano y las metas de sustentabilidad.
- Ayudar a la construcción de capacidades individuales y de instituciones para asumir evaluaciones ecosistémicas integrales y actuar de acuerdo a los hallazgos.

Las conclusiones acerca de la condición de los ecosistemas y sus tendencias, de los escenarios para el futuro, de las posibles respuestas y de las evaluaciones a nivel regional y local, se presentan en los volúmenes técnicos correspondientes. Además, una *Síntesis General* da respuesta, con base en esos estudios detallados, a una serie de preguntas básicas que se plantearon en el comienzo de la evaluación. Se han preparado también informes de síntesis para abordar las necesidades prácticas de grupos específicos de usuarios, incluidos algunos del sector privado.

### *Mensajes clave de las Evaluaciones de los Ecosistemas del Milenio*

Todas las personas del mundo dependen de la naturaleza y de los servicios de los ecosistemas para poder llevar una vida decorosa, saludable y segura.

En las últimas décadas, al satisfacer sus crecientes demandas de alimento, agua, fibra y energía, los seres humanos han provocado cambios sin precedentes en los ecosistemas.

Estos cambios han ayudado a mejorar la vida de miles de millones de personas; pero al mismo tiempo han debilitado la capacidad de la naturaleza para brindar otros servicios clave, tales como purificación del aire y agua, protección contra los desastres y provisión de medicinas.

Entre los problemas más destacados que esta evaluación identifica, figuran: el riesgo extremo en que se encuentran muchas de las poblaciones de peces del mundo; la grave vulnerabilidad de los dos mil millones de personas que viven en las regiones secas frente a la pérdida de los servicios de los ecosistemas, incluido el suministro de agua, y las crecientes amenazas para los ecosistemas provenientes del cambio climático y de la contaminación con nutrientes.

Las actividades humanas han llevado al planeta al borde de un episodio masivo de extinción de especies, lo cual sin duda amenaza aún más nuestro propio bienestar.

La pérdida de los servicios derivados de los ecosistemas constituye una barrera importante para lograr los Objetivos de Desarrollo del Milenio que plantean reducir la pobreza, el hambre y las enfermedades.

Es un hecho que las presiones globales sobre los ecosistemas van a aumentar en las próximas décadas, salvo que las actitudes y acciones humanas cambien.

Es más probable que las medidas destinadas a conservar los recursos naturales tengan éxito si se otorga a las comunidades locales la propiedad de los mismos, y si dichas comunidades participan en el reparto de beneficios y se involucran en las decisiones.

Con la tecnología y el conocimiento disponibles en la actualidad, ya se puede reducir considerablemente el impacto de la actividad humana sobre los ecosistemas; pero es improbable que aquéllos se utilicen plenamente mientras se siga percibiendo a los servicios de los ecosistemas como gratuitos e ilimitados, y su valor total no sea tomado en consideración.

Es más probable que las medidas destinadas a conservar los recursos naturales tengan éxito si se otorga a las comunidades locales la propiedad de los mismos.

Para una mejor protección del capital natural se requerirán esfuerzos coordinados entre todos los sectores de gobiernos, empresas e instituciones internacionales; la productividad de los ecosistemas depende de las políticas que se apliquen, incluidas las de inversiones, comercio, subsidios, impuestos y regulación.

### *Volúmenes técnicos*

Los EEM iniciaron en el año 2001 y durante 2005 empezaron a ofrecer reportes a sectores sociales, científicos, políticos e industriales. Se pretende que el ejercicio se repita entre cada 5 y 10 años. También se han producido documentos síntesis sobre biodiversidad, desertificación, salud humana y humedales.

### *Oportunidades y desafíos para los negocios y la industria*

Cada parte de la evaluación ha sido revisada por gobiernos, científicos independientes y otros expertos a fin de asegurar la robustez de sus conclusiones. Los nuevos enfoques institucionales pueden proporcionar una oportunidad sin precedentes para proveer información concerniente a los ecosistemas que logren verdaderamente hacer la diferencia.

El progreso en el manejo de los ecosistemas para mejorar el bienestar humano requerirá de nuevos arreglos institucionales y de políticas y cambios en los derechos y acceso a los recursos que puedan ser posibles bajo nuevas condiciones de rápido cambio social.

Las decisiones se toman en tres niveles:

- Individuos y pequeños grupos del nivel local, que son parte directa del ecosistema.

- Público y tomadores de decisiones a nivel municipal, estatal y nacional.
- Público y tomadores de decisiones a nivel internacional, a través de convenciones internacionales y acuerdos multilaterales.

*Espacios internacionales de discusión*

Limitaciones:

- La escala de tiempo es muy importante ya que los seres humanos no proyectan sus decisiones hacia más allá de una o dos generaciones.
- Los cambios pequeños son difíciles de medir.

Los procesos económicos, sociales y políticos también tienen sus propias escalas, que pueden variar ampliamente en duración y extensión. Existen dos escalas: una en la que ocurren los problemas ambientales y otra en la que se toman las decisiones y se les lleva a cabo. Un ejemplo es el siguiente:

Existen dos escalas: una en la que ocurren los problemas ambientales y otra en la que se toman y llevan a cabo las decisiones.

1) Una evaluación local puede indicar que una respuesta social efectiva exige acciones sólo susceptibles de ocurrir a escala nacional.

2) Una evaluación exclusivamente global puede carecer tanto de la relevancia como de la credibilidad necesarias para conducir cambios en el manejo de los ecosistemas de escala local, donde se requiere la acción.

### *Valores asociados a los ecosistemas*

Se considera que los tomadores de decisiones por lo general ignoran o subestiman el valor del servicio de los ecosistemas.

El paradigma de valor como concepto utilitario se basa en el principio de *satisfacción preferente* de los seres humanos.

Los ecosistemas y sus servicios tienen un valor (de uso) para las sociedades humanas.

Un paradigma no utilitario es aquél que sostiene que algo tiene un valor intrínseco independientemente del uso que se le dé.

Desde el punto de vista ético, religioso y cultural, los ecosistemas pueden tener un valor intrínseco independientemente de su contribución al bienestar humano.

Los paradigmas de valor utilitario y no utilitario se traslapan e interaccionan a muchos niveles, tienen diferentes formas de medirse con un denominador no común y usualmente no se pueden sumar.

*¿De qué manera estos valores van impulsando una percepción humana sobre los ecosistemas que permita la acción social y gubernamental?*

Evaluaciones de los Ecosistemas del Milenio es una de las iniciativas ambientales más ambiciosa. Fue a finales de 2005 cuando se comenzaron a dar a conocer los resultados de los diversos grupos de trabajo; la difusión de ello por parte de los medios de comunicación ha sido más amplia que en los casos de evaluaciones similares.

Se espera que las evaluaciones vayan permeando no sólo en la comunidad científica sino también hacia grupos sociales y tomadores de decisiones. Por ahora, las evaluaciones son constantemente mencionadas en diversos ámbitos; así, sus resultados y recomendaciones modificarán la percepción común sobre la importancia de los diversos ecosistemas para el desarrollo sustentable.

En 1995, los jefes de Estado y de gobierno de todo el planeta se comprometieron solemnemente a erradicar la pobreza en el mundo. Al plantearse esta meta, expresaron muy claramente que por primera vez en la historia de la humanidad el objetivo era posible gracias a los recursos, el conocimiento y las tecnologías de que la humanidad disponía en ese momento.

#### OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO

En 1995, los jefes de Estado y de gobierno de todo el planeta se reunieron en Copenhague en la Cumbre Mundial para el Desarrollo Social. Ahí, en medio del período de conferencias internacionales con el cual Naciones Unidas renovaba la agenda social global en la posguerra fría, se comprometieron solemnemente a erradicar la pobreza en el mundo. Al plantearse este objetivo, expresaron muy claramente que por primera vez en la historia de la humanidad el objetivo era posible gracias a los recursos, el conocimiento y las tecnologías de que la humanidad disponía en ese momento.

El origen de los Objetivos de Desarrollo para el Milenio radica en la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas, adoptada por la totalidad de los 189 estados miembros el 8 de septiembre de 2000. Dichas metas se fijaron para el año 2015 con referencia a la situación mundial de 1990.

La esperanza es que los informes periódicos de avance hacia el cumplimiento de esas metas fomenten un debate vigoroso sobre el

vínculo entre ellas y las prioridades y opciones políticas de cada país.

El documento sigue un marco conceptual que parte de la relación macroeconómica entre crecimiento, distribución y pobreza, y avanza hacia las relaciones microeconómicas entre el acceso de los hogares a diversos activos (naturales y físicos, y capital financiero, humano y social) y su transferencia intergeneracional, mediadas por las desventajas y discriminaciones que pesan sobre algunos grupos (étnicos, etarios y de género) y por las oportunidades que se presentan especialmente a través del empleo y de la innovación tecnológica. La Declaración contiene numerosos compromisos para mejorar el destino de la humanidad en el nuevo siglo.

Como complemento, la Secretaría de las Naciones Unidas elaboró una lista de ocho objetivos, cada uno acompañado de metas e indicadores específicos. Enseguida se presenta el análisis de cada uno de ellos.

### *Estado de los Objetivos de Desarrollo del Milenio al 2005*

- 1) *Erradicar la pobreza extrema y el hambre.* Las tasas mundiales de pobreza se están reduciendo, sobre todo por los importantes descensos registrados en Asia; sin embargo, a la par de esto, millones de personas han caído en la pobreza extrema en el África subsahariana, donde los pobres son cada vez más pobres. Se han logrado progresos en la lucha contra el hambre, pero en algunas regiones ha habido retroceso debido al lento aumento de la producción agrícola y al crecimiento de la población.
- 2) *Lograr la enseñanza primaria universal.* Cinco regiones en desarrollo se están acercando a una tasa de matriculación del 100%; sin embargo, en el África subsahariana, menos de las dos terceras partes de los niños están matriculados en escuelas primarias. También en otras regiones, incluidas Asia meridional y Oceanía, queda aún mucho por hacer. Ahí, lo mismo que en otras zonas, el aumento de la matriculación debe ir acompañado de esfuerzos para lograr que los niños no abandonen la escuela y reciban una educación de buena calidad.
- 3) *Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer.* Se está reduciendo, aunque con lentitud, la diferencia entre los géneros en la tasa de matriculación en la educación primaria del mundo en desarrollo, lo que constituye un primer paso para ami-

norar las desigualdades existentes desde hace mucho tiempo entre mujeres y hombres. En casi todas las regiones en desarrollo, entre los empleados asalariados las mujeres representan una proporción más pequeña que los hombres, y con frecuencia se ven relegadas a trabajos inestables y mal remunerados. Aunque hay algunos progresos, las mujeres siguen sin estar representadas de forma equitativa en los niveles más altos de gobierno (ocupan sólo el 16% de los escaños de los parlamentos del mundo).

- 4) *Reducir la mortalidad infantil.* La tasa de mortalidad de los niños menores de 5 años se está reduciendo, pero no a la velocidad deseada. Cada año mueren 11 millones de niños (30 000 por día) debido a enfermedades que se pueden prevenir o tratar. La mayoría de esas vidas se podría salvar ampliando los programas existentes que promueven soluciones sencillas y de bajo costo.
- 5) *Mejorar la salud materna.* Cada año muere más de medio millón de mujeres durante el embarazo o el parto. Veinte veces más es el número de mujeres que sufren lesiones graves o casos de discapacidad. Se han logrado algunos progresos en la reducción de la mortalidad materna en las regiones en desarrollo pero no en los países donde es más peligroso dar a luz.
- 6) *Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.* El SIDA se ha convertido en la causa principal de muerte prematura en el África subsahariana y ocupa el cuarto lugar dentro de las causas de muerte en todo el mundo. En los países europeos de la Comunidad de Estados Independientes (CEI) y en algunas partes de Asia, el VIH se está propagando a una velocidad alarmante. Aunque los nuevos tratamientos prolongan la vida, no hay cura para el SIDA, por lo que se debe intensificar las tareas de prevención en todas las regiones del mundo.  
Cada año el paludismo y la tuberculosis causan juntos la muerte de casi tantas personas como el SIDA, y ocasionan graves pérdidas a las economías nacionales. El 90% de las muertes por paludismo se producen en el África subsahariana, donde se están incrementando las actividades de prevención y tratamiento. La tuberculosis sigue presentando una tendencia al alza, en parte como resultado del avance del VIH/SIDA. Cabe mencionar que hay un nuevo protocolo internacional para detectar y tratar esta enfermedad, que parece prometedor.
- 7) *Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.* Aunque la mayoría de los países se ha comprometido a cumplir los principios del de-

sarrollo sostenible, ello no se ha traducido en un avance suficiente para revertir la pérdida de los recursos ambientales del planeta. Para alcanzar este objetivo se necesitará prestar más atención a la difícil situación de los pobres (cuya subsistencia cotidiana suele depender directamente de los recursos naturales que los rodean) y un nivel de cooperación mundial sin precedentes. Las medidas adoptadas para impedir que siga deteriorándose la capa de ozono demuestran que es posible progresar.

Ha aumentado el acceso al agua potable, pero la mitad del mundo en desarrollo sigue sin disponer de retretes u otras formas básicas de saneamiento. Casi 1 000 millones de personas viven en barrios de tugurios urbanos, porque la población de las ciudades aumenta a un ritmo muy superior al de las mejoras de viviendas y al de la disponibilidad de puestos de trabajo productivos.

- 8) *Fomentar una asociación mundial para el desarrollo.* La Declaración del Milenio aprobada por las Naciones Unidas representa un pacto social mundial: los países en desarrollo se esforzarán más por impulsar su propio desarrollo y los países desarrollados los apoyarán prestándoles ayuda, aliviando su deuda y brindándoles mejores oportunidades de intercambio comercial. Los progresos alcanzados en cada uno de estos ámbitos ya han comenzado a producir resultados, pero los países desarrollados no han cumplido las metas que se habían fijado. Para cumplir los objetivos de desarrollo del Milenio, el aumento de la ayuda y el alivio de la deuda deben ir acompañados de una mayor apertura de los intercambios comerciales, de una aceleración de la transferencia de tecnología y de mayores oportunidades de empleo para el creciente número de jóvenes que viven en el mundo en desarrollo.

Estos objetivos se están debatiendo a nivel nacional y también globalmente. Muchas organizaciones están deliberando cómo pueden incluirse en diferentes estrategias globales o nacionales.

## CONCLUSIONES

Los países en desarrollo deben mantener bajo estudio continuo las repercusiones que puedan tener las políticas y medidas nacionales e internacionales relacionadas con el medio ambiente, así como el problema de los costos adicionales que pueda significar para ellos la puesta

## *Conclusiones*

en práctica de programas y proyectos referentes al medio ambiente. Deben también asegurarse de que dichos programas y proyectos sean compatibles con sus planes y prioridades en materia de desarrollo. Finalmente, es fundamental estimular a las comunidades científicas internacionales y otros círculos de especialistas a que contribuyan a la adquisición, evaluación e intercambio de conocimientos e información y, cuando sea apropiado, a consolidar los aspectos técnicos de formulación y ejecución de programas relativos al medio ambiente que están siendo propuestos por diversos organismos internacionales. Esto permitirá plantearse objetivos y metas comunes que promuevan la discusión y el análisis de las experiencias a diversos niveles y compartan los logros en cuanto a concientización y educación de las comunidades, protección y recuperación de los ecosistemas e impulso de programas y proyectos relacionados con el desarrollo sustentable y el bienestar humano.

## BIBLIOGRAFÍA

Los documentos citados en este trabajo están disponibles en las siguientes direcciones electrónicas:

[http://millenniumindicators.un.org/unsd/mi/pdf/MDG%20BOOK\\_SP\\_new.pdf](http://millenniumindicators.un.org/unsd/mi/pdf/MDG%20BOOK_SP_new.pdf)

<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>.

<http://www.greenfacts.org/es/ecosistemas>.

<http://wdc.nbio.gov/ma>.

<http://www.grida.no/geo/geo3/spanish/index.htm>.

<http://www.pnuma.org/dewalac>.

<http://www.unep.org/geo>.

<http://www.ipcc.ch>.

<http://www.un.org/spanish/millenniumgoals>.

# CAMBIO CLIMÁTICO: EL PESO DE LA EVIDENCIA Y SUS IMPLICACIONES PARA LA SOCIEDAD

*Andrés Flores Montalvo  
y Adrián Fernández Bremauntz\**

El Instituto Nacional de Ecología (INE) reconoce la relevancia del tema del cambio climático, que se ha convertido en uno de los mayores retos ambientales a escala global y ha adquirido cada vez mayor importancia tanto para la sociedad como para los tomadores de decisiones. Tal reconocimiento se ha traducido en arreglos institucionales, en una mayor asignación de recursos para investigar el tema y en un activismo más visible del Instituto para que se aborde el cambio climático global de forma integrada y al más alto nivel, y para asegurar que la sociedad y los tomadores de decisiones estén bien informados al respecto (Martínez y Fernández 2003)

No es gratuito que el tema del cambio climático se haya ubicado en un sitio prioritario en la agenda ambiental global y nacional, especialmente en los años recientes. Si bien el grueso de la evidencia científica ya daba signos de alerta desde principios de los años ochenta, el conocimiento sobre el tema se limitaba a la esfera académica, y en menor grado a la gubernamental y a la de las organizaciones ambientalistas. En ese tiempo eran pocos los que conocían las escasas investigaciones sobre el tema y no había todavía evidencia que pudiera considerarse

\* Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.

concluyente. Sin embargo, en los últimos años el tema salió, literalmente, a las calles para convertirse en uno de los tópicos ambientales que más se discuten en los medios de comunicación masivos, y sobre el que el público más conoce. Esto es explicable dada la abundante y cada vez menos rebatible evidencia científica sobre el cambio climático, sus causas y sus posibles efectos adversos devastadores, pero en buena medida también por la percepción pública, que frecuentemente asocia eventos ambientales extremos con el cambio climático de causas antropogénicas aún cuando esta liga sea en ocasiones difícil de comprobar.

En cierta medida, y aunque el grado de incertidumbre en la ciencia del cambio climático es relativamente alto, los hallazgos científicos han sido de mucha influencia para emprender acciones de mitigación del cambio climático o adaptarse a él, tanto a escala internacional como a nivel nacional (PNUMA-UNFCCC 2004). Sin embargo, en la percepción pública sobre el tema parece influir mucho lo que podemos llamar la evidencia empírica, en algunos casos correcta, pero en muchos otros difícil de probar. En todo caso, ambas han ayudado en este proceso de conocimiento del tema y de desarrollo de acciones para atacarlo que mencionamos brevemente líneas arriba.

#### LA EVIDENCIA CIENTÍFICA

En la atmósfera terrestre existe un fenómeno natural conocido como efecto invernadero gracias al cual la temperatura promedio en la superficie de la Tierra es de 15 °C y no de -18 °C, como se esperaría que ocurriera dada la distancia entre nuestro planeta y el Sol (Martínez y Fernández 2003, 2004). Este efecto es causado por gases presentes en la atmósfera, llamados *de efecto invernadero*, que impiden que la radiación solar que entra en ella sea reflejada en la misma medida por la superficie del planeta. Como consecuencia, una parte de la energía recibida desde el espacio queda atrapada en la atmósfera, provocándose un incremento en la temperatura.

Al alterarse la composición de la atmósfera debido sobre todo a las emisiones de gases de efecto invernadero producto de diversas actividades humanas y a la afectación de la capacidad de captura de estos gases en la cubierta vegetal, se ha incrementado el efecto invernadero del planeta y se ha producido un calentamiento global, así como una alteración significativa en algunas otras variables climáticas.

Entre los gases de efecto invernadero, uno de los más abundantes en el planeta (segundo sólo después del vapor de agua) es el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), producido en buena medida durante la combustión de energéticos y de la tala, quema y degradación de los bosques. Aunque el  $\text{CO}_2$  es en parte natural y en parte antropogénico, las concentraciones de este gas en la atmósfera terrestre se han incrementado por efecto de las actividades humanas en más de 35% desde el inicio de la era industrial, pasando de 280 partes por millón (ppm) en el año 1750, a alrededor de 380 ppm en el año 2005, alcanzando los más elevados niveles de concentraciones de  $\text{CO}_2$  de al menos los últimos mil años.

Hay otros gases de efecto invernadero que medidos en volumen resultan mucho menos importantes que el  $\text{CO}_2$  pero que no lo son tanto si evaluamos su potencial de calentamiento, que se deriva de su mayor capacidad para absorber la radiación infrarroja y su más larga persistencia en la atmósfera. Entre estos gases, el metano ( $\text{CH}_4$ ) aporta cerca del 25% del potencial del calentamiento de los gases de efecto invernadero, aunque en volumen representa menos del 2%. Esto se explica porque el metano tiene, en un periodo de 100 años, un potencial de calentamiento 21 veces mayor que el  $\text{CO}_2$ ; además tiene una vida de 12.2 años en la atmósfera. Este gas también es de origen natural y por tanto existía ya en la atmósfera antes de la era industrial; sin embargo sus emisiones y concentración se han elevado significativamente desde entonces debido a actividades tales como la quema de combustibles fósiles, el cultivo de arrozales, la descomposición de los desechos en tiraderos de basura municipal y la ganadería. La concentración de  $\text{CH}_4$  en la atmósfera durante la era pre-industrial fue de 0.7 ppm, y pasó a 1.721 ppm en 1994, lo que implica un incremento de más de 100% (Martínez y Fernández 2004).

Entre los gases de efecto invernadero se incluyen algunas de las sustancias que agotan la capa de ozono y sus sustitutos, incluidos los clorofluorocarbonos (CFC) y los halocarbonos (HFC), que además producen afectaciones al clima mundial. Estas sustancias se usan mayormente como refrigerantes y en algunos casos como espumantes, y pueden llegar a ser miles de veces más potentes que el  $\text{CO}_2$  en su capacidad de calentamiento. Se ha procurado que los países que ratificaron el Protocolo de Montreal y que se han avocado a mitigar las emisiones de estas sustancias, cuenten con los elementos técnicos y científicos necesarios para buscar opciones de reemplazo de las sustancias que agotan la capa de ozono.

### *El peso de la evidencia*

Hay gases de efecto invernadero que medidos en volumen resultan mucho menos importantes que el  $\text{CO}_2$  pero que no lo son tanto si evaluamos su potencial de calentamiento, que se deriva de su mayor capacidad para absorber la radiación infrarroja y a su más larga persistencia en la atmósfera.

*La evidencia científica*

Es de comentarse que no hay completa certeza sobre las causas del calentamiento global; incluso algunos todavía sostienen que el fenómeno no está ocurriendo. En ciertas instancias ha llegado a politizarse el debate sobre el tema. Sin embargo, hay cada vez más evidencia de que se está experimentando un fenómeno gradual de aumento en la temperatura promedio de la superficie de la Tierra y que este fenómeno obedece a causas antropogénicas. Por ejemplo, el Tercer Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), publicado en 2001, sostiene que la evidencia es abundante y atribuye el calentamiento al aumento en las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> y de otros gases de efecto invernadero.

Aunque el IPCC no desarrolla tareas de investigación ni monitorea el clima sino que analiza y desarrolla evaluaciones con base en la literatura técnica y científica existente, sus reportes, informes y publicaciones son los de mayor influencia en la divulgación de los avances de la investigación sobre el cambio climático.

El IPCC es posiblemente el órgano más importante para la discusión de los aspectos técnicos y científicos relacionados con el cambio climático, y aunque está conformado por representantes de gobiernos, aspira a no discutir cuestiones políticas y a que sus hallazgos y conclusiones sean informativos y no prescriptivos para los tomadores de decisiones. Sus valoraciones son bien fundadas y producto de revisiones serias y minuciosas de la literatura existente sobre todo tipo de aspectos relacionados con el cambio climático.

Desde su creación en 1988, conseguida gracias al financiamiento de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y del Programa de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA), el IPCC ha elaborado una serie de evaluaciones, reportes especiales y estudios técnicos muy completos sobre temas relacionados con el cambio climático. Esta información ha servido enormemente para la toma de decisiones y el conocimiento público del problema; su ayuda ha sido invaluable en las negociaciones que tienen lugar en el contexto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

En general, el objetivo del IPCC es evaluar y analizar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los riesgos asociados con el cambio climático. Para alcanzar la meta está dividido en tres Grupos de Trabajo, el primero encargado de los aspectos científicos relacionados con el sistema climático y el cambio climático; el segundo avocado a estudiar la vulnerabilidad de los sistemas naturales

El IPCC es posiblemente el órgano más importante para la discusión de los aspectos técnicos y científicos relacionados con el cambio climático. Aspira a no discutir cuestiones políticas y a que sus hallazgos y conclusiones sean informativos y no prescriptivos para los tomadores de decisiones.

y socioeconómicos ante el cambio climático, las consecuencias negativas y positivas del mismo, y las medidas de adaptación; y el tercero enfocado a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a la mitigación del cambio climático. Además, el IPCC tiene un Grupo de Tarea sobre Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero que elabora guías y metodologías para la estimación de emisiones y para el reporte de inventarios nacionales, mismas que son usadas ampliamente. En México, por ejemplo, estas guías son la base para el desarrollo y actualización periódica de los Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, documentos fundamentales para el conocimiento de las causas del cambio climático a nivel nacional y, por ende, para la búsqueda de soluciones.

Hasta la fecha, el IPCC ha publicado tres reportes de evaluación comprensivos y el cuarto está en proceso de elaboración. Estos reportes son, como mencionamos antes, los documentos más influyentes en lo que hace al estado de la ciencia, los posibles impactos y las opciones para la adaptación o mitigación en relación con el cambio climático. El último de ellos, publicado en 2001, tardó tres años en ser elaborado, y contó con la participación de aproximadamente 450 autores principales, más de 800 colaboradores y alrededor de 1 000 expertos revisores de prácticamente todos los confines de la Tierra.

Para elaborar el Cuarto Reporte de Evaluación se está haciendo circular entre los gobiernos de los países miembros del IPCC los borradores de los capítulos. Se espera que esta revisión concluya para el último trimestre de 2006 y que el reporte esté terminado para mediados de 2007 y pueda ser presentado a fines de ese año ante la Conferencia de las Partes (COP) de la CMNUCC.

Este Cuarto Reporte incluirá, tal como ocurre en los tres anteriores, un apartado individual de cada uno de los Grupos de Trabajo del Panel, en el que se evaluarán y analizarán los avances en lo relativo a: 1) base científica; 2) impactos, vulnerabilidad y adaptación, y 3) mitigación.

Los reportes incluyen también las aportaciones del Grupo encargado de la Base de Datos sobre Factores de Emisión y del Grupo de Trabajo sobre Apoyo para Datos y Escenarios para el Análisis del Clima e Impactos. Además, incluyen un reporte sintetizado (o resumen general), que ha pasado por un proceso de revisión exhaustivo del IPCC en reunión plenaria de las Partes, que lo han aprobado línea por línea. Éste es usualmente el documento más divulgado e influyente del reporte.

## La evidencia científica

Desde el tercer reporte el IPCC indicó que los dos anteriores habían sido muy conservadores en cuanto a predicción del calentamiento global, y presentó nueva evidencia científica con respecto a la participación humana en el fenómeno. Se espera que el cuarto informe vaya aún más lejos y determine con mayor certeza las causas antropogénicas del cambio climático, así como la gravedad de las proyecciones a futuro.

Hasta ahora, la evidencia científica señala que es muy posible que el aumento de las concentraciones de GEI que ocurra en las próximas décadas ocasione (junto con aumento de temperatura, alteraciones en la precipitación y alteraciones en la frecuencia y magnitud de eventos climáticos extremos) impactos directos e indirectos irreversibles sobre los sistemas físicos y biológicos: Los organismos vivos y los ecosistemas del planeta tendrían dificultad para adaptarse a estos impactos, sobre todo en las escalas de tiempo tan reducidas en las que se presentarían.

Aunque no hay total certeza de que estos cambios ocurran, especialmente en el caso de presumibles impactos futuros, sí se efectúan predicciones para dilucidar los posibles efectos que el aumento en las concentraciones de GEI pudiera tener en el clima; la mayoría de esas predicciones arrojan resultados poco optimistas, por decir lo menos. Bajo prácticamente todos los escenarios de emisiones proyectados por el IPCC, se prevé, por ejemplo, que tanto las concentraciones de CO<sub>2</sub> como la temperatura media de la superficie del planeta y del nivel del mar aumenten significativamente durante el siglo XXI.

Entre las consecuencias de estos cambios se prevé, por dar un ejemplo, que el nivel de los mares aumente entre 0.09 y 0.88 m en el período de 1990 al 2100, en parte por el derretimiento de los polos y de los glaciares, pero en mayor medida por la expansión térmica de los océanos. Aunque el cambio climático proyectado tendría consecuencias ambientales y socioeconómicas positivas y negativas, en general se espera que predominen las segundas mientras más grandes sean los cambios y mayor su ritmo. Asimismo se espera que los impactos

Se prevé, por ejemplo, que tanto las concentraciones de CO<sub>2</sub> como la temperatura media de la superficie del planeta y del nivel del mar aumenten significativamente durante el siglo XXI.

del cambio climático recaigan de forma desproporcionada sobre los países en desarrollo y las poblaciones más desfavorecidas de todos los países y, por lo tanto, que se profundicen aún más las desigualdades en materia de salud y de acceso a alimentos adecuados, agua limpia y otros recursos vitales.

Se ha documentado ampliamente una tendencia al calentamiento global, a mayor variabilidad climática y a eventos climáticos extremos con gran potencial destructivo; tales cambios tienen consecuencias en los ecosistemas y la población humana, en particular los más vulnerables. Se espera, según las proyecciones, un incremento mayor en la variabilidad climática; las simulaciones del clima proyectan cambios en la frecuencia, intensidad y duración de fenómenos extremos, que se manifestarían en eventos tales como aumento de los días calurosos, ondas de calor, temporadas de precipitación extrema y menor número de días fríos, entre otros.

En todo caso, la evidencia científica, como apuntábamos líneas arriba, no es terminante; existen todavía discrepancias sobre todo en cuanto a la asociación entre algunos de los fenómenos observados y documentados con el cambio climático.

Hay un amplio sector de científicos e investigadores que defiende que la reducción de las emisiones de GEI y la consiguiente estabilización de su concentración atmosférica podrían retrasar y reducir los daños asociados con el cambio climático. Se estima, por ejemplo, que la temperatura media de la superficie del planeta podría aumentar entre 1.2 y 3.5 °C hacia el año 2100, incluso para los escenarios optimistas en los que las concentraciones de CO<sub>2</sub> se estabilicen a niveles de 450 a 1000 ppm. Aún en estas condiciones, el aumento de la temperatura de equilibrio final podría tardar muchos siglos y estaría comprendida entre el rango de 1.5 a 3.9°C por encima de los niveles de 1990, considerando una estabilización en 450 ppm; y entre 3.5 y hasta 8.7°C por encima de los niveles de 1990, considerando una estabilización en un nivel de concentraciones de 1000 ppm.

Lo más preocupante es que, aún con los esfuerzos que se desarrollen para estabilizar las concentraciones de GEI, una vez conseguido tal equilibrio los impactos se seguirían sintiendo durante muchos años, ya que gran cantidad de las sustancias emitidas tienen una vida de cientos e incluso miles de años en la atmósfera.

### *El peso de la evidencia*

Se prevé que el nivel de los mares aumente entre 0.09 y 0.88 m en el período de 1990 al 2100, en parte por el derretimiento de los polos y de los glaciares, pero en mayor medida por la expansión térmica de los océanos.

## ALGUNAS EVIDENCIAS EMPÍRICAS

### *Algunas evidencias empíricas*

Los años recientes han sido los más calientes en la historia moderna. Además, al parecer cada año se superan los registros de una u otra variable climática, lo que hace suponer que el cambio climático ya se está manifestando y ha empezado a afectar la vida cotidiana de amplias regiones del planeta. Se ha hecho evidente que el sistema climático se está modificando y que las pérdidas económicas y humanas asociadas con eventos meteorológicos extremos y con la creciente variabilidad del clima han ido en aumento.

Las pérdidas económicas y humanas asociadas con eventos meteorológicos extremos y con la creciente variabilidad del clima han ido en aumento.

Gracias a la publicación del Tercer Reporte de evaluación del IPCC, hay cada vez más claridad y menor incertidumbre acerca de los impactos del cambio climático. Desde entonces, la evidencia ha despertado nuevas preocupaciones, por ejemplo con respecto a los siguientes puntos:

- Registros presentados por climatólogos del Instituto Goddard de Estudios Espaciales (GISS) de la NASA, indican que 2005 fue el año con el promedio más alto de temperatura anual en la superficie de nuestro planeta en más de un siglo (Hopkin 2005, NASA 2005).
- A mediados del 2006, la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América divulgó que “el reciente calentamiento de la Tierra no tiene precedentes en al menos los últimos 400 años, y probablemente en los últimos milenios” (NAS, 2006).
- Un aumento de 1°C en la temperatura superficial de los océanos, proyección bastante realista dadas las tendencias actuales, podría afectar gravemente los arrecifes de coral y otros ecosistemas marinos.
- El incremento en la acidez de los océanos debido al aumento en las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera podría reducir su capacidad para capturar CO<sub>2</sub> y afectar toda la cadena alimenticia marina.
- Un incremento en la temperatura regional de 2.7°C (asociado a un aumento global de 1.5°C) podría provocar el derretimiento de la capa de hielo de Groenlandia y generar un aumento mayor en el nivel de los océanos.
- La corriente oceánica del Atlántico Norte podría hacerse más lenta o incluso desaparecer.
- Con un aumento de 3° C podría desestabilizarse la superficie del Ártico, donde algunas capas de hielo ya muestran signos de inestabilidad.

- Se han abierto nuevos pasajes a la navegación en el Polo Norte (algunos podrían quedar abiertos durante todo el año).
- La continua apertura de nuevos pasajes de navegación donde antes había hielos permanentes afectaría significativamente al tráfico naviero internacional. Por ejemplo, la circulación del Canal de Panamá podría disminuir, afectando la economía de esa región.
- Los incendios forestales parecen haberse intensificado, lo mismo que la desertificación, las inundaciones y las olas de calor.
- En cuestión de huracanes, dado que los últimos, que azotaron en especial la Costa Atlántica de América, tuvieron efectos tan devastadores y sucedieron en un lapso tan corto, parecería que se han incrementado tanto en número como en intensidad.
- Algunas especies de aves e insectos han modificado sus patrones migratorios. Se ha observado que hay especies de aves que han dejado de migrar.

*El peso  
de la  
evidencia*

Se sospecha que el efecto invernadero puede tener consecuencias más severas que las estimadas por expertos del IPCC, las cuales en el Tercer Reporte de Evaluación del 2001 ya eran bastante alarmistas (Hopkin 2005). De acuerdo con los resultados de algunos estudios de modelación climática, el incremento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> al doble de los niveles registrados en la era pre-industrial, puede ocasionar un incremento de temperatura mayor a los 11° C (Hopkin 2005), con consecuencias más devastadoras que las más pesimistas del IPCC, y en plazos relativamente breves.

Recientemente, un panel de destacados científicos informó al Congreso de los Estados Unidos que la Tierra continua calentándose y que no cabe ninguna duda de que las actividades humanas son responsables de la mayor parte del aumento de temperatura ocurrido en los últimos 150 años (NAS 2006). Este fenómeno es ya visible: incluso a simple vista podemos percatarnos de que los glaciares se derriten y se perciben muchas otras evidencias de la naturaleza (North 2006).

En México, entre los efectos más significativos del cambio climático, tanto actuales como previsibles, podemos señalar los siguientes: creciente desertificación en el centro y el norte del país; reducción del potencial agrícola; dificultades para suministro de agua a poblaciones; inundaciones en planicies costeras; incremento de eventos hidrometeorológicos extremos, que son la mayor causa de perjuicios socioeconómicos derivados de desastres naturales; daño a sistemas fo-

Recientemente, un panel de destacados científicos informó al Congreso de los Estados Unidos que la Tierra continúa calentándose y que no cabe ninguna duda de que las actividades humanas son responsables de la mayor parte del aumento de temperatura ocurrido en los últimos 150 años.

*Algunas evidencias empíricas*

restales (mayor incidencia de incendios, por ejemplo); daño a sistemas hidrológicos; pérdida de biodiversidad e impactos directos e indirectos en la salud humana, como por ejemplo aumento en la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores como dengue y paludismo e incremento de enfermedades y muertes causadas por olas de calor (INE 2001, Martínez y Fernández 2004).

A pesar de los impactos percibidos en México y a nivel global, los costos del cambio climático son difíciles de calcular. En primer lugar es difícil, como mencionamos antes, asociar el fenómeno del cambio climático con sus presumibles efectos; a ello se agregan obstáculos para valorar los impactos directos o indirectos que tales efectos producen en la sociedad, la naturaleza y la economía.

Baste entonces con señalar algunas estimaciones: en México, por ejemplo, la devastación ocasionada en el año 2005 por los huracanes Stan y Wilma podría ascender a 3 000 millones de dólares y en Centroamérica a 1 300 millones. Por su parte, el costo del último fenómeno registrado de *El Niño*, en 1998, se estimó en aproximadamente 8 000 millones de pesos, contabilizando únicamente daños materiales directos, a los que habría que sumar incendios forestales, pérdidas en agricultura y afectaciones a la actividad pesquera, entre otros (Magaña 2004). En Europa, los costos por las inundaciones del año 2002 se calculan en por lo menos 37 muertes y 16,000 millones de dólares. A la ola de calor que azotó ese mismo continente en 2003 se atribuyen 26,000 muertes y costos por 13,500 millones de dólares.

No es que los fenómenos hidrometeorológicos extremos y los desastres naturales no ocurrieran antes, pero parecen estar adquiriendo dimensiones cada vez más catastróficas y ser más frecuentes. No pretendemos suponer que el cambio climático es la única causa de estos fenómenos, pero resulta evidente que es una de las principales, ciertamente magnificada por factores tales como la pobreza; la precariedad en las condiciones de salud pública; el crecimiento poblacional desmedido; la proliferación de asentamientos en lugares de alto riesgo; la ubicación e intensificación de actividades económicas con pocas o nulas prácticas de protección ambiental y sin el menor respeto por el entorno natural, y la inadecuada infraestructura para resistir y enfrentar situaciones de desastre, entre otros.

En México, entre los efectos más significativos del cambio climático, tanto actuales como previsibles, están los siguientes: creciente desertificación en el centro y el norte del país; reducción del potencial agrícola; dificultades para suministro de agua a poblaciones; inundaciones en planicies costeras; incremento de eventos hidrometeorológicos extremos; daño a sistemas forestales e hidrológicos; pérdida de biodiversidad, e impactos en la salud humana.

## IMPLICACIONES PARA LA SOCIEDAD

El cambio climático podría ocurrir a una escala y en un plazo tales, que sería difícil que algunas especies se adaptaran a ellos. Incluso la especie humana corre peligro, si no en su existencia misma al menos sí en su estilo de vida, en sus patrones de producción y consumo y en la forma en que la gente interactúa entre sí, con otras especies y con el medio natural.

Como discutimos anteriormente, la evidencia científica apunta ya a que los recientes cambios en los climas regionales, particularmente los aumentos de temperatura, han afectado los sistemas hidrológicos y los ecosistemas terrestre y marino en muchas partes del mundo. Por otra parte, el incremento de los costos socioeconómicos relacionados con los daños ocasionados por fenómenos meteorológicos y variaciones regionales del clima indica que somos cada vez más vulnerables a los cambios climáticos.

Por lo tanto, si se quiere solucionar el problema, aunque sea en el largo plazo, los esfuerzos para la reducción de emisiones de GEI deberán ser sustanciales y decididos. Algunas simulaciones, por ejemplo, indican que para estabilizar las concentraciones de CO<sub>2</sub> se requeriría que las emisiones antropogénicas mundiales de este gas disminuyeran más allá de los niveles de 1990. Si ello se lograra en unas cuantas décadas, sería posible conseguir una concentración de 450 ppm; en cambio, si esta reducción se lograra en un siglo, las concentraciones de GEI podrían estabilizarse en no menos de 650 ppm, y en alrededor de 1,000 ppm si nos tardáramos dos siglos (IPCC 2001). En ningún caso es una tarea fácil, mucho menos si se pretende continuar con los patrones de uso de energía, transporte y recursos naturales que han prevalecido durante las últimas décadas.

La integración de políticas y acciones para enfrentar el cambio climático es posible sólo con decisión. La tecnología que podría permitir mitigar emisiones de GEI está avanzando rápidamente, pero su introducción no siempre progresa con la velocidad y la intensidad que se ameritan. En algunos casos la sustitución de las tecnologías actuales por otras más limpias se ve impedida por razones económicas o políticas; en muchos otros casos parecen decisivas la inercia de algunos sectores y la presencia de barreras legales, institucionales y culturales muy poderosas.

En cualquier caso, no debemos confiar demasiado en que las soluciones tecnológicas serán suficientes para afrontar el cambio climático.

### *El peso de la evidencia*

Los efectos del cambio climático son magnificados por factores como la pobreza; la precariedad en las condiciones de salud pública; el crecimiento poblacional desmedido; la proliferación de asentamientos en lugares de alto riesgo; la ubicación e intensificación de actividades económicas con pocas o nulas prácticas de protección ambiental y sin el menor respeto por el entorno natural, y la inadecuada infraestructura para resistir y enfrentar situaciones de desastre, entre otros.

Es necesario también un cambio significativo en nuestra forma de vida como individuos y como sociedad; resulta urgente tomar mayor conciencia del valor de nuestro entorno y del derecho de las generaciones futuras a disfrutar de un ambiente natural, económico y social al menos de la misma calidad, si no mejor, que el actual.

## CONCLUSIONES

En algunos casos la sustitución de las tecnologías actuales por otras más limpias se ve impedida por razones económicas o políticas; en muchos otros casos parecen decisivas la inercia de algunos sectores y la presencia de barreras legales, institucionales y culturales muy poderosas.

¿Qué opciones tenemos para afrontar el cambio climático y transitar hacia la sustentabilidad? La primera es no actuar, es decir, dejar que los mecanismos naturales del planeta y de las especies que lo habitan, incluida la humana, se ajusten de alguna manera y encuentren equilibrio, sobreviviendo algunas y adaptándose otras a los cambios y sus efectos. Ante la evidencia cada vez más contundente del cambio climático y sus causas antropogénicas, esta opción no parece ya viable. Se necesita investigar y conocer a mayor profundidad el fenómeno, no sólo a escala global sino también regional e incluso local para adoptar medidas que mitiguen sus causas y sobre todo que permitan la adaptación de todas las especies.

Para México será en general muy relevante que, al evaluar los impactos de las medidas de mitigación y adaptación propuestas, no sólo se establezca el costo y la efectividad (evaluada con base en emisiones evitadas o mitigadas) de tales medidas, sino también los beneficios adicionales de la acción, en particular los socioeconómicos, los de salud y los de preservación de ecosistemas, por mencionar algunos. Por ejemplo, en el caso de la energía renovable (medida tecnológica con gran potencial para mitigar las emisiones de GEI) no basta con saber cuánto cuesta y qué cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero podría reducir, sino también qué beneficios traería su introducción en comunidades rurales y en asentamientos remotos sin acceso a la red eléctrica, o para los productores de insumos, entre otros.

En lo que hace a la adaptación ante la variabilidad climática y los eventos meteorológicos extremos, es muy importante para México reconocer la necesidad de realizar análisis más detallados entre los sectores con mayor vulnerabilidad, y buscar hacer frente a los impactos mediante desarrollo de medidas y políticas en los ámbitos local, nacional y regional, con los cuales minimizar el daño en el medio ambiente, la sociedad y la economía del país.

Es importante recalcar que el tema de la adaptación al cambio climático merece mucha más atención que la que se le da en la actualidad. Como hemos dicho, muchos de los impactos ya están presentes, y se espera que, aún con la implementación de las medidas de mitigación más efectivas, se agraven tanto en intensidad como en frecuencia.

El problema del cambio climático representa, posiblemente, el mayor reto ambiental del presente siglo a escala global, y amerita emprender ya acciones decididas. No podemos esperar a tener certeza completa para poner manos a la obra.

## BIBLIOGRAFÍA

- Hopkin, M. 2005. Biggest-ever Climate Simulation Warns Temperatures May Rise by 11 °C. *Nature*, 26 de enero de 2005. Disponible en: [http://www.nature.com/news/2005/050124/pf/050124-10\\_pf.html](http://www.nature.com/news/2005/050124/pf/050124-10_pf.html).
- INE. 2001. *México: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Martínez, J. y A. Fernández con la colaboración de Patricia Osnaya. 2003. *Avances de México en materia de cambio climático 2001-2002*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Martínez, J. y A. Fernández (comps.). 2004. *Cambio climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Magaña V. (ed.). 2004. *Los impactos de El Niño en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, México.
- NAS. 2006. *Surface Temperature Reconstructions for the Last 2,000 Years*. The National Academy of Sciences. Report to Congress, Washington, D.C.
- NASA. 2005. *Goddard's Page for the Press and Media*. Disponible en: [http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/2006/2005\\_warmest.html](http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/2006/2005_warmest.html).
- North, G. R. 2006. Statement before the Subcommittee on Oversight and Investigation of the U.S. House of Representatives. 19 de julio de 2006. Washington, D.C.
- PICC. 2001. *Tercer Informe de Evaluación*. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, Suiza.
- PNUMA – UNFCCC. 2004. *Cambio Climático–Carpeta de Información*. Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente–Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Suiza.



## Cuarta parte

# Hacia las soluciones

**E**l presente apartado comienza con dos ensayos que abordan el tema de las opciones prácticas para enfrentar el cambio climático. Se trata de propuestas concretas como utilización de tecnología alternativa o construcción de edificios ahorradores de energía. Ambas sorprenden al mostrar la benevolencia de una nueva tecnología preocupada por el bienestar, y al revelar cómo algunos procesos en apariencia insignificantes del acontecer diario terminan por trascender y convertirse en fenómenos planetarios.

Odón de Buen Rodríguez nos introduce en el mundo de las herramientas de la vida cotidiana cuyo uso adecuado puede marcar la diferencia entre sustentabilidad y desastre. Múltiples labores humanas dependen de dispositivos que transforman algún tipo de energía: toda la actividad nocturna que emplea iluminación artificial, por ejemplo. La generación de electricidad depende en gran parte de la quema de combustibles fósiles, lo que ocasiona emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático.

El documento del Mtro. de Buen plantea una serie de acciones que a favor del ambiente pueden llevar a cabo los individuos y las sociedades en su vida diaria. La propuesta se divide en cinco secciones, a saber: ahorro de energía eléctrica en el hogar, uso de energía renovable, generación

distribuida de energía, uso de calentadores solares y modificaciones a la infraestructura de transporte. Algunas se ejecutan con facilidad en un corto plazo y dependen exclusivamente de la voluntad individual y familiar para llevarlas a cabo. Otras representan un esfuerzo a largo plazo en todos los órdenes de la vida pública, e involucran decisión política y modificaciones profundas en las costumbres personales y comunitarias.

David Morillón sigue en la misma línea de ofrecer soluciones concretas, ahora en el campo de la arquitectura bioclimática. La brecha entre conciencia humana y entorno (de la que nos hablará en esta mismo parte Tania Mijares) se expresa de forma especialmente elocuente en la relación entre las personas y su ambiente más inmediato: la casa. Saber qué enfocar cuando buscamos bienestar y confort exige sensibilidad y conocimiento. Ninguno de los satisfactores humanos tiene por qué estar disociado de una relación sustentable con el medio. El Dr. Morillón orienta la mirada hacia aspectos de infraestructura bioclimática que deben ser la base del diseño arquitectónico pues de ellos dependen las condiciones elementales que el ser humano busca en una vivienda o en un lugar de trabajo: refugio, ventilación, iluminación y temperatura adecuada para la subsistencia.

El aprovechamiento cabal de las condiciones del entorno para el propio bienestar favorece a la economía familiar y empresarial, pues ahorra las excesivas erogaciones que conlleva la generación y uso no sustentable de energía. No parece casual esta asociación entre adaptación y ahorro. Más bien habla de la cantidad de recursos que la naturaleza nos ofrece, podríamos decir “derrama” sobre nosotros, y que no logramos ver ni aprovechar.

¿Por qué la arquitectura convencional escasamente toma en cuenta los aspectos bioclimáticos y por qué no existe un impulso definitivo a una nueva arquitectura que sí lo hace? ¿Qué es lo que impide que los resultados de este tipo de investigación se difunda y aplique con presteza? ¿Acaso contienen aún demasiada incertidumbre, se les ha dado a conocer de forma incorrecta, atentan contra costumbres arraigadas en la cultura, su implementación generaría conflictos que los tomadores de decisión deben evitar, o competiría de forma crítica con infraestructuras materiales que datan de siglos atrás y que son relativamente irreversibles? Todos los textos de este volumen, que hablan sobre tales cuestiones, convergen lentamente en la compleja respuesta. Su mirada cumple así con uno de los principales objetivos del libro y del Coloquio que le dio origen, a saber: componer un punto de vista transdisciplinario para enfrentar los cambios ambientales.

El tercer documento del presente apartado aborda un tema quizás aún más complejo que los dos anteriores: la posibilidad de implementar estrategias prácticas de protección civil que guíen el comportamiento colectivo ante los desastres. Aquí las alternativas de solución no recaen en el uso de la energía, ni en la construcción de viviendas sino en la reacción del ser humano en el momento en que está expuesto a una amenaza que atenta contra su vida y la de los suyos. Los logros que al final del documento registra Enrique Bravo para las estrategias propuestas, corresponden a las expectativas institucionales con las que fueron creadas y buscan ser implementadas. Sabemos que es imposible guiar paso por paso, sin ciertos desbordamientos, a una multitud en situación de desastre. En ese sentido, el texto en cuestión es el más “abstracto” de los que aquí se ofrecen. Su formato mismo lo confirma al ofrecernos una mención cuidadosa y detallada de los pasos de cada estrategia (desde la identificación de los peligros hasta los programas de concientización comunitaria). Entre todos los listados del texto, es especialmente interesante el que describe los comportamientos psicosociales ante un evento crítico de grandes dimensiones. Se reproduce íntegro aquí, pues revela de una forma sencilla los inconmensurables alcances de la experiencia humana ante el desastre. A la pregunta *¿Qué ocurre en una persona o comunidad cuando se enfrenta a una situación de desastre?*, se nos responde con la siguiente descripción:

- Miedo, pánico y terror
- Deseos de supervivencia
- Impotencia
- Odio y desesperanza
- Negación de la realidad
- Humanismo y ayuda voluntaria
- Integración de la comunidad
- Esperanza y resignación
- Crecimiento espiritual

#### UNA SEGUNDA OPORTUNIDAD

Evidentemente hay aquí un reto para desentrañar socialmente los significados concretos de estos términos, aunque la mayoría de ellos permite de entrada una cierta comprensión dictada por la propia experiencia.

En el cuarto ensayo de esta sección, Serafín Mercado se muestra aún más exigente que los tres especialistas que lo anteceden en el planteamien-

to de alternativas para hacer frente al cambio ambiental. El autor establece una línea de solución fuera de la cual ninguna otra solución es posible. Su artículo aspira a convencernos de la presencia de un ojo de huracán que a largo plazo abate todo intento humano de actuar para hallar protección. Se trata de algo muchas veces mencionado y a lo que la autoridad intelectual del Dr. Mercado, pionero de la psicología ambiental en nuestro país, nos hace voltear a ver con renovado interés (y tal vez con renovada alarma). Nos referimos a la sobrepoblación humana. Tras un repaso de los momentos cruciales de la evolución cultural del hombre y su relación con el entorno, describe los procesos de masificación de la población humana y de cómo ésta ha modificado el rostro del planeta: la actividad de la especie ha puesto su huella firme y cada vez más extendida sobre el mundo y lo ha modificado de formas que empiezan a parecer irreversibles. Para este autor, no hay solución posible a los problemas ambientales sin control demográfico; no es que encuentre en éste la solución inmediata, pero piensa que sin medidas de control y autocontrol toda otra acción es infértil.

Tras este vuelo hacia la contemplación de las soluciones más deseables, esta parte comienza nuevamente un descenso hacia las posibilidades reales, actuales, de llevar a cabo las estrategias propuestas. Tania Mijares, a quien hemos citado arriba por su alusión a la brecha entre sociedad y entorno, menciona la existencia de sociedades en las que la presencia de un ambiente en apariencia adverso es estímulo para la creación de comportamientos que hacen de esa adversidad algo ventajoso. ¿Puede alguien sacar provecho del azote de un huracán? La Dra. Mijares menciona que los antiguos mayas lo hacían. A la par sostiene una dura crítica hacia las sociedades contemporáneas, donde la indiferencia hacia el medio caracteriza tanto la conciencia de los ciudadanos comunes como la de los tomadores de decisión, en cuyas manos se encuentra la instrumentación de políticas públicas asociadas con el entorno. Por lo visto, es difícil que la iniciativa para el cambio provenga de estos últimos.

¿Cómo actuar entonces? “Se puede decir que los individuos deben hacer tal o cual cosa. (Sin embargo) para lograr cambios de acciones y actitudes es imperante que haya un sector de la sociedad dedicado a estos esfuerzos.” La Dra. Mijares señala que este sector es la *sociedad civil*, instancia organizada capaz de exigir a los tomadores de decisión a inclinarse por acciones sustentables, y también capaz de promover entre los ciudadanos comunes un tipo de comportamiento cuidadoso con el ambiente. En la *sociedad civil* se conjugan los “ingredientes de participación, conciencia social y promoción del interés público”. Advierte también que las con-

ductas promovidas por la *sociedad civil* no deben quedar en tácticas de voluntariado sino que han de concretarse en verdaderas normatividades, ya sea fincadas por la autoridad o constituidas en una nueva cultura de autorregulación y autovigilancia.

Si miramos hacia atrás, concluiremos que esta *sociedad civil* es una de las grandes promesas actuales ante la urgencia del uso sustentable de la energía, de la implantación de una arquitectura bioclimática, de la ejecución efectiva de las estrategias de protección civil y de las medidas para conseguir la estabilización o reducción de la población.

Sin embargo, "...es erróneo presuponer que los individuos y grupos se comportarán racionalmente y que sus opciones no serán complicadas", dice en una de sus citas el texto de Javier Urbina en la primera parte de esta obra. Ahora viene a colación, pues transformar el comportamiento individual y colectivo es algo tan complejo como recomponer las condiciones ambientales. De hecho, es seguro que una y otra se irán influyendo a la par y que al salir de esta crisis –todos queremos que así ocurra– lo haremos con una nueva forma de pensar y percibir tanto el entorno natural como el construido.



# ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS PARA COMBATIR EL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

*Odón de Buen Rodríguez\**

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad una gran parte de la humanidad depende para subsistir de servicios que requieren de alguna forma de energía. Así, poder vivir sin calor o frío en un espacio cerrado, moverse entre ciudades, tener actividades de noche en espacios iluminados o conservar y preparar alimentos, son actividades sólo posibles si se dispone de un dispositivo que transforma alguna forma de energía en luz, movimiento, calor o frío.

Sin embargo, una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero es la que resulta de aprovechar los energéticos que hacen posibles esos servicios. El carbón, el petróleo y el gas natural, (energéticos primarios que terminan convirtiéndose en lo que mueve los autos, enfría los refrigeradores o calienta las estufas) son formas de energía que, para aprovecharse, tienen que quemarse y al hacerlo emiten inevitablemente gases de efecto invernadero, en particular bióxido de carbono.

\* Energía, Tecnología y Educación, ENTE SC.

## Introducción

En el caso de México, de acuerdo con los inventarios nacionales de 1996, el sector de procesos industriales, junto con el de combustión y de transporte, contribuyeron con más del 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero (INE 2006).

En este documento nos referimos a acciones que podemos llevar a cabo como individuos y como sociedad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que resultan de nuestras actividades diarias; se integran en cinco secciones: ahorro de energía eléctrica en el hogar, energía renovable, generación distribuida, calentadores solares y transporte.

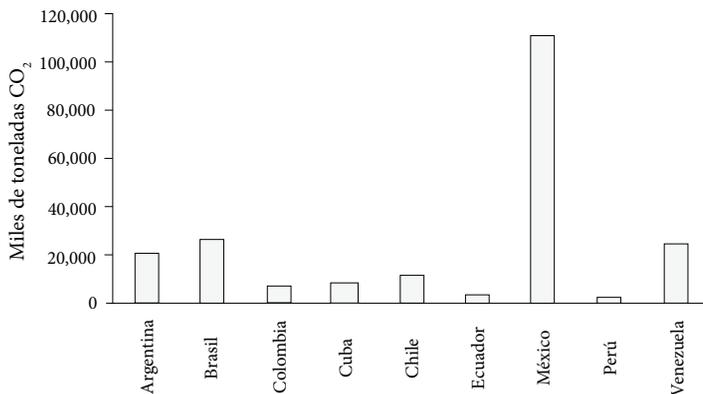
### AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL HOGAR

Una parte significativa de las emisiones de gases de efecto de invernadero de México resulta de la transformación de combustibles fósiles en electricidad, alcanzando el 75% del total de la electricidad generada (CFE 2006a).

Esto se evidencia aún más en el contexto de América Latina, donde México resalta como el que más gases de efecto invernadero emite para generar electricidad (figura 1).

En México, el sector de procesos industriales, el de combustión y el de transporte, contribuyeron con más del 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

FIGURA 1. EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO POR GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN PAÍSES DE AMÉRICA LATINA, 2001 (ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA, 2002)



Como referencia simple y básica se puede afirmar que cada kilowatt—hora (kWh) de electricidad que consumimos significa cerca de 1 kg de bióxido carbono emitido.<sup>1</sup> Un kWh es lo que consume un foco de 100 Watts prendido durante diez horas.

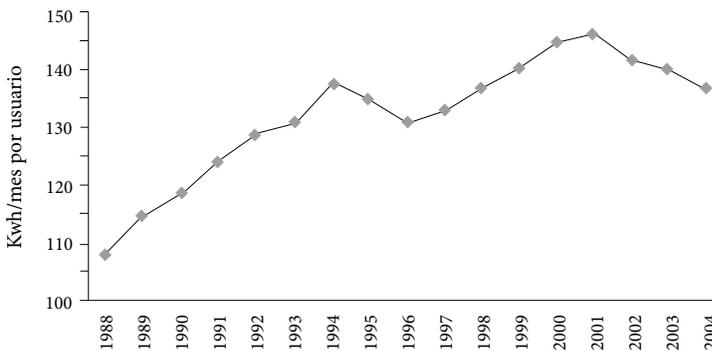
El promedio de consumo de energía eléctrica de un hogar en México en el año 2004 fue de 137 kWh/mes (1 860 kWh/año). Esto equivale (dada la compensación que resulta de que la electricidad se genera con una mezcla de energéticos) a cerca de una tonelada de CO<sub>2</sub> por hogar por año.

Cabe señalar aquí que es significativo que en México ese índice ha bajado en los últimos años (figura 2). Esto se debe a que el gobierno federal (a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía) ha tomado medidas que han hecho que la intensidad energética de los hogares haya bajado, siendo significativo lo que ha ocurrido con los refrigeradores, la entrada en vigor del horario de verano, la reducción de subsidios a los usuarios de más alto consumo en el sector doméstico y los programas de promoción de las llamadas lámparas ahorradoras.

Obtener los servicios de iluminación, refrigeración y/o confort en una casa se puede lograr con un menor consumo y, por lo tanto, con

Cada kilowatt—hora de electricidad que consumimos significa una emisión de aproximadamente 1 kg de bióxido carbono... Esto es, cerca de una tonelada de CO<sub>2</sub> por hogar por año.

FIGURA 2. CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE USUARIOS DOMÉSTICOS, SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL 1988-2004 (CFE 2006b).



1. Éste es el valor que corresponde cuando la electricidad se genera a partir de combustóleo en una planta termoeléctrica. En México cerca del 50% de la electricidad se genera de esta manera.

*Ahorro  
de energía  
eléctrica en  
el hogar*

Cambiar el  
refrigerador viejo  
por uno nuevo  
puede significar  
dejar de emitir  
diez toneladas de  
CO<sub>2</sub> en 15 años.

un menor impacto al medio ambiente. De manera simple, referiremos tres casos donde se pueden tener ahorros significativos de energía: el refrigerador, la lámpara ahorradora y la envolvente de la casa.

El refrigerador nos da muchos servicios básicos en el hogar: permite, por ejemplo, conservar alimentos por períodos largos y tener bebidas frías; llega a ser el equipo que consume la mayor fracción de la electricidad de un hogar (más del 30%). Si el aparato tiene más de diez años de haber sido comprado, puede consumir hasta 1200 kWh/año.

Sin embargo, es uno de los equipos en los que más se puede ahorrar energía, en la medida en que el consumo unitario de los refrigeradores nuevos en México se ha reducido drásticamente en los últimos quince años. Así, un refrigerador de cerca de 15 pies cúbicos salido al mercado en 1993 consumía cerca de 1 100 kWh al año, mientras que uno del año 2003 del mismo tamaño consumía menos de 400 kWh al año.

Sustituir un refrigerador viejo por uno nuevo puede significar un ahorro de más de 600 KW/h al año y, a lo largo de sus quince años de servicio, de cerca de 10 000 KW/h; así, cambiar el refrigerador viejo puede significar dejar de emitir diez toneladas de CO<sub>2</sub> en 15 años.

#### LA LÁMPARA AHORRADORA

En la vida moderna pasamos muchas horas en actividades nocturnas y para poder hacerlo utilizamos la iluminación artificial. Por más de un siglo esta iluminación ha sido posible con el uso de lámparas incandescentes, las cuales emiten luz por el calentamiento de un filamento por el que pasa una corriente eléctrica. Una lámpara incandescente de 100 W encendida 10 horas cada noche consume 365 kW/h al año (lo que significa una emisión de un poco más de un tercio de tonelada de CO<sub>2</sub>).

Sin embargo, la tecnología de la iluminación ha mejorado en la eficiencia de los equipos y hoy día ubicamos ampliamente en el mercado las lámparas compactas fluorescentes, también conocidas como lámparas “ahorradoras”.

Lo que se puede ahorrar con una lámpara fluorescente compacta es significativo ya que, para dar la misma cantidad de luz que una incandescente, la compacta fluorescente consume una cuarta parte de energía y dura hasta 10 veces más. Estas lámparas, aunque más caras en la compra, son mucho más económicas si las vemos en función de lo que ahorran. Así, sustituyendo una lámpara incandescente de 60 W por una lámpara fluorescente compacta de 15 W, los kW/h que ahorramos (teniendo la

misma cantidad de luz) son más baratos de lo que nos cuestan comprados de la empresa eléctrica.

En la figura 3 (véase página siguiente) se muestran las variaciones de lo que cuesta un kilowatt—hora ahorrado por una lámpara compacta fluorescente cuyo precio es de 50 pesos, considerando distintas tasas de retorno y horas de uso al día. Resalta que en todos los casos el costo de ahorrar un kW/h es menor que el de pagar un kW/h de la empresa eléctrica.

### *Alternativas energéticas*

#### LA ENVOLVENTE DE LA CASA

Una casa en región de clima cálido consume más de 1 000 kW/h al año en aire acondicionado, aunque para miles de hogares llega a ser mayor a 3 000 kW/h al año. Una casa mal diseñada en regiones de clima cálido puede consumir varios miles de kilowatts—hora más de los que se necesitan; cada mil kilowatts—hora representan hasta una tonelada de CO<sub>2</sub> liberado por una planta eléctrica.

Una solución es usar aislamiento térmico, en particular en aquellos sitios donde la temperatura exterior es muy superior a la temperatura de confort interior. Esto se ha demostrado en la ciudad de Mexicali, Baja California, donde la empresa eléctrica ha financiado el sistema de aislamiento de techos en casas particulares de alto consumo de electricidad y éste ha bajado en más de 30%; la inversión en dicho sistema de aislamiento termina pagándose en tres años gracias a los ahorros.

La lámpara compacta fluorescente consume 75% de energía menos que una incandescente y dura hasta 10 veces más; así pues, aunque más cara en la compra es mucho más económica en función de lo que ahorra.

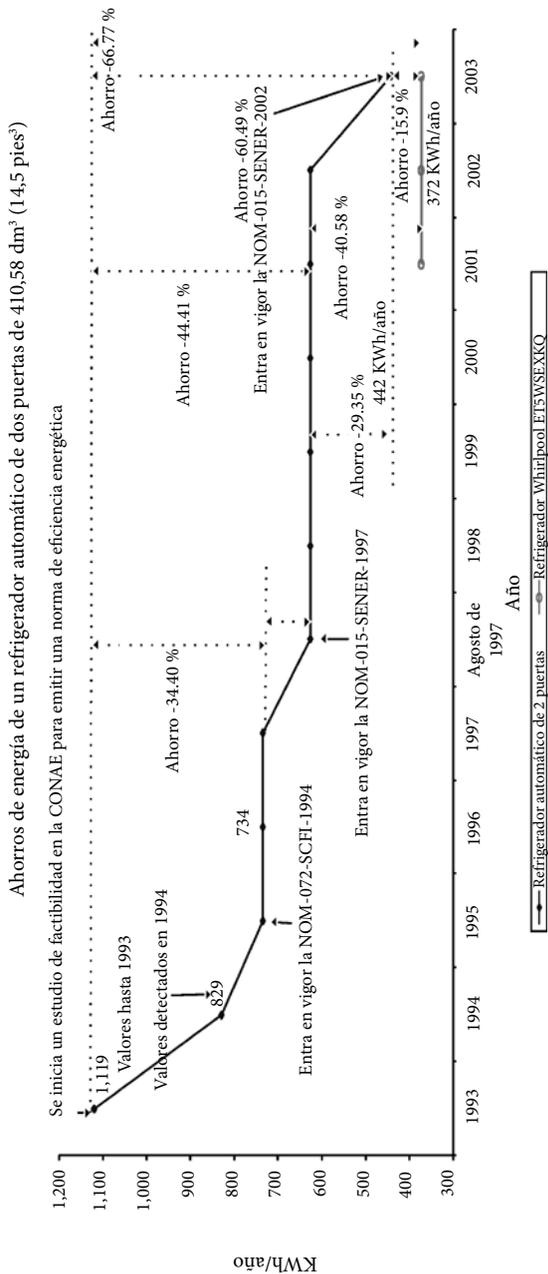
#### ENERGÍAS RENOVABLES PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

Las energías renovables tienen como característica central el hecho de que no emiten gases de efecto invernadero o que —como en el caso de la bioenergía—tienen un efecto neutro ya que su aprovechamiento es un ciclo cerrado de emisión y captura de gases de combustión.

Se definen como formas de energía renovable aquellas que son prácticamente inagotables respecto al tiempo de vida del ser humano en el planeta, y cuyo aprovechamiento es tecnológicamente viable. Todas estas energías dependen del sol, excepto la energía geotérmica, que se obtiene del interior de nuestro planeta.

México posee un potencial considerable de generación de energía a partir de fuentes renovables, tanto por su extensión territorial (2 millones de kilómetros cuadrados) como por su ubicación geográfica

FIGURA 3. COSTO UNITARIO DEL KW/H AHORRADO POR UNA LÁMPARA AHORRADORA CON DIFERENTES TASAS DE RETORNO Y HORAS DE USO AL DÍA



(latitudes 14 y 33 del hemisferio norte). Al oeste y al este el país está limitado por los grandes litorales del Océano Pacífico y el Golfo de México, que producen lluvias prácticamente durante todo el año, y por varias zonas geográficas preferenciales de viento. Además, casi tres cuartas partes del territorio nacional se pueden considerar como zonas áridas o semiáridas de alta irradiación solar.

Existen tecnologías maduras y viables para el aprovechamiento de las energías renovables. La tecnología eólica captura la energía del viento por medio de turbinas adecuadas y produce energía eléctrica; la minihidráulica utiliza la energía contenida en las pequeñas caídas de agua para producir electricidad; la solar emplea celdas fotovoltaicas que la transforman directamente en energía eléctrica. También la biomasa (materia orgánica en forma sólida, líquida o gaseosa) puede ser aprovechada para producir electricidad.

México presenta niveles de insolación de  $5 \text{ kWh/m}^2\text{-día}$  en promedio, que es suficiente energía —con sistemas de eficiencia de 10%— para tener un foco de 100 Watts prendido por cinco horas. Igualmente, las zonas de viento que han sido evaluadas pueden representar, idealmente, fuentes de energía para cubrir el equivalente a una cuarta parte de las necesidades de electricidad del país. Existe también un potencial de aprovechamiento de pequeñas plantas hidráulicas (menores a 5 MW) y de bioenergía como leña, residuos agrícolas y urbanos, y cultivos energéticos.

El costo de las energías renovables ha disminuido en años recientes, en algunos casos muy aceleradamente. Algunas de ellas pueden competir exitosamente en costo con otras opciones de demanda en algunos mercados; un potencial muy significativo que puede ser aprovechado económicamente se mantiene sin explotar (Tabla 1).

## GENERACIÓN DISTRIBUIDA

La red eléctrica nacional se alimenta —casi en su totalidad— por medio de grandes centrales con capacidades de hasta 2 millones de kW. Este procedimiento resultaba adecuado en tiempos en que mayores plantas representaban economías de escala; sin embargo, esta situación ha cambiado y hoy en día la tecnología permite instalar e integrar a la red a plantas pequeñas que se encuentran más cerca de los usuarios finales (o incluso dentro de sus propias casas o instalaciones) y permiten mayores eficiencias globales, con menores impactos ambientales globales y a costos menores para los usuarios y para la economía en general.

## *Alternativas energéticas*

Una casa mal diseñada en regiones de clima cálido puede consumir varios miles de kilowatts—hora más de los que se necesitan.

Con el sistema de *generación distribuida* (también conocida como microgeneración), los niveles de emisión de contaminantes –incluyendo dióxido de carbono– que resultan del uso de nuevas tecnologías son entre 70% y 100% menores a los que se presentan con los sistemas convencionales, en parte porque dichas tecnologías son alimentadas con gas natural y en parte porque son más eficientes. Además, como son instaladas donde se requiere la potencia, el calor de desecho de los microgeneradores puede ser aprovechado, llevando a eficiencias energéticas de entre 80 y 90% mientras que las plantas típicas de los sistemas centralizados alcanzan sólo el 30%.

Los siguientes sistemas de generación de electricidad son tecnologías de energía descentralizada –que la producen en, o cerca de l punto de consumo– (World Survey of Decentralized Energy, 2004): cogeneración de alta eficiencia, sistemas de energía renovable *in situ* y sistemas de reciclado de energía, incluyendo el uso de gases de desecho, calor de desecho y caídas de presión para generar electricidad *in situ*.

Los motores Stirling,<sup>2</sup> las micro turbinas, las celdas de combustible y otros dispositivos pueden encontrarse en tamaños adecuados para generar electricidad en hoteles, escuelas, hospitales pequeños, negocios e incluso en casas. Estos sistemas tienen costos variados con inversiones que van de 600 a 10,000 dólares por cada mil Watts (un kW) instalados (tabla 2).

## EL CALENTADOR SOLAR DE AGUA

En México una familia promedio consume cerca de 340 kilogramos de gas LP al año, equivalente a cerca de un kilogramo por día. Esto representa a un consumo de cerca de 1 m<sup>3</sup> de gas natural por día. Aunque este último emite menos gases de efecto invernadero que el LP, no deja de ser adecuado aprovechar formas alternas de tener agua caliente.

En cada 2.5 m<sup>2</sup> de techo de las casas mexicanas se recibe en promedio una cantidad de energía solar equivalente a la que produce 1 kg de gas por día; es decir, con 0.7 m<sup>2</sup> de área de colección de calor solar se puede captar la energía suficiente para un baño diario por persona.

2. El motor Stirling es radicalmente distinto a los motores de combustión interna. Su principio básico de funcionamiento es que una cantidad fija de gas permanece sellada dentro del motor. El ciclo Stirling involucra una serie de eventos que cambian la presión del gas dentro del motor, dando lugar a que realice trabajo.

Las zonas de viento que han sido evaluadas pueden representar –idealmente– fuentes de energía para cubrir una cuarta parte de las necesidades de electricidad del país.

TABLA 1. OPCIONES DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN SISTEMAS DE MICROGENERACIÓN SIN COMBUSTIBLES FÓSILES (DUNN Y FLAVIN 2000)

Características	Aerogenerador	Celda solar
Rango actual de tamaños (kW)	<1 a 3 000	<1 a 1,000
Eficiencia eléctrica (%)	No aplica	No aplica
Costo actual de instalación (por kW)	\$900 a 1,000	\$5,000 a 10,000
Costo esperado de instalación con producción en masa (por kW)	\$500	\$1,000 a 2,000

*Alternativas energéticas*

Los calentadores solares planos son dispositivos que funcionan captando la energía solar en aletas o placas conectadas térmicamente en tubos por donde circula el fluido que quiere calentarse. Los tubos generalmente corren en paralelo y comienzan y terminan en un cabezal común. Las aletas y los tubos pueden ser de una gran variedad de materiales, predominando el cobre, el plástico y el aluminio. Los colectores solares planos pueden ser utilizados como placas o dentro de cajas aisladas térmicamente. En este segundo caso la cara expuesta al sol tiene una cubierta transparente, que puede ser de vidrio o de un material plástico. Estos equipos pueden venir acompañados de un tanque aislado térmicamente, donde se acumula el agua caliente para ser usada posteriormente. Igualmente, los sistemas pueden ser o bien de circulación forzada por una bomba, o bien de tipo termosifónico, en los que el agua circula empujada por las diferencias de presión debidas a las distintas temperaturas que se dan en la parte baja del colector y en la superficie del agua en el tanque.

La inversión en un calentador solar resulta por lo general muy buena, aún cuando el equipo pueda costar hasta diez veces lo que cuesta un calentador convencional de gas. Esto se demuestra considerando el precio de un *regadero solar*, el ahorro de combustible y la amortización de la inversión. El costo unitario de tal regadero es particularmente sensible a la tasa de interés con la que se compre el calentador solar, si es que se compra a crédito: en el caso de usar tarjeta de crédito el costo unitario es muy cercano al del calentador de gas LP; para una tasa de interés hipotecaria los resultados son favorables al calentamiento solar (figura 5).

Con el sistema de generación distribuida, los niveles de emisión de contaminantes que resultan del uso de nuevas tecnologías son entre 70% y 100% menores a los que se presentan con los sistemas convencionales.

TABLA 2. OPCIONES DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN SISTEMAS DE MICROGENERACIÓN CON COMBUSTIBLES FÓSILES (DUNN 2000)

*El calentador solar de agua*

Características	Motor reciprocante	Microturbina	Motor Sterling
Rango actual de tamaños (kW)	5 a 10,000	20 a 300	0.1 a 100
Eficiencia eléctrica (%)	20 a 45	30 a 38	20 a 36
Costo actual de instalación (por kW)	\$600 a 1,000	\$600 a 1,000	\$1,500
Costo esperado de instalación con producción en masa (por kW)	< \$500	\$200 a 250	\$200 a 300

## TRANSPORTE

Cada tres litros de gasolina que quemamos emiten cerca de un kilo de bióxido de carbono. Un litro de gasolina nos alcanza para recorrer, en promedio, diez kilómetros. Si recorremos 50 kilómetros diarios estamos emitiendo cerca de 15 kilos de bióxido de carbono por día (además de otros contaminantes). Cada diez kilómetros de distancia al trabajo recorridos en auto representan alrededor de 500 litros de gasolina al año, lo cual resulta en 1.3 toneladas de CO<sub>2</sub> liberados a la atmósfera en ese período.

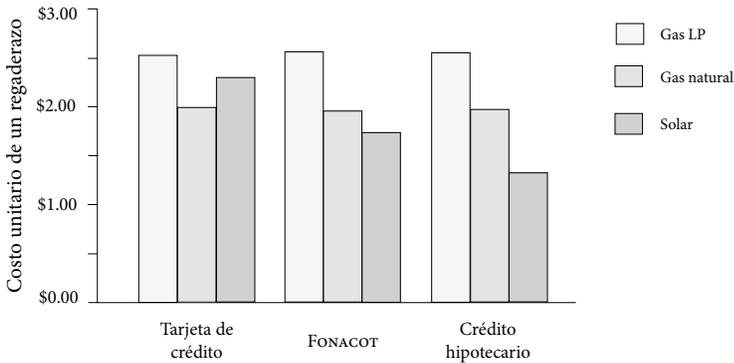
Las alternativas que tenemos como sociedad son muchas, aunque pocas de ellas funcionan para el corto plazo. Cambiar combustibles, usar otra tecnología para los vehículos, modificar los medios predominantes de transporte (del individual al colectivo o público) o transformar el orden urbano para que la gente no se tenga que desplazar a grandes distancias, son algunas de las medidas que la sociedad puede tomar para reducir el impacto que representan nuestras necesidades de movilidad.

Se estima que si la tecnología que existe actualmente en el mercado se introdujese a todo el transporte nuevo de pasajeros, el consumo de combustibles para 2030 podría sufrir una reducción de cerca del 30% (OCDE 2002). Sin embargo, soluciones como ésta se enfrentan a las restricciones propias de los mercados; para desarrollarlas generalmente es necesaria la intervención del gobierno a través de regulaciones o instrumentos económicos.

Si la tecnología que existe actualmente en el mercado se introdujese a todo el transporte nuevo de pasajeros, el consumo de combustibles para 2030 podría sufrir una reducción de cerca del 30%.

FIGURA 4. COSTOS UNITARIOS DE BAÑO DE REGADERA PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS Y OPCIONES DE FINANCIAMIENTO (SIN INVERSIÓN DE CALENTADORES DE GAS)

*Alternativas energéticas*



### *Mejoras en la eficiencia energética de los vehículos*

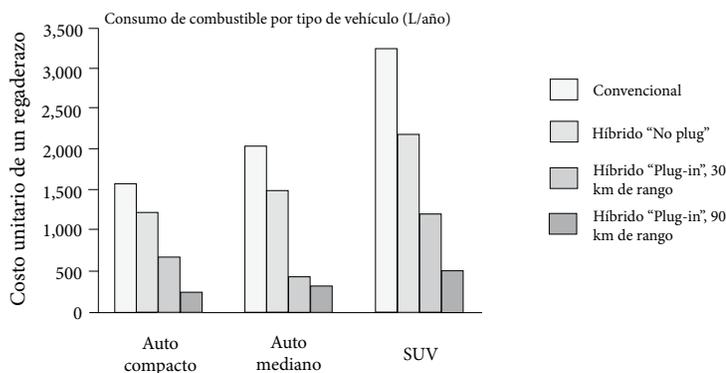
Existe actualmente tecnología que permitiría rendimientos de combustible de 50% por encima de los actuales (si se reduce la potencia de los vehículos). Existen también vehículos híbridos que aprovechan ventajas de los motores eléctricos, recuperando energía en el frenado, y de los de combustión interna (figura 5).

### COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

El uso de combustibles distintos a la gasolina o al diesel es una alternativa para reducir el consumo de petróleo por diversificación o por mayor rendimiento energético de los vehículos. En la actualidad existen en el mercado, como prototipos o modelos con producción limitada, vehículos a gas natural, gas LP, etanol, metanol, hidrógeno y electricidad; como dato interesante cabe mencionar que los productores de etanol más eficientes logran seis mil litros por hectárea cultivada de caña de azúcar.

En la actualidad existen en el mercado, como prototipos o como modelos con producción limitada, vehículos que operan con gas natural, gas LP, etanol, metanol, hidrógeno y electricidad.

FIGURA 5. CONSUMOS ANUALES POR TIPO DE VEHÍCULO



## CONCLUSIONES

El peso que tiene el aprovechamiento de la energía en las emisiones de gases de efecto invernadero es significativo; por lo mismo, cualquier medida que se tome para reducir este impacto debe ser tomada en cuenta.

Afortunadamente ya existen tecnologías que permiten obtener los mismos niveles de servicio (refrigeración, confort, iluminación, agua caliente y/o movilidad) con menor consumo de energía; otras que se enfocan a aprovechar formas de energía renovable, y unas más que permiten producir energía útil con menor emisión de gases contaminantes (generación distribuida). Algunas de estas tecnologías son definitivamente más económicas que las actuales; otras lo son en algunos nichos de mercado o tienden a ser competitivas en el futuro cercano. El que se aprovechen más dependerá de cómo la sociedad las vaya asumiendo y de la existencia de políticas públicas que reconozcan su valor ambiental, económico y social.

## BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Federal de Electricidad. 2006a. <http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/generacionelectricidad>. Consultado el 1 de abril de 2006.
- . 2006b. [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx). Consultado el 12 de junio de 2006.
- Dunn, S., y C. Flavin. *Sizing up Micropower. State of the World 2000*. The Worldwatch Institute, Washington, D.C.
- Instituto Nacional de Ecología. 2005. [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/secprivcc/secprivcc.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/secprivcc/secprivcc.html). Consultado el 1 de abril de 2006.

OCDE. Transport and the Environment. Synthesis of OECD Work on Environment and Transport and Survey of related OECD, IEA and ECMT Activities.

Sistema de Información Económica Energética, Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Quito, Ecuador, 2003.

World Survey of Decentralized Energy 2004. World Alliance for Decentralized Energy (Wade), Escocia, Gran Bretaña..

*Alternativas  
energéticas*



# IMPACTO DEL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL EN EL SECTOR RESIDENCIAL

*David Morillón Gálvez\**

El presente estudio involucra la actividad de arquitectos, ingenieros y profesionistas de otras disciplinas interesados en el ahorro y uso eficiente de la energía en la vivienda. Abarca desde el diseño mismo hasta el ofrecimiento a sus ocupantes de un confort ambiental integral y el mejoramiento del ambiente y la calidad de vida. También involucra la actividad de instituciones públicas, privadas y organismos no gubernamentales, vinculados a los sectores constructivo, energético y ambiental, así como a estudiantes de arquitectura, ingeniería y otras disciplinas afines, con el fin de identificar el impacto del cambio ambiental global por el consumo energético en el diseño y operación de las viviendas.

El principal objetivo es proporcionar conocimiento, métodos y estrategias que permitan diseñar viviendas confortables, saludables y de máxima eficiencia energética para sus ocupantes, contribuyendo así, con acciones sustentables, al ahorro y uso eficiente de la energía en los hogares y al mejoramiento del ambiente y de la calidad de vida de los usuarios de las viviendas de interés social.

\* Instituto de Ingeniería, UNAM.

En primer lugar se presenta el proceso para realizar arquitectura bioclimática; estudio del bioclima y del sol, uso de los sistemas pasivos de climatización, y ecotécnicas, entre otros; también se exponen algunas técnicas para evaluar el comportamiento térmico y energético para identificar los impactos ambientales; por último, se ofrecen las estimaciones del impacto en la climatización ante el cambio ambiental global, cuantificado el consumo de energía y emisión de CO<sub>2</sub>.

## CONCEPTOS GENERALES

### *Arquitectura actual*

... contribuir con acciones sustentables al ahorro y uso eficiente de la energía en los hogares y al mejoramiento del ambiente y de la calidad de vida de los usuarios de las viviendas de interés social.

Por regla general, el diseño tradicional de edificios no incluye el estudio a detalle de todas las variables que influirán en la comodidad higrotérmica de sus ocupantes; cuando se dispone de los medios económicos para hacerlo, se recurre al uso de aire acondicionado y/o al de calefacción para lograr este fin. La economía, la naturaleza y desgraciadamente también la salud y las condiciones de bienestar del hombre han sido seriamente afectadas por tal actitud injustificada, por lo que es urgente y necesario crear conciencia e inclinarnos hacia una más sensata y eficiente utilización de los recursos naturales que hoy sirven para generar energía.

### *Arquitectura bioclimática*

Entre los conocimientos que permiten lograr edificios adecuados al ambiente tenemos el diseño bioclimático, que consiste en proyectar o construir considerando la interacción que se dará entre los elementos meteorológicos y la edificación, a fin de que sea ésta la que regule los intercambios de materia y energía con el medio ambiente y cree las condiciones de bienestar térmico de sus habitantes. De acuerdo con Tudela (1987), “*Se refiere a un proceso de diseño que se desarrolle con la naturaleza y no contra o al margen de ella*”.

En virtud de que existe una estrecha interrelación entre el clima de una localidad y la arquitectura que la tradición popular ha forjado allí, la arquitectura bioclimática no debe ser presentada como un *Movimiento* o como una de las muchas modas que animan el contexto cultural de la arquitectura. La buena arquitectura siempre ha sido y debe ser bioclimática; una arquitectura no bioclimática carece de cali-

dad. Es decir, la buena arquitectura siempre ha propiciado condiciones internas de confort suficientes para permitir el desarrollo óptimo de las actividades humanas.

El diseño bioclimático es el medio para lograr edificios confortables que sean sistemas termodinámicos eficientes; ello implica que la comodidad de los ocupantes se logre con el mínimo consumo de energía eléctrica. El sistema ideal será aquel cuyo consumo de energía convencional a lo largo del año sea nulo; esto se puede llevar a cabo con el empleo o protección del clima.

La arquitectura vernácula ofrece diversos ejemplos de adecuación de los edificios al clima. En algunos pueblos se ha utilizado éste último como recurso y por medio de ensayo y error (repitiendo los aciertos y desechando lo que no funcionaba) llegaron a obtener modelos de vivienda adecuada. Sin embargo en la época actual, debido a la variedad de materiales de construcción en el mercado y de novedosos métodos constructivos, no se puede esperar que un determinado tipo de arquitectura se imponga como modelo óptimo para todos los edificios de cada región.

A continuación se presentan ideas y métodos para la climatización natural de edificios, con el objetivo de aportar técnicas para el uso de componentes (muros, techos, pisos, orientaciones, etc.) que al interactuar con el clima tomen ventaja de éste para lograr el bienestar térmico de sus ocupantes. Los componentes deben formar parte integral del edificio y estar fabricados con materiales que existan en el mercado local y que puedan ser aplicados con métodos constructivos usuales en la región.

## CONSUMO DE ENERGÍA Y CONFORT EN LOS EDIFICIOS

En el año 2004 el consumo total de energía fue de 4 141.352 petajoules (PJ), de los cuales el sector transporte empleó 43.2%, y el sector industrial, 28%. Los subsectores residencial, comercial y público emplearon 19.7%, y el sector agropecuario, 2.7% (figura 1).

### *La energía en la vivienda*

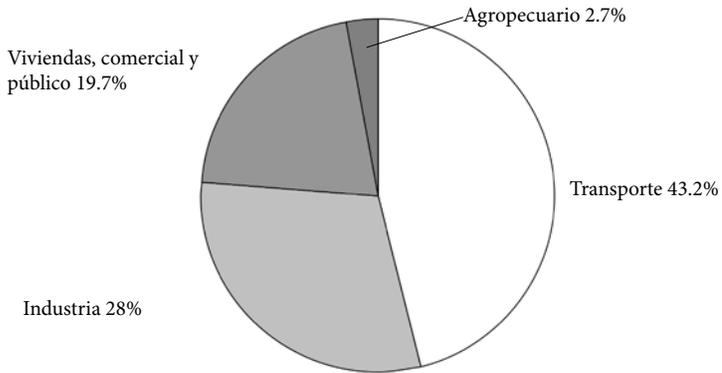
El sector residencial, comercial y público requirió 873.4 PJ en el 2004; de este total, 83.8 % corresponde a vivienda, 13.6 % al subsector comercial, y 2.6% a los servicios públicos, como alumbrado y bombeo de aguas (figura 2).

### *Cambio global y sector residencial*

La arquitectura bioclimática no debe ser presentada como una de las muchas modas que animan el contexto cultural de la arquitectura. La buena arquitectura siempre ha sido y debe ser bioclimática.

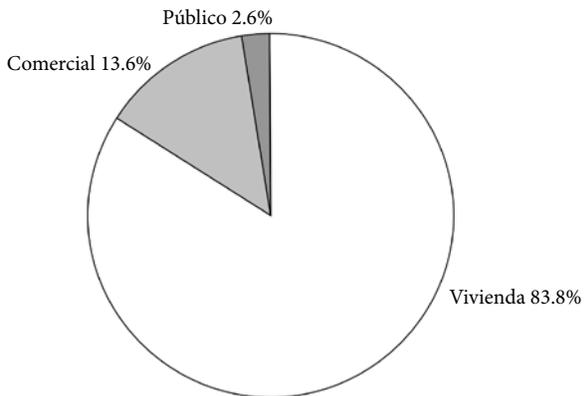
FIGURA 1. CONSUMO ENERGÉTICO EN MÉXICO POR SECTOR  
(BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 2004)

*Consumo de energía y confort en los edificios*



La energía tiene el fin de satisfacer las necesidades de cocción de alimentos, iluminación, calefacción, aire acondicionado, calentamiento de agua, usos comerciales y servicio público, entre otras. En el 2004, en el sector vivienda, el gas licuado de petróleo brindó el 40.5 % del total de energía empleada; la leña, el 29.6 %; la electricidad, el 24.7 %; el gas natural, 4.6 %; el diesel, 0.4 %, y los querosenos, 0.2 %.

FIGURA 2. CONSUMO DE ENERGÍA DEL SECTOR RESIDENCIAL, COMERCIAL Y PÚBLICO (FUENTE: BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 2004)



## PROBLEMÁTICA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS

Para identificar la problemática existente en el uso y consumo de la energía en edificios, se llevó a cabo el diagnóstico de ocho prototipos de viviendas en diversas regiones climáticas del país, primero mediante un monitoreo y después mediante la simulación del comportamiento térmico y energético.

La problemática encontrada se puede agrupar en cinco puntos, de los cuales se desarrollará el quinto: 1) Mal uso del alumbrado; 2) Equipos e instalación obsoleta e ineficiente; 3) Mantenimiento inapropiado. 4) Adición de cargas y 5) Edificios no adecuados al ambiente.

### *Edificios no adecuados al ambiente*

Se observaron edificios que, por haber atendido a modas arquitectónicas en su construcción, no son adecuados a las condiciones climáticas del lugar y están sujetos al uso convencional de energía en aspectos como aire acondicionado e iluminación artificial en horas del día en que existe luz natural.

### *Hacia un edificio adecuado al ambiente y de máxima eficiencia energética*

La utopía de un edificio de máxima eficiencia energética es alcanzable por medio de la arquitectura y de la manipulación de energía de origen natural o artificial, teniendo presente la preocupación porque su utilización sea sensata, no contaminante y eficiente. Arquitectura bioclimática; ecodiseño; arquitectura ambiental, ecológica o solar; helioarquitectura; ecoarquitectura; edificios verdes; arquitectura sustentable..., tales son los nombres de una misma esperanza que hoy, más que nunca, es la verdadera alternativa.

## ASPECTOS BIOCLIMÁTICOS EN EL DISEÑO DE EDIFICIOS CONFORTABLES DE MÁXIMA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los aspectos bioclimáticos que determinan la comodidad térmica en un edificio pueden englobarse en tres grupos. El primero lo constituyen las condiciones ambientales, entre las que se cuentan: temperatura del aire (bulbo seco), humedad del aire (temperatura de bulbo húmedo

*Cambio global y sector residencial*

Arquitectura bioclimática; ecodiseño; arquitectura ambiental, ecológica o solar; helioarquitectura; ecoarquitectura; edificios verdes; arquitectura sustentable; tales son los nombres de una misma esperanza.

del aire), velocidad del aire, radiación solar y radiación infrarroja procedente de cuerpos y objetos vecinos. Estos parámetros se pueden modificar en la interacción del edificio con el ambiente, de tal forma que las condiciones del interior (microclima) lleguen a ser más agradables al cuerpo humano (o en el peor de los casos, menos agresivas) que las condiciones ambientales exteriores al edificio. Estos factores son los que se modulan en una construcción pasiva.

El segundo grupo de variables lo forman el vestido con que se cubren los ocupantes y las variables que determinan el metabolismo, a saber: edad, peso, complejión y grado de actividad física, entre otras.

El tercer grupo lo forman los materiales, las orientaciones, la forma, los sistemas pasivos y otros aspectos de la envolvente arquitectónica.

#### BASES PARA UN PROCESO DE DISEÑO AMBIENTAL

La tendencia actual, comprometida principalmente con el desarrollo sustentable, pretende quitarle a los métodos de diseño la estrechez de lo prescriptivo, evitando las proposiciones ideales, como “Así debe ser el proceso de diseño” y procurando secuencias de facto, como “Esto es lo que hacen los diseñadores”, que finalmente esbozarán las fases del proceso.

Apelando a la psicología, se propone modelar esta parte del método presentando a la labor de diseñar como un acto voluntario cualquiera, esto es, como la decisión de ejercer deliberadamente una acción sobre el entorno. Los aspectos básicos de cualquier acto voluntario se pueden reducir a cuatro –si se permite tal exageración– : concebir una hipótesis, fundamentarla, verificarla y materializarla.

Este orden no representa una secuencia ideal, porque en la práctica es tan válido fundamentar primero (obtener información e introducirla en una caja negra, es decir sin conocer el resultado final) y luego concebir, como lo opuesto (reunir información en una caja de cristal, sabiendo perfectamente qué deseamos lograr; ello implica concebir la hipótesis antes, introduciéndonos en un proceso heurístico).

Entre las metodologías para el diseño bioclimático tenemos: la de Humberto Rodríguez, que trata sobre la relación hombre y medio; la de E. Hernández/E. Mayer, que se encamina a obtener las recomendaciones de adecuación bioclimática de la vivienda aplicada a una localidad en particular; la de Christopher Alexander, de adaptación de los patrones al diseño bioclimático; la de Ingersoll/Szokolay, que se

enfoca sobre un análisis-síntesis-evaluación; la de Lipsmeier Georg, quien nos lleva a determinar los factores que afectan la planeación del diseño; la de Olgay V&A, que se fundamenta en la relación medio/vida, y por último la de Gabriel Gómez Azpeitia, quien nos involucra en un proceso de diseño en espiral, que se ajusta más a la forma de pensar del diseñador.

Partiendo del análisis anterior se presenta a continuación una serie de ideas que el autor ha venido aplicando a lo largo de su vida profesional; tal aplicación ha permitido la maduración de las mismas y con ello la posibilidad de transmitir las a otras personas no como ideas sino como conocimiento.

Existe la preocupación de contribuir al buen diseño de edificios, por lo que éste representa en cuanto a bienestar para sus ocupantes (a ello todos tenemos derecho). Asimismo es de interés contribuir al ahorro de energía con propuestas contrarias a las de edificios mal diseñados. También es necesario involucrar la mejor tecnología de cálculo de operación térmica, pues se sabe que no basta decir, por ejemplo, que si se abre una ventana hacia el sur se captará la energía solar en forma de calor durante el invierno; es necesario decir cuánta energía se capta, cuál es la temperatura que se alcanza y cuál su historia en el tiempo. Es importante conocer la tecnología desarrollada en otros países, sobre todo de aire acondicionado y climatización, para adecuarla al cálculo de sistemas pasivos o para integrarla con “nuevas” técnicas a edificios con aire acondicionado (mecánico) en zonas donde el clima no permite limitarse a la climatización natural para conseguir los adecuados rangos de confort.

Las normas de climatización de edificios fueron tomadas de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, que funciona como base para la normatividad en la oficina N.B.S. de los E.U.A. Esta preferencia se debe a que la normatividad nacional es apenas naciente y comúnmente, en el medio profesional de acondicionamiento de aire en México, las normas se toman de manuales de compañías norteamericanas. Afortunadamente, la Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, trabaja ya sobre normas oficiales mexicanas para la eficiencia energética en edificios residenciales y no residenciales: NOM-008-ENER-2001 y NOM-020-ENER. La primera entró en vigor hace cuatro años; la segunda es todavía un proyecto. Ambas se utilizan aquí como base en la toma de decisiones para el diseño de la envolvente de edificios.

## PROPUESTA METODOLÓGICA

### *Propuesta metodológica*

La metodología que se presenta para el diseño bioclimático de un edificio parte de un cuidadoso análisis del clima del sitio en el que se construirá así como de los requisitos impuestos por el tipo de uso de suelo y por el lugar donde quedará ubicado. En la figura 3 se muestra el esquema que se sugiere seguir durante el diseño bioclimático de edificios. Los parámetros del clima son: temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, así como radiación solar. Además de éstos, debe definirse los rangos de confort de las personas, animales o plantas que ocuparán el edificio.

Como primer paso, se debe construir un archivo de temperaturas horarias del lugar, que correspondan a la temperatura de bulbo seco a la sombra. El archivo se organiza en 12 columnas que corresponden a los meses, y en 24 filas para la temperatura promedio de cada hora, partiendo de la hora 1:00 hasta la 24:00.

Los 288 valores de temperatura horaria se procesan en cartas bioclimáticas junto con la humedad, para indicar gráficamente el confort térmico. En la nueva tabla, conocida como diagrama de isorequerimientos de climatización, con las mismas columnas y filas que el anterior, se marcan las condiciones de incomodidad térmica, frío y calor, y se deja el espacio en blanco para indicar las zonas dentro de las condiciones de confort para el cuerpo humano, que según la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, es entre 22 y 28° C; para ocupantes animales o plantas habrá que tomar en cuenta las condiciones de confort en las cuales pueden desarrollar sus funciones metabólicas de la mejor manera. También es posible seguir algún código que permita al analista distinguir la situación del clima de manera horaria.

En la matriz obtenida (diagrama de isorequerimientos de climatización de 12 columnas por 24 renglones) se recomienda trazar dos líneas para indicar la hora de inicio de ocupación del edificio y la hora de abandono de éste. Esto es importante sobre todo en edificios de oficinas. Tales líneas delimitarán el área sobre la cual debemos fijar nuestra atención. Como criterio de diseño, es importante preocuparse por reportar las condiciones de temperatura de confort en el horario de ocupación del edificio.

Con la información de temperatura ya ordenada es posible obtener una primera idea de los problemas de confort a que se sujetará el

No basta decir que si se abre una ventana hacia el sur se capta la energía solar en forma de calor durante el invierno; es necesario decir cuánta energía se capta, cuál es la temperatura que se alcanza y cuál su historia en el tiempo.

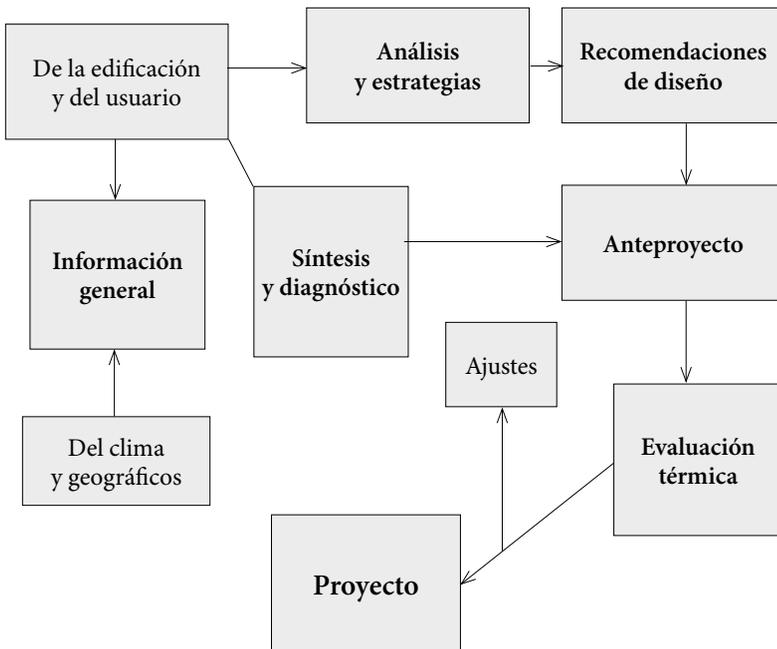
ocupante. Ciertamente, la temperatura del ambiente es el principal parámetro que modula la descarga de calor del cuerpo humano desde la piel; sin embargo, la cantidad de radiación que incide sobre ésta, la velocidad del aire y la cantidad de humedad de la piel que éste evapora, también alteran dicha descarga.

La radiación que incide en la piel hace que el cuerpo tenga que descargar el calor que él mismo produce, además del que ha captado. Esto provoca la sensación de bochorno, que se vive como un incremento aparente de la temperatura del aire.

Una mayor velocidad del aire que choca contra la piel provoca que el intercambio de calor se incremente. Si la temperatura del aire es menor que la temperatura de la piel, sentiremos frío; si su temperatura es mayor, sentiremos calor. Sin embargo, nuestra sensación será que es la temperatura ambiente lo que ha aumentado o disminuido.

Con el diagrama de isorequerimientos alterado por información de radiación solar, humedad del aire y viento, es posible construir una

FIGURA 3. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO DE EDIFICIOS



nueva gráfica o juego de gráficas mostrando cada uno de los efectos anteriores. Se recomienda usar la definición de temperatura equivalente del aire de ASHRAE para este propósito. La observación de esta gráfica permitirá definir si el ocupante del edificio estará sujeto a problemas de incomodidad térmica, así como hacer una calificación del clima por época del año.

Con esta información, y la información sobre la edificación, es posible establecer las estrategias de diseño térmico, las cuales consisten en seleccionar cualitativamente los dispositivos o componentes, considerando su forma, materiales y ubicación en el inmueble, así como emplear del clima lo que convenga o no tomar lo que no necesitamos; por ejemplo, si en época cálida no necesitamos el calentamiento del sol, habrá que diseñar una envolvente que escude; durante la época en que el clima es frío y con vientos fuertes, habrá que cuidarse de la infiltración del aire. Esta etapa del diseño es *cualitativa*.

Una vez establecidas las estrategias de diseño, se plantean recomendaciones de carácter arquitectónico y urbano para el edificio. Ello permite definir un anteproyecto simulando el comportamiento térmico y energético para predecir el funcionamiento que el lugar tendrá en condiciones reales, y de esta manera optimizarlo desde el diseño mismo.

Procede entonces la evaluación térmica del anteproyecto, que da la guía o la pauta para que el diseñador realice ajustes al primer planteamiento. Esto asegura que el edificio ha sido cuidado de manera cuantitativa para que tome ventaja del clima. Para la simulación térmica del edificio es conveniente seleccionar días de diseño representativos del clima del lugar. Así, la simulación se reducirá de 365 días a sólo unos cuantos, y la información de la operación térmica del edificio será completa. Con los resultados de la simulación es posible optimizar el diseño tomando decisiones antes de construir.

#### BENEFICIOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

En la tabla 1 se presentan los beneficios estimados que se obtendrían por incorporar criterios de diseño bioclimático en la vivienda de interés social, en las actuales condiciones climáticas. Son los resultados del proyecto piloto del programa Vivienda Sustentable de CONAFOVI, que el autor asesora como investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Se observa que aproximadamente 5,000 viviendas representan en un año un ahorro de energía de 4 807 MW/h, dejando de emitir al ambiente 3 342.49 toneladas de CO<sub>2</sub>, ello por haberse diseñado con consideraciones bioclimáticas en lugar de volverlas confortables con aire acondicionado (cuya energía tiene su origen en energéticos fósiles).

*Cambio  
global  
y sector  
residencial*

TABLA 1. BENEFICIOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES ANUALES DEL PROYECTO PILOTO DEL PROGRAMA VIVIENDA SUSTENTABLE DE CONAFOVI

Constructora/Ciudad	Viviendas	Ahorro de energía kWh	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> (ton)
BRACSA, Acapulco	62	151,900.00	104.78
URBI: Mexicali, Hermosillo y Cd. Juárez	4,476	3,811,761.60	2,685.60
PULTE, Querétaro	45	82,708.20	58.05
Estado de Nuevo León	56	102,925.76	72.24
Estado de Tamaulipas	358	657,989.68	461.82
Total	4,997	4,807,285.24	3,342.49

#### IMPACTOS DEL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL EN ALGUNAS CIUDADES DE MÉXICO

No son obvias las consecuencias del posible cambio climático global en el confort térmico humano. Un incremento de temperatura muy probablemente inducirá mayores necesidades de aire acondicionado en las regiones cálidas; sin embargo, debe tomarse en cuenta que ese incremento será paulatino y por lo mismo susceptible de ser contrarrestado por la aclimatación y la forma de vestir de la gente. Además, hasta el momento no son claros los efectos de los incrementos térmicos en la humedad atmosférica (relativa y absoluta), que es uno de los elementos climáticos más importantes en las evaluaciones del bioclima humano (Auliciems 1992). Por otra parte, el llamado calentamiento global bien podría significar una reducción en las necesidades de calefacción en temporadas o regiones frías, de las que un país tropical como México no está exento.

5,000 viviendas representan en un año un ahorro de energía de 4,807 MW/h (3,342.49 toneladas de CO<sub>2</sub> no emitidas al ambiente), ello por haberse diseñado con consideraciones bioclimáticas en lugar de volverlas confortables con aire acondicionado, cuya energía tiene su origen en energéticos fósiles.

Pueden plantearse escenarios de condiciones bioclimáticas que incorporen la aclimatación a través del uso del concepto de temperatura preferente. En función del aumento poblacional, los consumos energéticos para la segunda mitad del siglo XXI deberán incrementarse a fin de reducir las sensaciones de incomodidad térmica (tanto por calor como por frío) y el consecuente pago de facturación de electricidad será mayor. En el caso específico de las viviendas de interés social, sector sin muchos recursos económicos, esto se puede volver un problema y redundar en una crisis para el país.

Si al crecimiento poblacional añadimos el incremento térmico, tendremos que las necesidades de aire acondicionado pueden incrementarse dramáticamente.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Auliciems, A. 1992. Greenhouse warmed Europe, thermoregulatory criteria for future indoor climate management. *Internation Journal of Biometeorology* 36: 201-209.
- Balance Nacional de Energía 2004. Consultado el 04 de abril de 2006. Disponible en: [www.sener.gob.mx/wb2/sener/sene\\_185\\_publicaciones](http://www.sener.gob.mx/wb2/sener/sene_185_publicaciones).
- Morillón, D. 2006. *Edificios bioclimáticos en México: Acciones, programas y proyectos para la vivienda de interés social, Los edificios bioclimáticos en los países de Ibero América*. CYTED e INETI, Portugal.
- Morillón D. 2005a. *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano*. Comisión Federal de Electricidad (CFE), Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, México.
- Morillón D. 2005b. *Modelo para el diseño y evaluación del control solar en edificios*. II-UNAM, México.
- Morillón D. 1993. *Bioclimática: sistemas pasivos de climatización*. Ed. Universidad de Guadalajara, México. 148 pp.
- Morillón D. 2004. *Atlas del bioclima de México*. II-UNAM, México.
- Tudela, F, 1987. *Ecodiseño*. Universidad Autónoma Metropolitana, México.

# EL PAPEL DE LA SOCIEDAD CIVIL EN EL CAMBIO CLIMÁTICO: LA VISIÓN SOCIAL

*Tania Mijares García\**

El cambio climático puede ser visto como un desequilibrio de nuestras sociedades ocasionado por la falta de integración de éstas dentro del contexto más amplio en el que se sustentan. Este desequilibrio está fundamentado en valores y acciones, tanto individuales como de gobierno, las que tendrán que ser modificadas para poder restablecer nuestra participación en el equilibrio global. La sociedad civil es un actor esencial para lograr este cambio, ya que su ámbito de trabajo le permite ser un puente entre los individuos, las instituciones y el contexto global en el que la sociedad se desenvuelve.

Las raíces del desequilibrio que está ocasionando los extremos eventos climáticos como huracanes y ondas de calor, son múltiples, pero se sustentan en la falta de retroalimentación entre un organismo (nuestras sociedades) y su contexto (el planeta y sus recursos naturales). Las acciones que caracterizan a las sociedades actuales son generalmente miopes: no ven más allá de intereses de corto plazo y antropocéntricos. En un individuo, este tipo de actitud se puede considerar patológica, pues un ser humano tiene que considerar a la sociedad en sus acciones en cada momento; el no hacerlo puede llevar a diagnósticos de enfer-

\* Centro Mexicano de Derecho Ambiental.

medad mental. En el caso en que tal actitud involucra a la sociedad en general, se puede hablar de patologías equivalentes, capaces de provocar daños tales como el cambio del clima.

Así, podemos hablar de la sociedad (en nuestro caso concreto, de México) como una unidad (el país) o como un conjunto de individuos (los mexicanos), dependiendo del punto de vista de referencia. Los conceptos que hemos acuñado para integrar estos dos niveles de organización son: *conciencia social* (para el nivel Individual, la conciencia social de cada mexicano) e interés público (para el nivel Unidad, las políticas de interés público del gobierno de México).

Usando los conceptos complementarios de *interés público* y *conciencia social* como referencia, podemos empezar a dilucidar cuatro grandes categorías de causas y soluciones para abordar el multifactorial tema del cambio climático.

Las acciones que caracterizan a las sociedades actuales son generalmente miopes: no ven más allá de intereses de corto plazo y antropocéntricos.

Interés público	Conciencia social
Sustentabilidad colectiva	Sustentabilidad individual
Gobernabilidad	Participación

Desde la perspectiva holística, las políticas para promover el interés público de nuestro país deben tener un enfoque de sustentabilidad colectiva. Esto significa que, al velar por los intereses de la mayoría, deben considerar intereses reales, es decir acordes con las limitaciones sociales, económicas y ambientales de nuestro territorio. Falta este enfoque de sustentabilidad colectiva en las políticas de los gobiernos. En el tema del cambio climático, dicha falta se ve reflejada en ciertas políticas energéticas, forestales y de calidad del aire urbano que promueven desatinadamente la generación masiva de gases de efecto invernadero, o la falta de su captura. Una consecuencia de dichas políticas es la gran deforestación que sufre el país, o la falta de promoción de combustibles alternativos.

Estos signos también señalan un problema de gobernabilidad. Ésta se puede definir, según la Real Academia española, como el *arte o manera de gobernar que se propone como objetivo el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero, promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía*. Este arte tiene que ver con la manera, principios y valores con los que se implantan las decisiones de un gobierno.

En nuestro país hay una crisis de gobernabilidad específicamente por falta de implantación de leyes, rendición de cuentas y transparencia por parte de las autoridades. Este factor colabora con la exacerbación de las causas del cambio climático global porque, como ya se comentó, algunas políticas no tienen visión de sustentabilidad; además, faltan mecanismos de implantación y vigilancia adecuados para llevar a cabo las que sí la tienen.

Por otra parte, podemos visualizar un esquema de las causas del cambio climático en el nivel reduccionista de la sociedad. La sociedad occidental actual, que es responsable de muchos de los cambios en el clima que estamos sufriendo, se caracteriza por ser liberal o individualista. Esto es consecuencia de los grandes movimientos sociales de siglos pasados, que fueron delimitando poco a poco que *el individuo es libre* y que la justicia social (o sea, el equilibrio entre los diferentes intereses al interior de una sociedad) se debe de dar natural o espontáneamente, sin necesidad de regulaciones, cuando los individuos cumplen con sus voluntades específicas (*laissez faire*). Desde entonces, se han estudiado varias excepciones a esta teoría del liberalismo; una de ellas es el *dilema del prisionero*, juego mental que demuestra que los individuos tienden a comportarse egocéntricamente a menos que se definan reglas o certeza a todas las partes.

Tomado esto en cuenta, en nuestra sociedad occidental el individuo está definido legalmente como persona física (*uno mismo*) o moral (*organización o empresa*). A pesar de que a ambas personas se les considera individuos con garantías inalienables, no se da el mismo trato a las dos en cuanto a la responsabilidad ante sus comportamientos. Por ejemplo, según el Código Penal se considera responsable penal a aquella persona física que toma parte directa en la ejecución de un delito; en ningún caso se podrá considerar responsable penal a las personas morales (empresas, industrias y sociedades), dado el principio general de *societas delinquere non potest* (las sociedades no pueden delinquir).

Esto es sólo un ejemplo de las causas que han llevado al desequilibrio ambiental; ejemplo que descubre más específicamente una inadecuada e ineficaz regulación en torno al individuo, sea físico o moral, para garantizar el bien común. Ello es resultado natural de la ideología liberal, que impera en la actualidad y se aúna a la crisis de gobernabilidad. Las actitudes egocéntricas de las personas morales (que se pueden entender con juegos como el dilema del prisionero) tienden a ser una regla y

A pesar de que a la persona física y a la persona moral se les considera individuos con garantías inalienables, no se da el mismo trato a las dos en cuanto a la responsabilidad ante sus comportamientos.

no una excepción, causando daños al medio ambiente. Así, un reto al enfrentar los problemas ambientales que nos aquejan es la redefinición de la relación individuo/regulación (entendiendo al individuo como persona física o moral), redefinición que puede efectuarse desde la autoridad o a través de mecanismos de autorregulación.

Un mecanismo de autorregulación es definir y promover medidas de sustentabilidad individual o medidas para que las actividades personales puedan transformarse a fin de disminuir su negativo efecto futuro sobre el medio ambiente.

En el caso de las personas morales esto se está logrando, por ejemplo, a través de auditorías ambientales. En este punto se hace relevante lo que hemos llamado conciencia social.

La sociedad occidental actual, de ideología liberal, se caracteriza por estar enfocada al consumo y al desperdicio. Estos dos tipos de acción tienden a no tener sustentabilidad ambiental a largo plazo. Para remediar tal situación, cada individuo debe retomar valores enfocados en satisfacer sus necesidades (aquellas identificadas por Abraham Maslow y no las de tecnología, mercadotecnia y consumo) y emprender un cambio de actitudes con respecto al medio que le rodea.

Un ejemplo de visión cultural de conciencia social que incorpora el entorno en sus acciones es quizás el de algunos pueblos autóctonos (ciertamente, no todos los pueblos indígenas cuentan con esta visión). La cosmovisión de nuestros antepasados del México antiguo que afirmaba que el hombre viene del maíz era una manera de conectar las necesidades de sociedades e individuos con aquello que los sustentaba, logrando cerrar el ciclo psicosocial, para usar un término contemporáneo, y mantener un equilibrio con el entorno. Dicho de otra manera, era una solución para garantizar el bien de la mayoría (la entonces presente y la futura) por medio de la participación activa y regulada de cada individuo, basada en la conciencia social.

En este texto hemos mencionado dos conceptos generales en que se puede basar el retorno de nuestras sociedades al equilibrio con el entorno: el enfoque en el interés público y en la conciencia social. La sociedad civil ambiental funge como puente para unir estos dos conceptos; en ello radica su papel fundamental en la actualidad. Por un lado, su poder puede contrarrestar y rebatir las decisiones no sustentables o que no promueven el interés público de la mayoría; sirviendo como contrapeso para equilibrar las políticas miopes de los gobiernos y para promover la buena gobernabilidad. Por otro lado, puede promover

Un reto al enfrentar los problemas ambientales que nos aquejan es la redefinición de la relación individuo/regulación (entendiendo al individuo como persona física o moral), redefinición que puede efectuarse desde la autoridad o a través de mecanismos de autorregulación.

entre los individuos acciones sustentables, llevándolos a participar de mejor manera en el equilibrio con el entorno. Muchas organizaciones no gubernamentales se dedican a educación ambiental, promoción de tecnologías ambientalmente amigables, promoción de la transparencia en las decisiones de gobierno, etc. Sin duda es posible afirmar que los individuos deben hacer *tal* o *cual* cosa en *tal* o *cual* sentido; pero para lograr verdaderos cambios de acciones y actitudes es imperante que haya un sector de la sociedad dedicado a llevarlos a cabo. Es a través de la sociedad civil como se conjugan la participación, la conciencia social y la promoción del interés público. Tal combinación parece ser el único camino que permitirá remediar los problemas ambientales que aquejan a nuestro planeta.

*El papel  
de la sociedad  
civil*



# ASPECTOS EVOLUTIVOS DEL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL: EL PAPEL DE LA POBLACIÓN

*Serafín Mercado Doménech\**

## INTRODUCCIÓN

Los efectos de la vida humana sobre los ecosistemas es algo que ha preocupado cada vez más a los científicos, a las autoridades y a la población en general. Esta conciencia es realmente reciente; sólo a partir de mediados del siglo pasado algunos ecólogos hicieron hincapié sobre la trascendencia que tenía la actividad humana en la vida del planeta e indicaron el riesgo de extinción de varias especies y de la integridad de numerosos ecosistemas.

Esta conciencia se ha exacerbado en épocas recientes, involucrando cada vez más a los gobiernos; la población se ha organizado en sociedades internacionales como *Greenpeace* y en una gran variedad de ONG, y han aparecido los llamados partidos verdes. El concepto de desarrollo sustentable se ha convertido en una constante en las agendas gubernamentales.

Un importante número de científicos contemporáneos sustentan que los problemas ambientales no tienen fronteras y que es importante abordar el cambio ambiental global.

\* Facultad de Psicología, UNAM.

Los planteamientos hechos por científicos, gobiernos y organizaciones civiles para afrontar el problema del deterioro ecológico parecen muy importantes y efectivos, pero no toman en cuenta un factor primordial: el crecimiento de la población.

Para abordar este ángulo se requiere hacer un análisis evolutivo de la razón de la incidencia de nuestra especie sobre el entorno y las implicaciones de esta incidencia sobre ella misma.

#### EVOLUCIÓN DE *HOMO SAPIENS SAPIENS* Y EL DETERIORO AMBIENTAL

Un importante número de científicos contemporáneos sustentan que los problemas ambientales no tienen fronteras y que es importante abordar el cambio ambiental global. Sus planteamientos así como los de gobiernos y organizaciones civiles parecen muy importantes y efectivos, pero no toman en cuenta un factor primordial: el crecimiento de la población.

Los seres humanos somos producto de la evolución de las especies, al igual que cualquier otro animal, planta o protista. Los mecanismos de nuestra evolución son la selección natural de variaciones genéticas, propiciadas estas últimas por cambios en el entorno; la aparición de oportunidades en otros nichos, y el aislamiento de poblaciones.

Como cualquier otro animal, nuestra especie fundamenta su adaptación al entorno en la utilización de un sistema nervioso que capta la información de éste usando sus sistemas sensoriales (los sentidos), la procesa y con ella guía su acción adaptativa en el medio ambiente.

Sin embargo, la especie *Homo sapiens sapiens* presenta peculiaridades que no habían aparecido antes en el proceso evolutivo y que significan un salto cualitativo en las estrategias de adaptación.

En primer lugar está la postura erecta, portento que permite mantener un equilibrio dinámico sobre una base de sustentación muy pequeña (los pies), con un centro de gravedad muy alto que hace muy inestable el sistema. La postura erecta libera las manos de la locomoción, que entonces se pueden adaptar para la manipulación.

También encontramos un desarrollo excepcional del encéfalo, especialmente de la corteza cerebral. Este crecimiento está asociado con una percepción excepcionalmente buena (particularmente la visual), una mayor y mejor memoria, y una inteligencia extraordinaria.

Otra peculiaridad de la especie es la evolución del lenguaje, vinculada al crecimiento cerebral, que acentúa el carácter social de nuestra adaptación, misma que ya heredábamos de nuestros ancestros simios. El lenguaje permitió la generación de intercambios de información, tanto concreta como abstracta, y la organización de la acción colectiva a través de locuciones instigadoras de la conducta tales como órdenes,

solicitudes y sugerencias, entre otras. El lenguaje es lo que nos hace seres culturales y, por ende, históricos.

Todos estos aspectos nos llevan a la característica fundamental de la adaptación humana: la tecnología. En su adaptación, el hombre utiliza todos los talentos señalados arriba para, en vez de seguir adaptándose por selección natural, hacerlo mediante la transformación del entorno a fin de que éste se adapte a sus necesidades; incluso se transforma a sí mismo y transmite culturalmente este hecho a través del lenguaje y la imitación. Como ejemplo, podemos considerar la evolución cultural de algunos instrumentos.

Cuando *Homo* baja de los árboles y adopta una postura erecta, sigue biológicamente adaptado a la vida de arriba. No tiene garras ni grandes colmillos para depredar o para defenderse de los depredadores (cosa común en los habitantes de la sabana) o para resolver conflictos con sus congéneres (desafortunadamente el homicidio y la guerra nos han acompañado siempre a lo largo de nuestra historia).

El proceso evolutivo normal implicaría, por selección natural, variaciones en el tamaño de los colmillos, permaneciendo aquellos que fueran más grandes, fuertes y agudos. Sin embargo, con la adaptación tecnológica cultural el hombre desarrolla colmillos manufacturados: es decir, hachas y cuchillos de piedra. Después de un tiempo éstos se tornan en algo inédito en el reino animal: colmillos voladores, pues como tal podemos ver las puntas de lanza que alcanzan a la presa o al depredador a distancia. Las lanzas van adquiriendo fuerza, alcance y precisión al aparecer los lanzadores, los arcos (cuya invención las convierte en flechas) y las ballestas. Todos estos adminículos adquieren mayor resistencia y filo al aparecer los metales, primero el bronce y luego el hierro. Entonces surgen utensilios como los cuchillos, las espadas y las dagas, y se perfeccionan los instrumentos citados. La culminación de esta tecnología llega con las catapultas, que permiten arrojar grandes pedruscos para derribar murallas.

Sin duda, el gran salto tecnológico es la aparición de la pólvora y, luego, de otros explosivos que ayudan a arrojar proyectiles muy lejos, con violencia y precisión. Finalmente se llega a los actuales misiles balísticos y a las bombas guiadas por rayo láser.

La historia ofrece multitud de ejemplos de adaptaciones logradas mediante la tecnología: edificios, ropa, transporte, comunicación, producción y cocinado de alimentos, mobiliario, cosmética y medicina, entre otros.

*Aspectos evolutivos del cambio ambiental global*

La historia ofrece multitud de ejemplos de adaptaciones logradas a través de la tecnología: edificios, ropa, transporte, comunicación, producción y cocinado de alimentos, mobiliario, cosmética y medicina, entre otros.

La tecnología nos hace sumamente poderosos; nos convierte en la especie más exitosa en la historia de la vida, única que actualmente tiene un crecimiento exponencial (con excepción de las especies domesticadas, que crecen a la par que nosotros) y, por ende, la de mayor biomasa acumulada en la historia del planeta.

Esto parece el paraíso, pero ¿lo es?

## LA TECNOLOGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE

La tecnología es una maravilla única en la historia de la vida sobre el planeta: opaca totalmente los modestos logros de insectos y arácnidos con sus colmenas, túneles y redes; de las aves, con sus nidos, y de los simios que hacen pininos en el uso de herramientas.

Sin embargo no está exenta de problemas. En primer lugar, los seres humanos depredamos la naturaleza para conseguir las materias primas que requerimos, y luego, al desechar los adminículos rotos u obsoletos (o, como ocurre actualmente, los empaques que los contenían al comprarlos) generamos desperdicios. Al quemar éstos usamos muchos otros materiales y generamos infinidad de gases y polvos.

En segundo lugar, cada vez utilizamos más espacio para que habite la creciente población y se ubiquen viviendas, fábricas y talleres, áreas de producción de alimentos y vías de transporte entre poblaciones o dentro de ellas.

Desde mediados del siglo pasado algunos ecólogos lanzaron la señal de alarma acerca del impacto que tiene el hombre sobre el entorno natural. Se han llevado a cabo estudios sobre la contaminación de aire, agua y suelo; extinción de especies animales y vegetales; invasión y destrucción de ecosistemas, y contaminación y agotamiento de los mantos acuíferos. A esta urgente alarma han respondido organizaciones civiles, programas gubernamentales y reuniones internacionales. Se han propuesto conceptos como *preservación ambiental*, *educación ambiental* y *desarrollo sustentable*, para tratar de abatir el problema, sin mucho éxito.

La preocupación más reciente surge con el cambio ambiental global, que afecta a la naturaleza del planeta como un todo.

Sabemos que hay dos grandes problemas globales, el del agotamiento del agua dulce y el del efecto invernadero. El problema de la falta de agua dulce, que se agudiza paulatinamente, está llevando a conflictos nacionales e internacionales. El efecto invernadero induce al calenta-

miento global ocasionando que los polos se derritan, afectando con ello a la flora y la fauna de la tundra (la cantidad de osos polares está disminuyendo al reducirse sus territorios de caza) y provocando, por el deshielo, que los mares presenten un incremento de nivel. La energía del aire ha ocasionado ya un incremento en la fuerza destructiva de huracanes y tifones.

La población humana ya también está siendo afectada. Mucha de la discusión de este libro (y del simposio que lo generó) gira en torno a cómo abatir los problemas y hacer que el proceso se detenga o, incluso, que se revierta.

### EL PROBLEMA DEMOGRÁFICO

En mi opinión, los programas y propuestas vertidos en este libro, y en libros y revistas sobre el tema, son necesarios y tendrán forzosamente impacto positivo. Sin embargo, ello no implica forzosamente que sean suficientes para resolver la problemática ecológica del planeta. El verdadero problema radica en que gracias a la maravillosa, pero ecológicamente nefasta tecnología, la población ha crecido desmesuradamente. Especialmente la medicina y la producción de alimentos han hecho posible la supervivencia de un mayor número de habitantes humanos en el planeta. Esto provoca que la cantidad de contaminación incremente a medida que aumenta la población. Además, cada sujeto adicional requiere también energía adicional, que emplea directa o indirectamente. Lo mismo pasa con el territorio y el agua, entre otros recursos necesarios para la subsistencia.

En países superdesarrollados, como los Estados Unidos de América, Canadá o Japón, la cantidad de energía que se usa, los niveles de contaminación que se genera y la depredación de recursos son inauditos. Esto se debe a su nivel de industrialización y al consiguiente alto nivel de vida promedio. Desgraciadamente, éste es el modelo que todas las otras naciones pretenden alcanzar. Por ese intento se incrementará la demanda de energía, recursos y agua, y la producción de desechos y contaminantes. Es claro entonces que si la población sigue creciendo el problema será catastrófico, y llevará a la Tierra a una crisis ecológica que podría acabar con la especie.

Los programas de educación ambiental y de desarrollo sustentable atenúan el problema pero no lo resuelven de base; rápidamente se ven rebasados por el crecimiento de la población y de sus demandas.

*Aspectos  
evolutivos  
del cambio  
ambiental  
global*

Los programas de educación ambiental y de desarrollo sustentable atenúan el problema pero no lo resuelven de base; rápidamente se ven rebasados por el crecimiento de la población y de sus demandas.

El problema ecológico no puede ser solucionado solamente a través de programas que aminoren el impacto del hombre sobre la Tierra. Gracias a la tecnología, la población humana aumenta y contamina cada día más la Tierra. Lo cierto es que cualquier programa es pronto rebasado por las consecuencias del crecimiento de la población.

#### EL PAPEL DEL CONTROL DE LA POBLACIÓN EN LA RESTAURACIÓN AMBIENTAL

Queda claro que no es posible resolver los problemas ecológicos, incluyendo el calentamiento global, si no se controla el crecimiento de la población. El que esto escribe sabe que no es posible hacerlo con métodos fascistas, pero también que es perfectamente posible lograrlo con aproximaciones democráticas, usando fundamentalmente la persuasión.

Hay varios ejemplos: con métodos de persuasión no impositivos, México ha logrado reducir su tasa de crecimiento del 7% al 1% . Con un esfuerzo un poco mayor, dicha tasa será negativa (ello ya se ha logrado en varios países de Europa). El caso de China es muy significativo también, aunque allí los métodos fueron más autoritarios.

El control de población debe ser una preocupación internacional, consensuada y concertada. Es importante que el esfuerzo abarque a todo el colectivo internacional.

La falta de mano de obra puede resolverse con un uso más prolijo de robots en industria y servicio doméstico. Como contraparte se requerirá un incremento del nivel de educación de la población, para que ésta pueda hacerse cargo de tareas más complejas y de mayor responsabilidad.

La disminución de la población reducirá los problemas locales y globales que menciona este libro. Tal solución tendrá su óptimo impacto si se complementa con programas de preservación y restauración ambiental, educación ambiental y desarrollo sustentable.

#### CONCLUSIÓN

Para resolver el problema ecológico, tanto local como global, es necesario considerar su aspecto demográfico. No tomar medidas para reducir la población conlleva al desastre. Da fin a este texto nuestra sugerencia de generar, con carácter de urgente, una agenda para abordar el tema a nivel internacional.

El verdadero problema radica en que gracias a la maravillosa, pero ecológicamente nefasta, tecnología, la población ha crecido desmesuradamente. Especialmente la medicina y la producción de alimentos han hecho posible la supervivencia de un mayor número de habitantes humanos en el planeta

# RETOS DEL SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL ANTE EL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

*Enrique Bravo\**

En la actualidad existe una constante preocupación científica por las significativas alteraciones que está sufriendo el clima global, mismas que se atribuyen al aumento en las concentraciones de los gases que causan el efecto invernadero, como dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos. Estos gases capturan la radiación infrarroja y en condiciones extremas pueden hacer que aumente la temperatura del planeta desde 1 hasta 3.5° C, con consecuencias adversas para los seres vivos y para todos los ecosistemas del planeta.

Lo anterior provoca que los patrones de precipitación a nivel global estén cambiando. Se han inundado terrenos costeros y ciudades; las tormentas son más intensas y, en contraste, hay también aumento de sequías, lo cual favorece la extinción de incontables especies de flora y fauna. En resumen, se están alterando los ecosistemas globales.

Como la temperatura media global del aire cercano a la superficie terrestre aumentó entre 0.3 y 0.6° C en el siglo XX, tanto el manto de nieve como la capa de hielo han disminuido y el nivel del mar ha aumentado entre 10 y 20 cm. Estas críticas situaciones ya están siendo analizadas con detalle por científicos de todo el mundo.

\* Centro Nacional de Prevención de Desastres.

## IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

El peligro se puede definir como *cualquier situación que tenga el potencial de causar lesiones a la vida o daños a la propiedad y al ambiente*. Al identificar peligros a nivel municipal o local se deben determinar los elementos de riesgo que existen: por ejemplo, si en la región se producen o manejan sustancias o materiales peligrosos, hay que definir dónde se ubican, cuáles son las instalaciones industriales que los manejan y/o almacenan en grandes volúmenes, qué tipo de accidente pueden ocasionar y qué consecuencias pueden tener sobre la población. También es necesario localizar las carreteras, vías férreas y ductos por donde se transportan esas sustancias.

El peligro se puede definir como cualquier situación que tenga el potencial de causar lesiones a la vida o daños a la propiedad y al ambiente.

## ANÁLISIS DE RIESGO

El proceso de análisis de riesgo permite revisar de manera cualitativa y cuantitativa los riesgos, abarcando desde eventos frecuentes, raros y de baja consecuencia hasta eventos mayores.

Los componentes o técnicas del proceso de análisis de riesgos ayudan a identificar los mayores contribuyentes al riesgo; gracias a ellos se pueden hacer recomendaciones y ayudar en la toma de decisiones y en la aplicación de medidas de disminución.

El análisis de riesgo puede variar en profundidad (desde un estudio elemental hasta uno de mayor detalle) de acuerdo al número de incidentes considerados, a la manera en que se obtienen las frecuencias y probabilidades y a los modelos empleados para la determinación de consecuencias.

La complejidad de los modelos para determinar consecuencias va desde ecuaciones algebraicas simples a funciones extremadamente complejas. Asimismo, el número de incidentes considerados puede cambiar de acuerdo con la clase de que se trate: incidente menor (zona de afectación limitada), incidente mayor (zona de afectación media) e incidente catastrófico (zona de afectación extensa).

El análisis de riesgo proporciona información sobre:

- Eventos precursores y causas potenciales de accidentes.
- Probabilidad de la presencia de un accidente determinado o incidentes simultáneos.
- Tipo de daño o lesión a la población y a los grupos de riesgo asociados.

- Tipo de daño a la propiedad: temporal, reparable, permanente.
- Tipo de daño al ambiente: recuperable, permanente.
- Riesgos posibles, estrategias de prevención y mitigación.
- Magnitud del riesgo.

*Retos  
del Sistema  
Nacional  
de Protección  
Civil*

## MEDICIÓN DEL RIESGO

Para calcular de manera cuantitativa el riesgo es necesario determinar y seleccionar todos los incidentes posibles. Una vez definidos éstos, se establecen los resultados de los mismos. No existe una manera única de medir el riesgo; toda medición estará determinada por la información y los recursos disponibles, así como por el propósito para el cual se hace la estimación.

## RIESGO INDIVIDUAL

El riesgo individual considera a una persona ubicada en cualquier punto de la zona de impacto de un incidente. Puede estimarse para los individuos más expuestos, para personas en lugares específicos o para un individuo promedio en la zona de afectación, obteniéndose para cada caso valores diferentes.

No existe una manera única de medir el riesgo; toda medición estará determinada por la información y los recursos disponibles, así como por el propósito para el cual se hace la estimación.

Dentro de las medidas de riesgo individual pueden considerarse:

*Contornos de riesgo individual.* Muestran la frecuencia esperada de un evento que puede causar un nivel específico de daño en una localización establecida, se encuentre o no alguien presente en el sitio para sufrir el daño.

*Riesgo individual máximo.* Es el mayor nivel de riesgo para una o más personas expuestas.

*Riesgo individual promedio.* Puede determinarse de varias maneras:

- Considerando a la población expuesta.
- Considerando a la población total predeterminada, sin importar si toda la gente está expuesta.
- Considerando horas de exposición sobre horas de trabajo (riesgo individual de una actividad de acuerdo a la duración de un día de trabajo).

## RIESGO SOCIAL

### *Riesgo social*

Es la medida de riesgo para un grupo de personas. Muchas veces se expresa en términos de la distribución de frecuencias de eventos que presentan resultados de múltiples incidentes. Para el cálculo del riesgo social se emplea la misma información sobre frecuencias y consecuencias que en el riesgo individual; adicionalmente, para su estimación, el riesgo social requiere de la identificación de la población en riesgo ubicada alrededor de una instalación considerada. Tal identificación se consigue con:

- Información sobre el tipo de población (residencias, oficinas, escuelas, etc.).
- Información para evaluar los factores de mitigación.
- Información sobre comportamientos horarios.
- En el caso de instalaciones industriales, educativas o recreativas, información sobre efectos en función de los días de la semana en que la población está presente.
- En el caso de la población residencial, y para evaluar factores de mitigación, información sobre el porcentaje de tiempo que se encuentra en el interior de sus casas.

El riesgo social es particularmente importante cuando se evalúa el riesgo de la población; un ejemplo son las áreas de alta densidad poblacional a lo largo de la trayectoria de un ducto o alrededor de una instalación industrial. Asimismo, en el cálculo del riesgo social debe reflejarse con la mayor precisión posible la situación real de acuerdo a las características de la distribución de la población, el tipo de vivienda o construcción, la habilidad de la gente para evacuar el sitio, las fuentes de ignición y las condiciones meteorológicas.

## COMPORTAMIENTOS PSICOSOCIALES ANTE UN EVENTO CRÍTICO DE GRANDES DIMENSIONES

Durante un evento crítico de grandes dimensiones suele darse una secuencia de emociones, actitudes y comportamientos, que de manera esquemática se resume en lo siguiente:

- Miedo, pánico y terror
- Deseos de supervivencia

- Impotencia
- Odio y desesperanza
- Negación de la realidad
- Humanismo y ayuda voluntaria
- Integración de la comunidad
- Esperanza y resignación
- Crecimiento espiritual
- Una segunda oportunidad

*Retos  
del Sistema  
Nacional  
de Protección  
Civil*

#### ESTRATEGIAS BÁSICAS DE PROTECCIÓN CIVIL

- Revisar las viviendas, sus instalaciones y su entorno
- Identificar a la población expuesta al peligro
- Identificar los posibles peligros y riesgos
- Identificar zonas seguras y rutas de evacuación ante eventos críticos
- Realizar simulacros

#### IDENTIFICACIÓN DE FENÓMENOS NATURALES Y ANTRÓPICOS

- Fenómenos geológicos
- Fenómenos hidrometeorológicos
- Fenómenos químicos
- Fenómenos sanitario-ambientales
- Fenómenos socio-organizativos

#### EFFECTOS GLOBALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

- Sobre ecosistemas: afectación de grandes extensiones de bosques y pastizales.
- Sobre hidrología: afectación del ciclo hidrológico (alteración en intensidad y distribución temporal de la precipitación pluvial).
- Sobre producción de alimentos: se estima una disminución en la producción agrícola.
- Sobre sistemas costeros: reducción de las costas y afectación de la biodiversidad.
- Sobre asentamientos humanos: efectos directos e indirectos en el bienestar, la salud y la seguridad de los habitantes de los países más pobres.

*Consecuencias  
críticas*

- Sobre salud humana: intensificar los efectos del estado crónico de malnutrición y enfermedad en los países más pobres.

CONSECUENCIAS CRÍTICAS

- El aumento de este rango de temperatura sería el más rápido de los últimos 100,000 años.
- Sería muy difícil que los ecosistemas del mundo se adaptaran al cambio.
- Se descongelarían las capas polares.
- Se presentarían cambios en el sistema de circulación del aire.
- Se incrementaría el hoyo en la capa de ozono.

FENÓMENOS DEBIDOS AL CAMBIO AMBIENTAL

*Inundaciones*

Cuando el agua llega a una zona del terreno y la cubre durante un cierto tiempo con un espesor del orden de 15 cm ó más se dice que existe una inundación.

Debido a los incrementos de temperatura en nuestra atmósfera, la precipitación pluvial presenta nuevos patrones de intensidad, en zonas históricamente no afectables y en periodos no especificados.

*Incendios forestales*

Durante estos eventos, el clima juega un papel muy importante y determina el curso que tomará el incendio forestal. En varios casos el sol de la tarde puede ocasionar que los incendios forestales adquieran más fuerza (generalmente la temperatura alcanza su mayor nivel a esa hora del día). Bajo determinadas circunstancias extremas, el viento no sólo suministra oxígeno al incendio sino también combustible seco, ayudándole a propagarse más rápidamente.

ACCIONES

¿Qué acciones debemos realizar ante eventos críticos relacionados con el cambio global?

Antes del evento:

Debido a los incrementos de temperatura en nuestra atmósfera, la precipitación pluvial presenta nuevos patrones de intensidad.

- Evitar la emisión de gases que alteren la temperatura del planeta.
- Establecer programas para controlar las emisiones en todos los sectores industriales a nivel mundial.
- Modificar los hábitos de consumo de la población.
- Establecer programas de educación ambiental.

*Retos  
del Sistema  
Nacional  
de Protección  
Civil*

Durante el evento:

- Evitar que familiares y vecinos se encuentren expuestos al peligro.
- Acudir a zonas menos críticas y de máxima seguridad.
- Proteger a los más pequeños y a las personas mayores o de capacidades especiales.
- Esperar a ser rescatado.
- Seguir las instrucciones del personal de rescate.

Después del evento:

- Retirarse del área afectada.
- No interferir con las actividades de los cuerpos de rescate o de ayuda especializada.
- Evaluar los daños humanos y materiales.
- Realizar actividades para volver a la normalidad.

#### ESTRATEGIAS PARA DISMINUIR EL CALENTAMIENTO

- Mejorar la eficiencia del parque vehicular.
- Usar con eficiencia la energía en industrias y hogar.
- Realizar investigaciones y desarrollar tecnologías ecoeficientes.
- Utilizar fuentes de energía renovable.
- Evitar la deforestación.
- Estimular la reforestación.

#### ESTRATEGIAS DEL SECTOR INDUSTRIAL

- Desarrollar medidas de reconversión energética.
- Controlar emisiones contaminantes.
- Implementar programas de producción más limpia.
- Implementar programas de autorregulación industrial.

*Proceso  
Apell*

- Realizar un inventario de establecimientos industriales.
- Actualizar el inventario de emisiones de fuentes fijas.
- Elaborar un registro de emisiones y transferencia de contaminantes.
- Actualizar el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas.

## PROCESO APELL

APELL es una iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en cooperación con la Asociación de la Industria Química de los Estados Unidos (CMA) y del Consejo Europeo de las Federaciones de la Industria Química (CEFIC).

El objetivo principal del proceso APELL es proteger a la comunidad contra pérdidas humanas y materiales, así como evitar daños al medio ambiente.

Para conseguirlo, se propone las siguientes metas:

- Informar de los peligros de las operaciones industriales a la comunidad.
- Revisar, actualizar o establecer planes de respuesta a emergencias.
- Impulsar la participación de industria, gobierno y comunidad, y la interacción de éstos.

Elementos básicos del proceso APELL:

1. Organización de una emergencia en planta.
2. Evaluación del riesgo en una planta.
3. Evaluación de las áreas de riesgo.
4. Procedimientos de notificación de una emergencia.
5. Equipos e instalaciones de emergencia.
6. Procedimientos para volver a operaciones normales.
7. Adiestramiento y prácticas de entrenamiento.
8. Aplicación de pruebas a los procedimientos de emergencias.
9. Actualización de los planes de emergencia.
10. Procedimientos de respuesta a emergencias.

El objetivo principal del proceso APELL es proteger a la comunidad contra pérdidas humanas y materiales, así como evitar daños al medio ambiente.

### Programa de concientización de la comunidad:

- Definir la comunidad o comunidades locales involucradas.
- Hacer una lista de contactos existentes en la comunidad.
- Identificar las instalaciones industriales y áreas de riesgo.
- Reunir información sobre los servicios de emergencia y los planes de respuesta existentes.
- Preparar un Atlas de peligros y de riesgos existentes.
- Seleccionar los métodos de comunicación más apropiados.
- Preparar una presentación del proceso APELL a los puntos focales (beneficios y requisitos).
- Formar un grupo de trabajo con líderes formales e informales para iniciar las primeras consultas con la comunidad.

*Retos  
del Sistema  
Nacional  
de Protección  
Civil*

### Logros esperados:

- La comunidad identifica y respeta las zonas de riesgo.
- La comunidad se integra a los programas de protección civil y ayuda mutua industrial.
- La comunidad adquiere una verdadera cultura de protección civil.
- Comunidad, industria y autoridad se apoyan mutuamente.

### CONCLUSIONES

- Los efectos adversos causados por los fenómenos de origen natural relacionados con el cambio climático obligarán a las autoridades a replantear sus programas de atención de emergencias.
- Cada comunidad es diferente y requiere de programas especiales para garantizar una efectiva mitigación ante una emergencia.
- La comunicación entre todos los sectores involucrados en la prevención y atención.
- De una emergencia es básica para garantizar el éxito de cualquier programa.

*Nota bibliográfica:* La mayor parte de los conceptos aquí expresados se derivan de la *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*. 2004. Centro Nacional de Prevención de Desastres, México.



## CONCLUSIONES

*Javier Urbina Soria*

Estas conclusiones son sólo una de las muchas perspectivas posibles sobre el caudal de ideas que reúne el presente libro y sobre algunos aspectos que las ligan, confrontan o complementan. No son exhaustivas ni pueden serlo. No nos atreveríamos a intentarlo: en el mejor de los casos, estamos en el nacimiento de un proceso de integración-colaboración y es conveniente dar los primeros pasos con cautela.

La estructura del libro ya es una primera conclusión. La mayoría de los autores han dejado ver que el problema del cambio ambiental pasa por los cuatro vértices enunciados en sendos capítulos. Sin embargo, ¿se trata de temas verticales y sucesivos, o transversales y comunes? Ciertamente la percepción personal no es algo que concluye cuando se recibe información, ni algo totalmente previo al diseño de soluciones o al hecho de actuar. En última instancia, se percibe mientras se actúa y viceversa.

Para iniciar este viaje diversas perspectivas fueron convocadas a converger, primero en un Coloquio en vivo y después en estas páginas. Se trata del primer esfuerzo que se da en México por reunir en un mismo espacio los puntos de vista de las ciencias naturales y de las ciencias sociales e invitarlas a entablar un diálogo sobre el problema ambiental de mayor envergadura en la actualidad. La iniciativa surgió al percibir

la urgencia de que, como vasos comunicantes, entraran en contacto y compensaran sus mutuas carencias aportando algo a los otros. De alguna manera, el coloquio y también el libro se constituyeron en una exposición de fuerzas y puntos débiles, y en la invitación a iniciar una colaboración fecunda.

El prestigio de los autores participantes, todos ellos destacados en sus áreas de investigación y funcionarios de importantes instituciones, fue sin duda un indicador de que la invitación era un compromiso de primer orden. La riqueza del evento se hizo evidente no sólo en la calidad y representatividad de los ponentes, sino en la diversidad de disciplinas que acudieron a la convocatoria: biología, psicología, antropología, derecho, economía, urbanismo, meteorología, arquitectura, química, ecología, física, prevención de desastres, sociología e ingeniería. Con seguridad todas tienen mucho que aportarse unas a otras.

¿Quién, sin embargo, pondrá orden en todo el caudal de conocimiento que se genere desde las distintas esferas de análisis? Será sin duda la acción de todos los actores en conjunto y el gran logro estribará en reconocer que cualquier avance sólo puede ser fruto de la convergencia de muchas disciplinas y no del avance de una sola de ellas. Es tradicional poner al frente de la lista de fuerzas involucradas a los actores políticos y a los representantes de las ciencias duras.

En este contexto sorprende gratamente el llamado que durante el Coloquio hiciera el Dr. José Sarukhán Kermes a erigir en actores de primer orden a los estudiosos de las ciencias humanas. Sin antropólogos, psicólogos, sociólogos, pedagogos, filósofos, juristas y comunicadores, entre otros, cualquier avance será figurado; siguiendo la propuesta hecha en uno de los trabajos nos atrevemos a añadir a los artistas, incluidos arquitectos y diseñadores, sin quienes toda visión del mundo está incompleta.

En cada uno de los textos del libro se descubre la forma particular en que su autor concibe las dimensiones psicosociales, término que al parecer designa un objeto bastante versátil en la mente de los estudiosos. Se abre pues la discusión acerca de lo que el concepto sugiere, invitando a reconocer de inicio la dificultad de delimitarlo así como la necesidad de hacerlo. Ciertamente, la información al respecto del cambio climático atenderá necesariamente a condiciones psicosociales, toda vez que se trata de un problema cuyas principales causas son antropogénicas. Pero el manejo del concepto como herramienta de análisis es aún incipiente en la mayoría de las ciencias.

Es claro el énfasis de todos los especialistas en el tema social. Los puntos de vista expresados en los textos van desde una mención muy general de la necesidad de involucrar a la gente usando medidas de comunicación e información, hasta los conceptos más complejos de la antropología, que tienden a advertir que la población ya está involucrada en los fenómenos no sólo por ser su causante sino por el hecho de conformar una cultura que, como todas, inevitablemente se fragua junto con el entorno.

Si lo social es común denominador en estos trabajos, lo psicológico por desgracia tiene una presencia colateral o subyacente. Está ahí pero no se le reconoce. Se ha dicho muchas veces que las ciencias duras defienden su protagonismo en la comprensión y solución del problema, incluso en la movilización social, por considerar que la información que generan establece el camino de la acción e impele a actuar correctamente. Sin embargo, no es posible soslayar el que las reiteradas advertencias de dichas ciencias sobre la posible catástrofe parecen proceder de una urgencia emocional de que el público responda de forma inmediata a su llamado. Resalta y conmueve la disposición de los investigadores a involucrar su sensibilidad para que los datos lleguen no sólo al cerebro sino al corazón de sus destinatarios.

No es deseable ni conveniente subestimar este ángulo de la dimensión psicosocial del fenómeno. Es posible que todo acercamiento al tema comience por admitir la propia vulnerabilidad ante el mismo; es un fenómeno que sacude la estabilidad del pensamiento y las emociones en forma individual y colectiva. Quizás sin la franca expresión de la propia sensibilidad no es posible dar un paso al frente.

El lado flaco de esta actitud es creer que la exposición vehemente de la información científica es suficiente para convencer a los tomadores de decisión y a la sociedad. Algunos textos mencionan el frecuente disgusto de los científicos ante la indiferencia hacia el conocimiento; críticos de ese disgusto invitan a emprender estudios cada vez más rigurosos sobre las causas humanas de la inacción, incluyendo la posible resistencia de algunos sectores a reconocer la presunta infalibilidad de la ciencia.

El abordaje de las dimensiones psicosociales tiene por objeto de estudio la relación entre todos los actores involucrados, incluyendo a los científicos mismos. Las metaperspectivas (estudiar a quien se estudia a sí mismo, conocerse a uno mismo en el acto de conocimiento), estarán presentes en todo momento. Se afirma que la ocurrencia de

desastres permite efectuar análisis profundos de las sociedades. Quizás ésta es también una oportunidad para conocernos mejor y descubrir los intrincados mecanismos que nos llevan a actuar de determinadas maneras, por supuesto ante los desastres pero también ante fenómenos de otros órdenes. Lo mismo a la inversa, tal vez el conocimiento de nosotros mismos nos permita enfrentarnos a los desastres con más y mejores recursos.

Ya que la asociación del hombre con su entorno es entrañable, íntima y fundamental, ¿no podemos pensar que estos estudios así como todos los de la ciencia son a final de cuentas una forma de comprensión de dicho entorno que es también una forma de relación con éste y una manera de descubrirnos a nosotros mismos? La difícil figura cognoscitiva a la que nos enfrentamos es que el *Conocimiento* sea una *estrategia adaptativa* del hombre para enlazar cada vez mejor cultura y naturaleza.

Una vehemente e insistente exposición de datos objetivos y una reiterada mención de la sociedad como origen, víctima y factor definitivo de solución, son dos ejes fundamentales de esta obra. Un tercero salta a la vista: la tensión entre la búsqueda de asideros universales y la evidencia de que casi todas las variables del cambio ambiental muestran un comportamiento ambivalente (lo que es bueno para una zona es malo para otra, y lo que beneficia a una generación puede poner en riesgo el bienestar de la siguiente). Tal tensión obliga a prevenir medidas precipitadas de solución. Al mismo tiempo, la gravedad de la amenaza nos impele a actuar a pesar de la incertidumbre.

La tensión finalmente está en la atávica tirantez entre actuar y no actuar. Esa dualidad va más allá de una decisión práctica para constituirse en controversia ética e incluso desgarramiento emocional. El *ser o no ser* shakespeariano no expresa tanto una angustia de procedencia oscura como la crisis de quien no se decide a actuar por estar sometido a la incertidumbre. ¿Qué hacer? ¿Hasta dónde llegar? ¿Cuál dato tomar como evidencia? Ante la amenaza de sumergirnos en un dilema trágico, es momento de poner todas nuestras herramientas intelectuales, emocionales y culturales al servicio de la determinación y la prudencia.

Un quinto eje se percibe en el pensar de los autores: la cautela e incluso la resistencia frente al término *servicios ambientales*, que intenta describir ante los tomadores de decisión y la sociedad en general los beneficios que pueden obtenerse de los ecosistemas. La falta de

sensibilidad casi universal hacia el deterioro ambiental ha obligado a los científicos a recurrir a imágenes de interés común para promover el cuidado del entorno. Aunque algunos especialistas quisieran ver en el uso del término el simple empleo de un estereotipo publicitario, al parecer se trata de algo más serio, una pugna histórica (con treguas e incluso convergencias) entre dos paradigmas culturales: el utilitario, que considera el valor de la naturaleza por el beneficio que otorga al ser humano; y el no utilitario, que exalta el valor del entorno sin importarle el beneficio. Esta dualidad, que sacude milenarias estructuras religiosas y éticas es capaz de detonar conflictos sociales entre conciencias conservacionistas y pragmáticas. Frente al horizonte del cambio climático es evidente que no basta con adoptar una de estas dos posturas y enfrentar un debate polarizado; nuevamente, la crisis ocurre también en lo cultural y la ciencia debe aportar cuanto pueda para resolverla.

Hemos mencionado cinco ejes desde los cuales es posible leer los textos reunidos en esta obra. Es cierto que no todos ellos son tratados de forma explícita por los autores, pero sin duda por su relevancia otorgan puntos de comparación y herramientas para emprender una enriquecida lectura de cada documento. También ayudarán a ubicar la insuficiencia de algunos de los planteamientos aquí presentes y a identificar las discrepancias que deberán ser solventadas en discusiones futuras.

En el espectro de las soluciones destacan aquellas de orden parcial, algunas demasiado particulares (como la renovación de los refrigeradores domésticos) y otras muy generales (la educación de los jóvenes de todo el mundo para interesarlos en el asunto). El sueño de instrumentar el proceso que lleve a la humanidad a actuar de forma organizada para resolver el problema, está lejos todavía.

Con prolijo detalle o con redacción resumida, los autores se han comprometido a advertirnos sobre las posibles consecuencias del comportamiento humano en el terreno ambiental. Sus afirmaciones tienen el peso de todo lo que cada autor representa. Los textos hablan a nombre de una secular tradición de conocimiento y de grandes comunidades de autores. Podemos afirmar que miles de voces se reúnen hoy en las de estos especialistas. No extrañe al lector escuchar largos ecos en cada una de las palabras aquí presentes.

*Más allá del cambio climático: las dimensiones  
psicosociales del cambio ambiental global,*  
compilado por Javier Urbina Soria  
y Julia Martínez Fernández se terminó  
de imprimir durante el mes de octubre  
de 2006 en los talleres gráficos de la  
empresa Editorial del Deporte Mexicano,  
Van Dyck 105, col. Santa María Nonoalco,  
Mixcoac, México, D.F.

Se tiraron 600 ejemplares  
más sobrantes para reposición