An aerial photograph showing several houses partially submerged in floodwater. The houses have various roof colors, including red, white, and grey. The water is a deep blue-grey color, and some trees are visible in the background and foreground. The scene illustrates the impact of climate change on communities in Mexico.

# México ante el cambio climático

Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación

GREENPEACE

[www.greenpeace.org.mx](http://www.greenpeace.org.mx)

# Contenido

## I. INTRODUCCIÓN

<b>1.1 La mayor amenaza</b>	2
<b>1.2 La ciencia del clima</b>	3
1.2.1 Los seres humanos y el clima	3
1.2.2 El efecto invernadero	4
1.2.3 Las pruebas en nuestra contra	5
1.2.3.1 Balance de CO <sub>2</sub>	5
1.2.3.2 La evaluación más completa hecha sobre el tema	6
<b>1.3 Percepción global del cambio climático</b>	7

## II. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

<b>2.1 Impactos del cambio climático en los ecosistemas marinos</b> Dr. Exequiel Ezcurra	12
<b>2.2 Migración y cambio climático</b> Dr. Boris Graizbord, coautores: Rocío González y José Luis González	19
2.2.1 Escenarios	19
2.2.2 Poblaciones susceptibles	20
2.2.3 El caso de México	21
Referencias bibliográficas	23
<b>2.3 El cambio climático y la salud humana</b> Mtra. Ana Rosa Moreno	24
<b>2.4 Recursos hídricos y cambio climático</b> Dr. Gerardo Sánchez Torres Esqueda	26
2.4.1 Condiciones actuales y futuras de los recursos hídricos en México	27
2.4.2 Comentarios finales	29
Referencias bibliográficas	29
<b>2.5 Cambio climático y la biodiversidad de México</b> Dr. Jorge Soberón Mainero	30
2.5.1 La modelación de los cambios en la biodiversidad	30
2.5.2 Estudios en México	31
Conclusiones	32
Referencias bibliográficas	33
<b>2.6 Impactos urbanos: Ondas de calor en tres ciudades de México.</b> Dr. Adalberto Tejeda Martínez, Dra. Nadia Itzel Castillo, Dr. Rafael O. García-Cueto	34
2.6.1 La Ciudad de México	35
2.6.2 Veracruz	35
2.6.3 Mexicali	38
Agradecimientos	39

<b>2.7 Conflictos sociales y cambio climático en México</b>	40
<b>Susana Isabel Velázquez Quesada y Miriam Martínez Ortega</b>	
<b>2.8 Los ecosistemas vegetales de México y el cambio climático</b>	42
<b>Dra. Lourdes Villers, Dra. Irma Trejo y Dra. Josefina Hernández</b>	
2.8.1 Resultados de la aplicación de los Modelos de Circulación General y de los Escenarios de Emisiones	44
2.8.2 Conclusiones	45
Referencias bibliográficas	45
<b>2.9 Costos económicos del cambio climático en México</b>	46
<b>María José Cárdenas</b>	46
2.9.1 El informe Stern	46
2.9.2 Los costos del cambio climático en México	
<b>III. VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN DE MÉXICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	
<b>3.1 El cambio climático observado</b>	51
<b>Dra. Cecilia Conde</b>	
3.1.1 El cambio climático futuro	53
3.1.2 Vulnerabilidad y adaptación actuales y futuras	54
3.1.3 Acciones en México: documentos y estudios	55
<b>3.2 La adaptación al Cambio Climático: ¿de quién o para quién?. Siete argumentos para un manual.</b>	57
<b>Dr. Cuautémoc León, Dr. Víctor Magaña y Lic Lilián Guigue</b>	
3.2.1 La definición y las referencias: el punto de partida	58
3.2.2 Proceso para la creación de capacidades (la capacidad local y del operador)	59
3.2.3 Impactos del cambio climático y los sistemas de alerta temprana	59
3.2.4 El futuro: promedios y escenarios	60
3.2.5 ¿Quién impulsa, quién convence?: el discurso científico apropiable	62
3.2.6 Los discursos del clima y los riesgos	62
3.2.7 La traducción: resistencias de uno y otro lado y entre niveles de gobierno	62
3.2.8 Estrategias de comunicación: los foráneos, los locales	62
3.2.9 Del medio ambiente a la protección civil	62
3.2.10 Escalas temporales de la naturaleza vs la administración	63
3.2.11 La heterogeneidad de capacidades o tiempos electorales	63
3.2.12 Trienios, sexenios; partidos e intereses	63
3.2.13 Vulnerabilidad diferenciada: ¿las ciudades primero? (rural-urbano)	64
3.2.14 Las fuentes de financiamiento nacional e internacional	64
3.2.15 Las ciudades y la resiliencia	65
<b>IV. CONCLUSIONES</b>	
4.1 Conclusiones generales	66
4.2 Demandas de Greenpeace	68

# I. Introducción

## 1.1 La mayor amenaza

El cambio climático global es la mayor amenaza que enfrenta la vida tal y como hoy la conocemos porque eleva la temperatura promedio del planeta. Por pequeña que sea, la variación de temperatura afecta el ciclo del agua, altera la frecuencia de los fenómenos climatológicos normales y hace más catastróficos los desastres naturales; a su vez, esto daña comunidades, cultivos y ecosistemas rompiendo el equilibrio ecológico en el cual se sustenta la vida actual en la Tierra.

El cambio climático está afectando a todo el planeta, provocando cientos de miles de víctimas cada año e impactando diversas actividades económicas. Se trata de un fenómeno tan complejo que sus causas e impactos están relacionadas con todos los ecosistemas y con diversos ámbitos de la actividad humana: los océanos y los ecosistemas marinos; los bosques y la rica biodiversidad que albergan; las formas en que producimos nuestros alimentos (agricultura y ganadería); el agua dulce; las formas de producir, distribuir y consumir la energía, por mencionar algunos.

Aunque el cambio climático es un proceso normal en nuestro planeta, el problema es que se ha incrementado rápidamente por la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI), emitidos por actividades humanas.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)<sup>1</sup> ha indicado que no hay duda alguna de que los incrementos en la temperatura global del planeta tienen su origen en actividades antropogénicas, particularmente en aquellas relacionadas con la combustión de los energéticos fósiles y con la deforestación, así como en aquellos procesos que consumen energía donde se emiten enormes cantidades de bióxido de carbono, uno de los principales gases de efecto invernadero.

Pero, ¿cuánto se calentará el planeta?, ¿hasta qué punto están contrastadas científicamente estas noticias?, ¿cuál es el estado del cambio climático en todo el planeta?, ¿cómo nos afecta?, ¿es cierto que somos uno de los países más vulnerables del mundo?, ¿existen ya impactos cuantificables del cambio climático en México?, ¿cómo puede afectar a nuestra calidad de vida, a nuestros sectores económicos?, ¿es urgente actuar?

El presente informe desglosa cada una de estas cuestiones centrándose en cuatro grandes capítulos: la ciencia del clima, el cambio climático en México, la vulnerabilidad del país y las soluciones para salvar al planeta de un incremento peligroso de la temperatura.

En la introducción se abordan los datos básicos sobre el fenómeno del cambio climático así como los principales cambios que ya se están observando globalmente. Los más recientes descubrimientos científicos muestran cómo el cambio climático se está produciendo de forma mucho más acelerada de lo previsto por los expertos de Naciones Unidas (ONU) en su Cuarto Informe de Evaluación sobre el cambio climático, de 2007, y cómo sus efectos están presentes ya en todo el mundo.

México no es una excepción. Su situación geográfica, condiciones climáticas, orográficas e hidrológicas, entre otros factores, contribuyen a que el país sea una de las zonas más vulnerables del mundo por el cambio climático, ubicando a este fenómeno como un asunto de seguridad mundial.

Hoy en día ya se dan cita en nuestro territorio gran variedad de alteraciones provocadas por este fenómeno que, en muchos casos, no son más que el inicio de una tendencia de impactos que se verán exacerbados a lo largo del siglo si no adoptamos las medidas necesarias.

Por esta razón, el segundo capítulo de este documento se refiere a los impactos del cambio climático en México. En él se exponen las manifestaciones generales más significativas de este fenómeno en nuestro país como el aumento de la temperatura, la disminución de los recursos hídricos y la mayor frecuencia de fenómenos climáticos extremos, pérdida de biodiversidad, cambios en la agricultura y la cobertura vegetal del territorio, las amenazas a los ecosistemas marinos, efectos sociales como la migración y los daños a la salud, entre otros.

En este capítulo se muestran mediante imágenes y testimonios, los efectos que el cambio climático ya está produciendo en algunos sectores productivos, ecosistemas y poblaciones de nuestro país.

---

<sup>1</sup> El IPCC es un grupo internacional de expertos sobre el cambio climático, establecido en el año 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, una de sus funciones es evaluar el riesgo del cambio climático originado por las actividades humanas y sus informes se basan en publicaciones de revistas técnicas y científicas.

Estos ejemplos son la prueba de que el periodo de debate sobre el cambio climático está superado y ahora la tarea es enfrentar globalmente esta amenaza, que pone en riesgo la vida tal como hoy la conocemos.

En este informe se abordan los riesgos económicos que el cambio climático entraña para un futuro próximo, así como cuáles son las zonas del país que se encuentran en mayor riesgo.

El tercer capítulo de este informe detalla las principales implicaciones del cambio climático en nuestra forma de vida y en nuestro entorno inmediato, expone algunos pronósticos científicos y da cuenta de las acciones -aún insuficientes- que México está llevando a cabo en la materia.

Hoy sabemos que México se ubica entre los países con mayor vulnerabilidad ya que 15 por ciento de su territorio, 68.2 por ciento de su población y 71 por ciento de su Producto Interno Bruto (PIB) se encuentran altamente expuestos al riesgo de impactos adversos directos del cambio climático<sup>2</sup>.

La situación en la que nos encontramos exige que se tomen medidas urgentes, tanto en el ámbito nacional como internacional, para evitar los peores efectos del cambio climático y, en este sentido, es necesario un compromiso firme de todos los países.

En diciembre de este año se celebrará en Cancún, México, la cumbre mundial de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, la cual representa una gran oportunidad para establecer un acuerdo global para salvar el clima.

En el apartado final de este estudio se exponen las demandas de Greenpeace para asegurar un recorte mundial de las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que logre frenar los peores efectos del cambio climático.

*México ante el cambio climático. Evidencias, impactos vulnerabilidad y adaptación* es una recopilación de la diversidad de impactos esperados en nuestro país y de algunas propuestas de acción, documentadas por expertos y científicos mexicanos.

## 1.2 La ciencia del clima

### 1.2.1 Los seres humanos y el clima

Hace 30 años la mayoría de los climatólogos eran escépticos acerca de la naturaleza antropogénica del cambio climático. Hoy en día, la inmensa mayoría de ellos reconoce una evidente huella humana en el intenso cambio climático ocurrido en los últimos cincuenta años (Martín Vide, 2007-B).

El ser humano impacta poderosamente en el medio. La actividad humana emite actualmente a la atmósfera más de 26 mil millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub>, el gas de efecto invernadero (GEI) más importante. Este gas permanece en la atmósfera alrededor de un siglo antes de ser absorbido por los océanos y por los ecosistemas terrestres.

Dada la larga vida atmosférica de este gas y el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la actividad humana, se ha producido un incremento de su concentración en la atmósfera: la tasa actual de aumento de concentración es de entre una y dos partes por millón (ppm) al año. La concentración atmosférica preindustrial del gas de entre 250 y 280 ppm ha aumentado hasta más de 380 ppm: una cifra superior a cualquier otra época de los últimos 650 mil años (EPICA, 2004). Investigaciones recientes concluyen que la concentración actual supera, incluso, la de los últimos 800 mil años (Luthi, 2008).

Además, el aumento de la concentración del CO<sub>2</sub> en la atmósfera (que ha ascendido alrededor de un 30 por ciento) se ha producido en los dos últimos siglos.

Un 75 por ciento de las emisiones antropógenas de CO<sub>2</sub> proviene de la quema de combustibles fósiles, sobre todo para la producción de energía y para el transporte (el resto se debe principalmente a la deforestación). Es interesante exponer que el proceso de formación del petróleo fue uno de los factores que permitió a la naturaleza fijar CO<sub>2</sub> en el subsuelo y reducir su concentración en la atmósfera, que hace unos 300 millones de años era en torno a las 1,500 ppm. Así, es fácil comprender las consecuencias que pueden derivarse de que la humanidad esté actuando en sentido inverso al de la naturaleza y, además, sobre una escala temporal mucho más reducida.

<sup>2</sup> World Bank Global Framework for Disaster Risk Reduction

La humanidad impacta poderosamente en el clima. Emite gran cantidad de gases de efecto invernadero y lo hace muy rápido. En contra de lo que se suele pensar, la atmósfera no es un reservorio ilimitado donde se puedan acumular los desechos de forma indefinida.

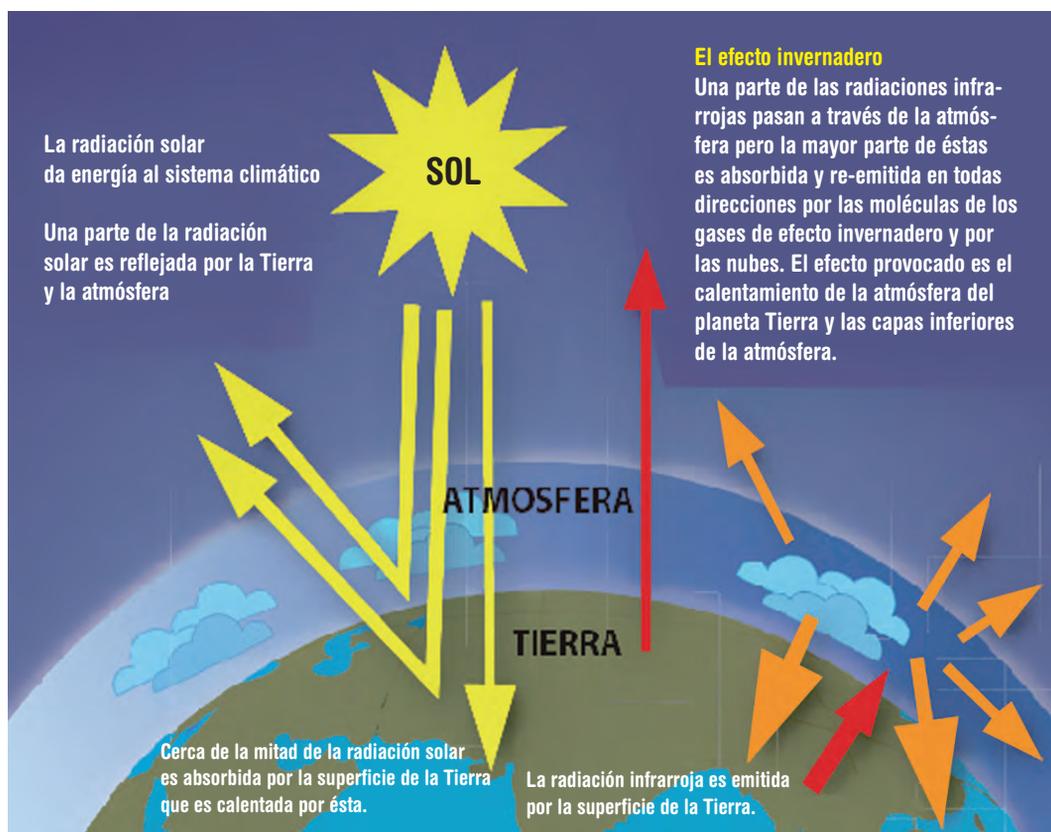
El 75 por ciento de la atmósfera está comprendida en una fina capa que alcanza tan sólo los 11 primeros kilómetros de altura, una altitud parecida a la que alcanzan los aviones en vuelos comerciales. La atmósfera es como un fino barniz que cubre la Tierra de un espesor menor a un 0.2 por ciento de su radio<sup>3</sup>. Ante un globo terráqueo de madera de un metro de diámetro, la atmósfera representaría un barniz de menos de 1 milímetro de espesor. A pesar de su delgadez, esta fina capa es parte esencial de la biósfera pues la atmósfera atenúa la diferencia de temperatura entre la noche y el día, protege de la radiación ultravioleta y aporta el oxígeno que los seres humanos necesitan para vivir.

### 1.2.2 El efecto invernadero

Es conocido por todos que los GEI alteran el equilibrio energético del sistema climático lo que provoca un calentamiento global neto del planeta. Pero, ¿cómo actúa este fenómeno?

Los GEI desempeñan en la atmósfera el mismo papel que el cristal de un coche en un día de sol o la cobertura de un invernadero (ver gráfico 1.1). Estos gases están formados por moléculas polares que absorben los rayos infrarrojos termalizados en la superficie de la Tierra y en la propia atmósfera. Existen muchos tipos de GEI, como por ejemplo el metano (CH<sub>4</sub>), el gas de la risa (N<sub>2</sub>O), los gases industriales sintéticos fluorados (CFC, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, etc.) y el propio ozono (O<sub>3</sub>).

<sup>3</sup> El radio medio de la Tierra tiene 6.371 km.



**Gráfico 1.1** Efecto invernadero.

**Fuente:** IPCC.

La capacidad de estas moléculas para absorber radiación térmica depende de su momento bipolar y, pese a que el metano es 20 veces más efectivo que el CO<sub>2</sub> como gas de efecto invernadero, de todos los GEI emitidos por el ser humano, el CO<sub>2</sub> es el más importante para el cambio climático debido a que es el que se presenta en mayor abundancia. Su contribución a este fenómeno supone el 60% de la captura de radiación térmica realizada por el total de GEI.

Los GEI son necesarios para mantener una temperatura adecuada en la Tierra. Sin ellos la temperatura de la atmósfera en el planeta sería aproximadamente 33°C más fría. Pero una concentración excesiva de estos gases provocaría un aumento de la temperatura media del planeta que dificultaría la vida tal y como la conocemos.

**1.2.3. Las pruebas en nuestra contra**

**1.2.3.1. Balance de CO<sub>2</sub>**

La caída de la nieve deja estratos de hielo con el paso de los años, de forma parecida a los anillos de los árboles, pero, mientras que basándose en los anillos de crecimiento de los árboles es posible extraer información sobre la temperatura de la atmósfera de hasta hace mil años (IPCC, 2007), en el caso de los núcleos de hielo la información accesible supera los 650 mil años de antigüedad (EPICA, 2004; Luthi, 2008).

Las burbujas de aire atrapadas en núcleos de hielo permiten averiguar cómo era la composición química de la atmósfera en el pasado y, a partir de isótopos, se puede extraer información de cómo era la temperatura de la atmósfera cuando se formaron. De este modo, perforar hacia capas más profundas en estos estratos se convierte en un viaje en el tiempo en el campo de la paleoclimatología.

De las perforaciones realizadas en núcleos de hielo de la Antártida y Groenlandia se desprenden los datos mostrados en el gráfico 1.2. Los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se han mantenido entre 180 y 300 ppm durante más de medio millón de años. Sin embargo, en los dos últimos siglos el nivel ha subido a más de 380 ppm<sup>4</sup>.

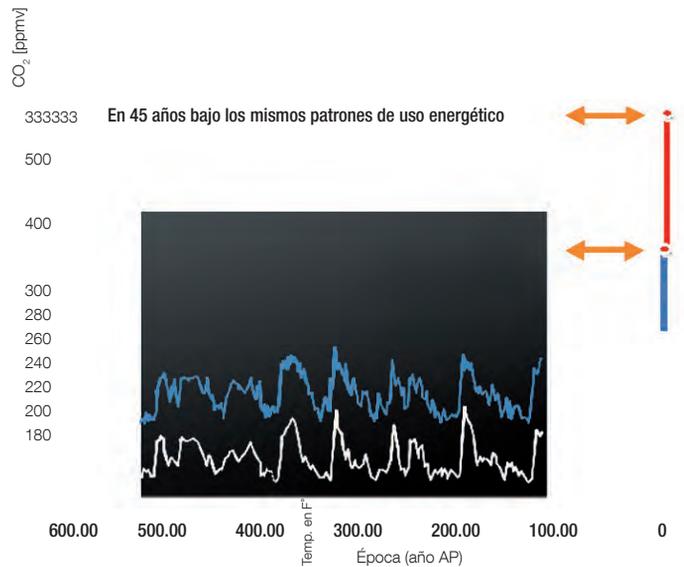
De hecho, en los pasados 200 años la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha aumentado un 35 por ciento. Concretamente, se ha pasado de las 280 ppm en la era preindustrial –año 1850–, a las 379 ppm registradas en el

año 2005, con el resultado de que la actual concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera escapa del rango natural en el que ha oscilado en los pasados 650 mil años (180 a 300 ppm).

El CO<sub>2</sub> es el GEI de origen antropogénico más importante –en el 2004 representaba un 77 por ciento de las emisiones totales de GEI por los seres humanos (IPCC, 2007)– y se deriva, principalmente, de la quema de combustibles fósiles (para la producción de energía y el transporte) y de la deforestación.

La actividad humana está emitiendo una cantidad ingente de GEI que aumenta a un ritmo muy acelerado. Las emisiones directas de esa actividad suman 26.4 gigatoneladas (Gt) anuales, a las que hay que añadir otras 5.9 Gt anuales derivadas de alteraciones del terreno tales como la deforestación y la agricultura, entre otras (IPCC, 2007).

Alrededor del 40 por ciento del CO<sub>2</sub> extra que los seres humanos emiten a la atmósfera se absorbe por sumideros naturales de carbono. El resto queda en la atmósfera, lo que afecta al clima global durante muchos siglos porque la absorción del CO<sub>2</sub> atmosférico es un proceso muy lento.



**Gráfico 1.2.** Temperatura media de la superficie terrestre (azul) y concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (rojo) durante los pasados 650 mil años.

**Fuente:** The Climate Project.

<sup>4</sup>La cifra actual es 386 ppm (NOAA, 2009).

### 1.2.3.2. La evaluación más completa hecha sobre el tema

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC<sup>5</sup>) está formado por un amplio grupo de expertos de todo el mundo en la materia y fue creado en el seno de la Organización de Naciones Unidas (ONU) por la Organización Mundial de Meteorólogos (OMM<sup>6</sup>) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA<sup>7</sup>), en 1988. Desde 1990 el IPCC ha elaborado informes que se han convertido en referentes dada la elevada capacitación técnica y especializada de sus miembros, cientos de científicos y meteorólogos de reconocido prestigio de numerosos países, incluyendo México. Los informes del IPCC parten de los más recientes avances de la ciencia climática publicados en las revistas especializadas y centran el debate internacional sobre el cambio climático. Por esta labor y por su contribución científica recibió el Premio Nobel de la Paz de 2007.

A modo de ejemplo, hay que recordar que en la elaboración del cuarto informe de evaluación *Cambio Climático 2007* (IPCC, 2007), presentado en Valencia en 2007, participaron unos 2,500 científicos procedentes de 130 países que trabajaron durante seis años para precisar y contrastar la evolución de los datos del tercer informe de evaluación, *TAR*, presentado en 2001 (IPCC, 2001).

Según Michael Farraud, director general de la OMM, este informe es “la evaluación más completa y rigurosa que jamás ha sido hecha sobre el cambio climático”.

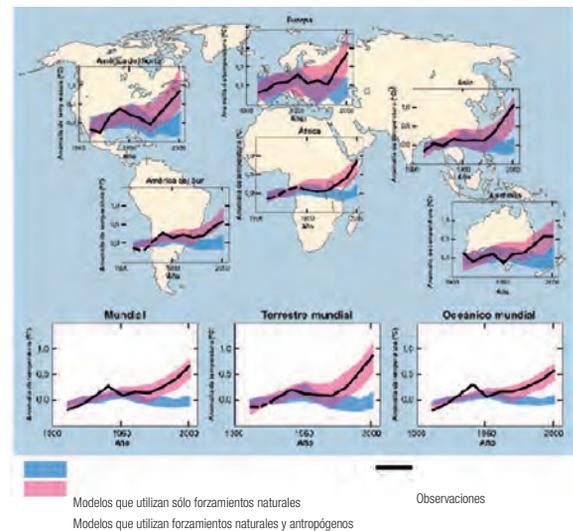
Desde el punto de vista científico, el informe establece que las actividades humanas son las principales responsables del calentamiento global registrado en los pasados 50 años. Según Achim Steiner, director del PNUMA “el 2 de febrero de 2007 –día de la presentación del cuarto informe de evaluación del IPCC, dedicado a los fundamentos de la ciencia física– pasará a la historia como el día en el que desaparecieron las dudas acerca de si la actividad humana está provocando el cambio climático”.

El gráfico 1.3 ilustra lo anterior. En él se representan las temperaturas media mundial y continental durante el siglo XX y se muestra, mediante la curva en negro, la temperatura media real observada. La franja azul corresponde a los modelos climáticos que sólo consideran factores externos naturales (erupciones volcánicas, variaciones solares, entre otros), mientras que la franja rosa corresponde a los mismos modelos, una vez introducida la ac-

tividad humana. Esto indica que es necesario considerar la actividad humana para explicar el abrupto aumento de temperaturas observado en los pasados 50 años.

En este sentido, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) define el cambio climático como un cambio del clima atribuido –directa o indirectamente– a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad climática natural observada en periodos de tiempo incomparables.

A lo largo de este informe se adopta el criterio del IPCC y se trata el cambio climático como la variación global del clima en la Tierra, tanto si es debida a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana.



**Gráfico 1.3** Incremento de la temperatura mundial y continental. Fuente: IPCC, 2007.

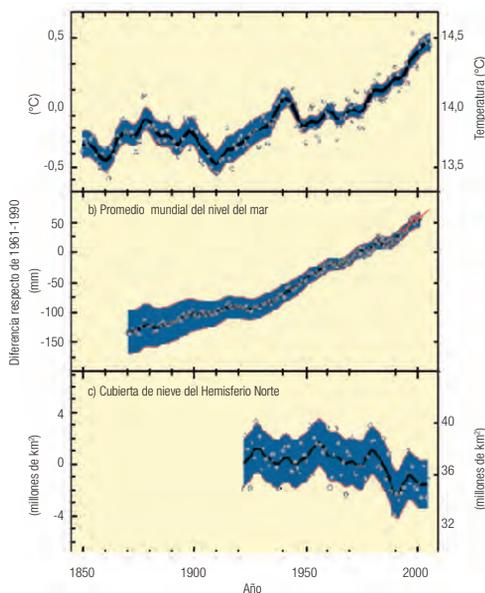
<sup>5</sup> IPCC, por sus siglas en inglés.  
<sup>6</sup> WMO, por sus siglas en inglés.  
<sup>7</sup> UNEP, por sus siglas en inglés.

### 1.3 Percepción global del cambio climático

Identificada la humanidad como la principal responsable del cambio climático mundial que se ha observado en los pasados 50 años, es necesario explicar en qué consiste este cambio.

En el gráfico 1.4 se muestran los cambios observados en la temperatura global de la superficie terrestre, en el nivel del mar y en la cubierta de nieve del hemisferio norte desde el año 1850, según el IPCC.

La temperatura de la superficie del planeta ha aumentado unos 0.74°C en el pasado siglo<sup>8</sup>. El aumento del nivel del mar concuerda con este calentamiento, de modo que el nivel de los océanos mundiales se incrementó a un promedio de 1,8 mm/año desde 1961 y más velozmente, a 3,1 mm/año, a partir de 1993, en parte por efecto de la dilatación térmica y del deshielo de los glaciares, de los casquetes de hielo y de los mantos de hielo polares terrestres. La disminución observada de las extensiones de nieve y de hielo concuerda también con el calentamiento global mencionado. En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios.



**Gráfico 1.4** Cambios observados en la temperatura global, nivel del mar y la cubierta de nieve del hemisferio norte desde 1850. Fuente: IPCC, 2007.

El patrón fundamental del cambio climático reciente es el incremento de temperaturas. Los diez años más cálidos de los que se tiene registro directo de temperatura en todo el planeta se han dado de la década de los noventa a la fecha (gráfico 2.1, en el capítulo 2). Pero existe una amplia variedad de cambios que afectan a diversas variables climáticas y que son consecuencia de este aumento de temperaturas: se ha observado una menor extensión de hielos marinos, el cambio del patrón de precipitaciones, alteraciones en la salinidad y acidificación del océano, el aumento de fenómenos extremos como sequías, lluvias torrenciales, olas de calor, mayor intensidad de los ciclones tropicales, etc.

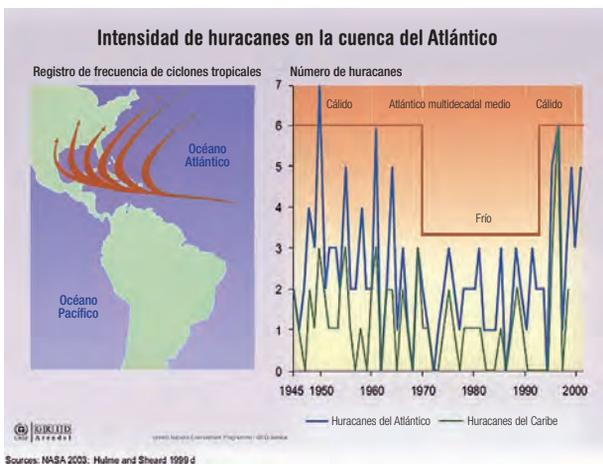
Existen evidencias del enorme impacto del cambio climático en los pasados 30 años sobre los ecosistemas de todo el planeta (Walther, 2002). El cambio climático afecta a la fenología de los organismos, la distribución de las especies y la composición y dinámica de las comunidades. Estos impactos se manifiestan en diversos fenómenos, desde el blanqueamiento del coral hasta todo tipo de migraciones altitudinales y latitudinales, invasiones de especies foráneas y la aparición de nuevos vectores de enfermedades infecciosas.

Los efectos del cambio climático son visibles ya en todo el mundo, pero la distribución de la intensidad de sus impactos es desigual. Por ejemplo, las temperaturas árticas invernales han llegado a aumentar hasta 5°C en algunas zonas, lo que supone siete veces la media de incremento medio mundial (AEMA, 2005).

En América Latina y el Caribe están aumentando las condiciones climáticas extremas de toda índole y cada vez son más frecuentes fenómenos como sequías, fuertes lluvias, olas de calor, grandes incendios, etc. De 1945 a 1990 se produjo una disminución global del número de huracanes intensos en el Océano Atlántico. Sin embargo, en la pasada década se registró un retorno a huracanes más intensos y frecuentes en el Atlántico. En 1998 y 2004, la temporada de huracanes en dicha región probablemente superó los registros anteriores de la intensidad de huracanes, los daños y la pérdida de vidas. (PNUMA/GRID, Arendal).

<sup>8</sup> Durante el periodo 1906-2005. Este valor está dentro del margen de  $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$  (IPCC, 2001) para el periodo 1901-2000.

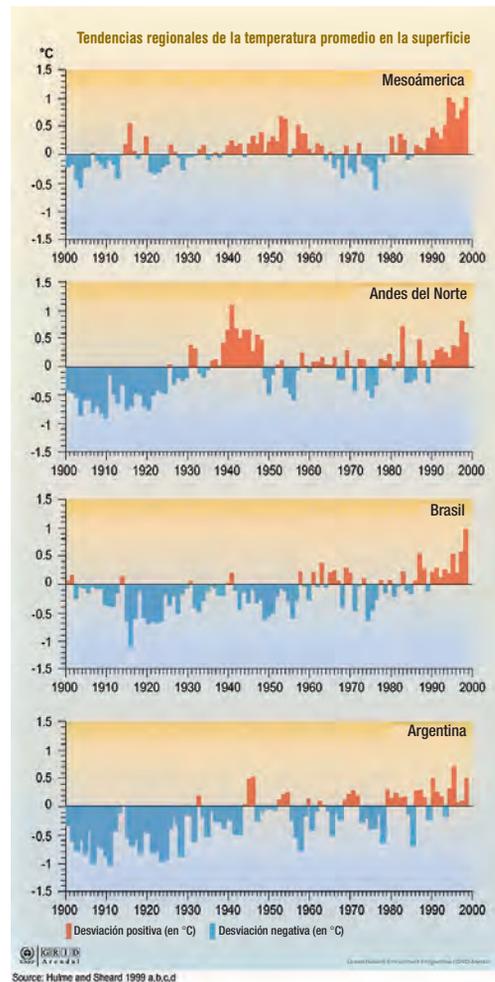
Diversos estudios sugieren una mayor frecuencia de huracanes debido al calentamiento global y al aumento de las temperaturas de los océanos. Agua más caliente significa más energía disponible para los ciclones tropicales, transformando la energía térmica en viento. Temperaturas más altas significan mayor evaporación, que a su vez conduce a precipitación más intensa.



**Gráfico 1.5** Intensidad de huracanes en la cuenca del Atlántico. Fuente: UNEP/GRID, Arendal.

A causa de los efectos retardados sobre el sistema climático, las emisiones del pasado producirán un aumento adicional de la temperatura durante el siglo XXI, a lo que hay que sumar el incremento de emisiones que, según se espera, seguirá presentándose en las próximas décadas. En las proyecciones del gráfico 1.6 se aprecia que la región, con algunas variaciones, se ha calentado durante el siglo XX. Al igual que en el resto del mundo, la temperatura promedio global subió gradualmente desde inicios de siglo salvo un periodo algo más fresco en los años 1960 y 1970. En la década de 1980 la temperatura comenzó a aumentar de nuevo y ha seguido ese patrón hasta el día de hoy, con los pasados diez años como el período más caluroso (Mc Carthy et al, 2001).

En México, de acuerdo con científicos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), los únicos estados de la República Mexicana que han mantenido estables sus temperaturas son Nayarit, Colima, Michoacán y Jalisco; mientras que el resto del territorio mexicano, particularmente el área del lado del océano Atlántico y el norte del país, se ha calentado más rápidamente<sup>9</sup>.



**Gráfico 1.6** Tendencias en la temperatura promedio de la superficie para América Latina. Fuente: UNEP/GRID, Arendal.

El futuro del clima depende de las emisiones asociadas al modelo energético que el mundo adopte. Los impactos del cambio climático variarán en función del modelo de desarrollo que el mundo elija ya que el escenario de emisiones asociado determinará la velocidad de aumento de la temperatura global. El gráfico 1.7 muestra los impactos globales proyectados por el IPCC en su cuarto informe, asociado con el aumento en la temperatura media de la superficie en el siglo XXI, en un escenario sin medidas de mitigación.

<sup>9</sup>La Jornada. Sociedad y Justicia, p. 34, publicado el 5 de enero de 2009.

**IMPACTOS CLAVE COMO UNA FUNCIÓN DEL CRECIENTE CAMBIO EN LA TEMPERATURA MEDIA GLOBAL**  
(Los impactos variarán según extensión de la adaptación, tasa de cambio de temperatura y vía socioeconómica)

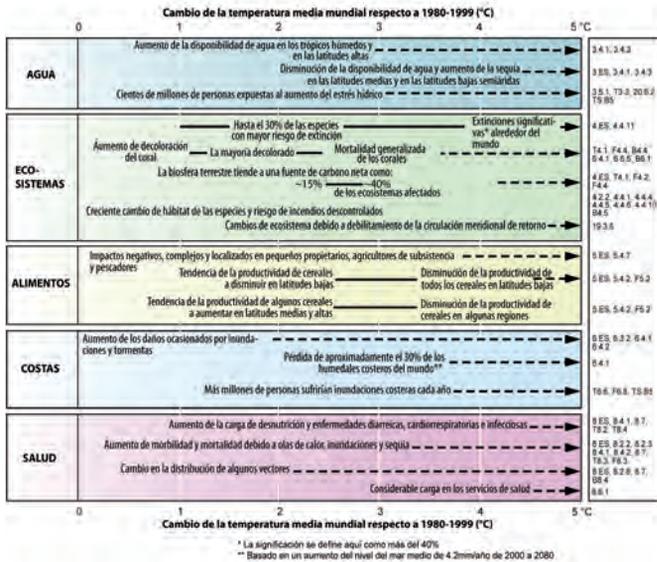


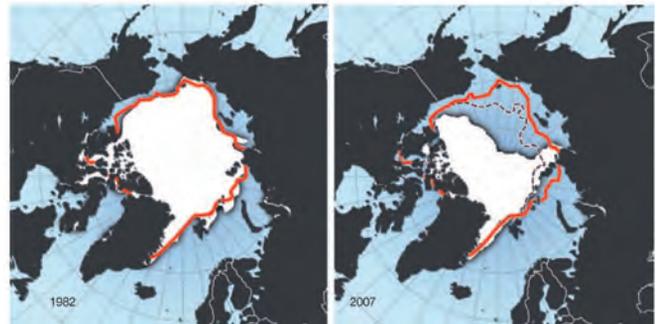
Gráfico RRP-2 Ejemplos ilustrativos de los impactos mundiales de los cambios climáticos previstos (y el dióxido de carbono a nivel del mar y atmosférico cuando es relevante) asociados a las diferentes cantidades de aumento de la temperatura media global en superficie en el siglo XXI (720.7). Las líneas negras vinculan los impactos, las líneas discontinuas con flecha indican los impactos que contribuyen con el aumento de la temperatura. Las entradas están situadas de tal modo que a la izquierda del texto indican el cambio aproximado de un impacto dado. Las entradas cuantitativas sobre la riqueza de agua y sobre las inundaciones representan el impacto adicional del cambio climático en relación con las condiciones previstas en la serie de escenarios A1F1, A2, B1 y B2 del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE) (Vase el recuadro 3). En estas estimaciones no se incluye la adaptación a los cambios climáticos. Todas las entradas proceden de estudios publicados presentados en capítulos del Informe de Evaluación. Las fuentes se ofrecen en la columna a la derecha de la Tabla. Los niveles de confianza de todas las afirmaciones son elevados.

**Gráfico 1.7** Ejemplos de impactos proyectados asociados con el aumento mundial del calentamiento en superficie en el siglo XXI. Fuente: IPCC, 2007.

Con el aumento actual de las temperaturas, que superó el 0.7°C en el pasado siglo, ya se observan serios impactos negativos en ecosistemas y poblaciones. Una multitud de nuevos hallazgos científicos muestra que el cambio climático está superando las peores previsiones realizadas por los científicos de la ONU en 2007 y que las alteraciones en el sistema climático se están acercando peligrosamente a un punto de no retorno (GPI, 2009). El ejemplo más ilustrativo quizá sea la espectacular pérdida del hielo marino durante el verano ártico ocurrido en 2007 y 2008, años en los que se han registrado los niveles más bajos desde que se realizan mediciones por satélite (NSIDC, 2008). Según investigaciones de la Universidad de Harvard y el Centro Nacional de Datos sobre el Hielo y Nieve (NSIDC), la pérdida de hielo marino en el océano Ártico se está produciendo 30 años antes de lo previsto por el IPCC (Stroeve J. et.al., 2007). El hielo marino podría desaparecer totalmente en verano en menos de diez años, algo que no había ocurrido en el planeta desde hace más de un millón de años.

Por otra parte, los glaciares de la península Antártica pierden el hielo mucho más rápido y contribuyen a la elevación del nivel del mar global de una forma mayor que la estimada en el cuarto informe de evaluación (Pritchard H.D. y Vaughan D.G., 2007). En la Antártida occidental la pérdida de hielo en 2006 fue, aproximadamente, un 75 por ciento más rápida que en 1996 (Rignot E. et.al., 2008). Nuevos estudios indican que, hacia el final del siglo, el nivel del mar puede aumentar 1.4 metros, debido a cambios de la dinámica de hielo tanto de Groenlandia como de la Antártida, lo que superaría la peor estimación efectuada por el IPCC que era de 0.59 metros (Grinsted A. et.al., 2009).

El cambio climático está ya produciendo importantes efectos económicos, sociales y ecológicos y se está cerca de alcanzar el umbral de cambios irreversibles para algunos elementos del sistema climático. Un incremento en la temperatura de sólo 1,5°C podría conducir al derretimiento irreversible de la capa de hielo en Groenlandia y alcanzar los 2°C podría suponer un riesgo de impactos catastróficos (GPI, 2009).



**Gráfico 1.8** Tendencia del hielo marino en el Ártico. Fuente: Hugo Ahlenius UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library.

La primera imagen muestra la extensión media del hielo marino en 1982. En ambas gráficas la línea roja indica la extensión media de 1979 a 2000. La segunda imagen compara la extensión mínima de cobertura de hielo (líneas discontinuas) en septiembre de 2005 (5.57 millones de km<sup>2</sup>) con la media de extensión de septiembre de 2007 (4.28 millones de km<sup>2</sup>).

## Referencias bibliográficas

- Agencia Española de Medio Ambiente, 2005, El Medio Ambiente en Europa, estado y perspectivas. España.
- Arnell NW, 1999, The Effect of Climate Change on Hydrological Regimes in Europe: a Continental Perspective. *Global Environmental Change* 9: 5-23.
- Attri SD, Rhatore LS, 2003, Simulation of Impact of Projected Climate Change on Wheat in India. *International Journal of Climatology*.
- Barnett TP, Adam JC, Lettenmaier DP. 2005. Potential Impacts of a Warming Climate on Water Availability in Snow-Dominated Regions. *Nature* 438: 3003-3309.
- Beniston M., 2003, Climatic Change in Mountain Regions: a Review of Possible Impacts. *Climatic Change* 59: 5-31.
- Brown, Oli, 2008 Migración y cambio climático. Serie de estudios de la OIM sobre la migración. Ginebra.
- CEPAL-PNUD. 2005, Efectos en El Salvador de las lluvias torrenciales, tormenta tropical Stan y erupción del volcán Ilimatepec (Santa Ana). Chile.
- Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int).
- Dasgupta, Susmita, et al. 2009, Sea-Level Rise and Storm Surges. A Comparative Analysis of Impacts in Developing Countries. The World Bank Development Research Group. Environment and Energy Team.
- David A. Relman, et al. Global Climate Change and Extreme Weather Events: Understanding the Contributions to Infectious Disease Emergence. <http://www.nap.edu/catalog/12435.html>.
- De la Torre, Augusto, et al. 2009, Desarrollo con menos carbono. Respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático. Estudios del Banco Mundial sobre América Latina y el Caribe. Banco Mundial. Washington.
- DFID/CEPAL. 2008, Economía del cambio climático en Centroamérica (fases II, III y IV). Panamá.
- Eisenman I. et al. 2008, Arctic sea-ice Decline: Faster than Forecast. *Geophysical Research Letters*. 34, On the Reliability of Simulated Arctic sea ice in Global Climate Models. *Geophysical Research Letters* 35(4).
- Luthi et al. 2008, High-Resolution Carbon Dioxide Concentration Record 650,000-800,000 Years Before Present. *Nature* 453, 379-382.
- EPICA Community Members, 2004, Eight Glacial Cycles from an Antarctic ice core, *Nature*, 429, 623-628.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. 2007, Estrategia Nacional de Cambio Climático. México.
- Frederick KH. Adapting to Climatic Impacts on the Supply and Demand for Water. *Climatic Change* 37: 141-156. 1997.
- Greenpeace Internacional, 1990. Global Warming. The Greenpeace Report. Oxford University Press. Reino Unido.
- Greenpeace Internacional. 2009 Racing Over the Edge New Science on the Climate Crisis.
- Grinsted A. et.al. 2009, Reconstructing sea Level from Paleo and Projected Temperatures 200 to 2100 AD. *Climate Dynamics*.
- G.R. Walther et al, 2002. Ecological Responses to Recent Climate Change. *Nature*, 416, 389-395.
- IPADE. 2007, Guía básica sobre cambio climático y cooperación para el desarrollo. Grupo de trabajo sobre cambio climático y lucha contra la pobreza. España.
- IPCC, 2000, Informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones.
- IPCC, 2001 Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (TAR).
- IPCC, 2007. Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (AR4) en inglés. Y su documento de síntesis: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza.
- Lise W, Tol RJS. 2002, Impact of climate on tourist demand. *Climatic Change* 55: 429-449.
- Martínez Julia y Adrián Fernández. 1997, Cambio climático: una visión desde México. INE- SEMARNAT, México. 2004. 1. Mearns Lo, Rosenzweig C, Goldberg R. "Mean and Variance Change in Climate Scenarios: Methods, Agricultural Applications, and Measures of Uncertainty". *Climatic Change* 35: 367-396.
- NOAA. Recent monthly mean CO2 at Mauna Loa. 2009. [www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/).
- NSDIC. Arctic sea-ice down to Second Lowest Extend. Likely record-low volume. Press release, 2 octubre 2008.
- Patz JA, Campbell-Lendrum D, Holloway T, Foley JA. 2005. Impact of Regional Climate Change on Human Health. *Nature* 439: 310-317.
- Pritchard H.D. And Vaughan D.G. 2007, Widespread Acceleration of Tidewater Glaciers on the Antarctic Peninsula. *Journal of Geophysical Research*. 112, FO3S29.

Rignot E. et al. 2008, Recent Antarctic ice mass loss from Radar Interferometry and Regional Climate Modelling. In Nature Geoscience 1 (106-110).

Riojas Horacio, et al. 2006, Estudio diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en la salud humana de la población de México. Instituto Nacional de Ecología. Instituto Nacional de Salud Pública. Informe Final. Septiembre.

R.J. Rowley, J. C. Kostelnick, D. Braaten, X. Li, J. Meisel (2007), Risk of Rising Sea Level to Population and Land Area, Eos Trans. AGU, 88(9), 105.

Semarnap-INE-UNAM. 1995, México ante el cambio climático. Segundo Taller de País, México.

Semarnat-INE/PNUD. 2006, Tercera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México.

Theurillat JP, Guisan A. 2001. Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review. Climatic Change 50: 77-109.

UNEP/GRID-Arendal. Maps and Graphics Library. Arctic sea ice minimum extent in September 1982, 2005 and 2007. <http://maps.grida.no/go/graphic/arcticsea-ice-minimum-extent-in-september-1982-2005-and-2007>.

United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (UNISDR). 2009, Global Assessment Report on disaster risk reduction: risk and poverty in a changing climate. Suiza.

Wilson, R.J., Gutiérrez, D., Gutiérrez, J. & Monserrat, V.J. 2007. An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. Global Change Biology 13: 1873-1887.

<http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/report/index.php?id=1130&pid:34&pih:2>.

<http://www.iom.int/jahia/Jahia/cache/offonce/lang/es/pid/1674?entryId=17419>.

## II. Impactos del cambio climático en México

**D**urante la última parte del siglo XX se investigó exhaustivamente acerca del cambio climático, sus causas y nuestra vulnerabilidad a dicho fenómeno. Además, se desarrollaron diversos escenarios para simular las condiciones que se darían en el planeta, de acuerdo con posibles incrementos de temperatura.

Estos trabajos reflejan que el cambio climático afectará fuertemente las actividades humanas, tales como la agricultura, el turismo, la producción y consumo de energía, la habitabilidad de las zonas costeras, la disponibilidad de recursos hídricos y la salud humana, además de que alterará la fenología de plantas y animales.

México no es ajeno a estas afectaciones: de hecho, es uno de los países más vulnerables ante el cambio climático. Los impactos de este fenómeno en nuestro país son tales, que están considerados un tema de “seguridad estratégica” (ENACC, 2007) y, de hecho, ya se resienten en diversas regiones.

De no tomar medidas, estos impactos se intensificarán a lo largo de este siglo, como lo demuestran los trabajos reunidos en esta primera parte del documento.

### 2.1 Impactos del cambio climático en los ecosistemas marinos

**Dr. Exequiel Ezcurra**, director del Instituto para México y Estados Unidos de la Universidad de California (UC MEXUS) y presidente del Instituto Nacional de Ecología de 2001 a 2005.

De los 3 mil 700 millones de años que tienen los seres vivos de existencia en el planeta, las primeras formas de vida multicelulares aparecieron hace unos 700 millones de años bajo las aguas someras de los mares del Precámbrico. Unos 300 millones de años después, en el Siluriano, la vida macroscópica empezó a manifestarse fuera del agua.

Si para comprender la escala del tiempo profundo pusiéramos el tiempo transcurrido desde la aparición de los primeros organismos multicelulares complejos en una escala de un año, durante los primeros cinco meses de ese metafórico “año evolutivo” la vida transcurrió exclusivamente bajo los mares. Las primeras muestras de vida emergida capaces de poblar la tierra firme tuvieron lugar en el mes de junio del año evolutivo, cuando ya la vida pululaba desde hacía millones de años bajo las aguas de los océanos.

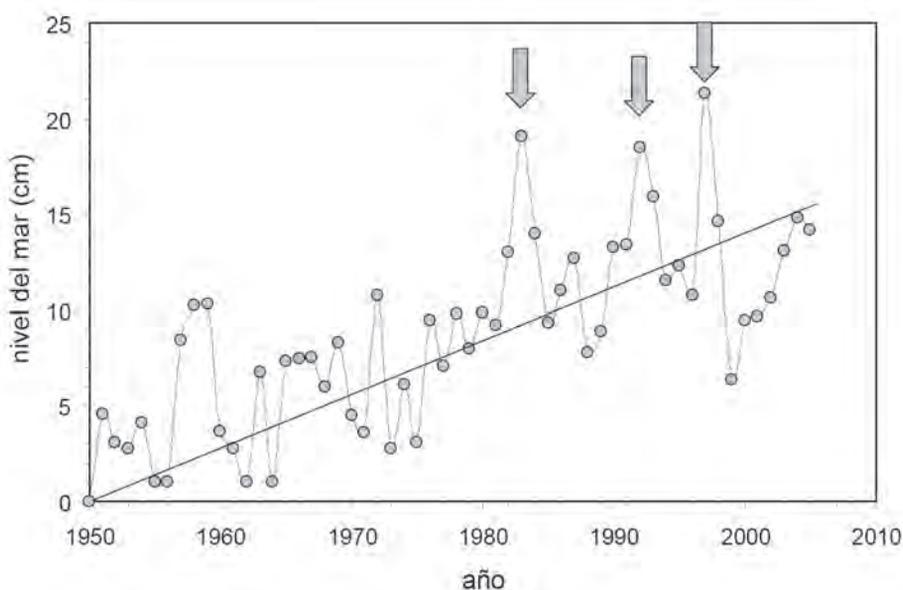
Sólo unos pocos grupos biológicos fueron capaces de adaptarse a vivir en tierra, y una vez emergidos, radiaron evolutivamente en un sinnúmero de especies, casi todas desarrolladas sobre unos pocos diseños morfológicos elementales: los artrópodos; los vertebrados; las plantas vasculares, y los hongos. La memoria de la evolución pasada subsiste en la vida presente, y por eso la diversidad de grupos evolutivos es arrolladoramente mayor bajo el mar que en la tierra. Mientras que los invertebrados terrestres se reducen sobre todo a los insectos y otros grupos menores, bajo el agua sobreviven en grandes cantidades esponjas, anémonas, corales, medusas, erizos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, y una miríada de moluscos, por mencionar sólo algunos grupos dentro de la verdaderamente portentosa mezcla biológica que habita los mares. Lo mismo ocurre con las plantas fotosintéticas, las que bajo el mar muestran un increíble conjunto de organismos muy antiguos, cuya edad evolutiva se remonta a miles de millones de años, con formas variables y extrañas que van desde microscópicas diatomeas, algas rojas y dinoflagelados, hasta las algas coralinas y los gigantescos sargazos.

Cuando vemos la vida desde esta perspectiva, es claro que el ambiente global ha cambiado constantemente y que las distribuciones de los organismos en la biosfera han respondido, también cambiando de manera concorde, a un cierto ritmo al cual están adaptadas las distintas especies para su supervivencia. Como la proverbial Reina Roja de Lewis Carroll que corría constantemente para mantenerse en el mismo lugar, en la evolución biológica, todas las especies cambian de manera gradual y continua adaptándose constantemente a nuevas situaciones. La inmensa riqueza de formas de vida marinas no habría podido sobrevivir de otra manera.

En la actualidad, sin embargo, los cambios en el clima global inducidos por cambios en la concentración atmosférica de gases de efecto de invernadero están causando cambios mucho más rápidos en el hábitat de los seres vivos que los experimentados durante millones de años. Incrementos en la temperatura planetaria que en el pasado transcurrían a lo largo de diez mil años están ocurriendo ahora en unas pocas décadas, y el potencial de adaptación biológica de muchas especies está siendo rebasado por la velocidad de las transformaciones.

Si esta tendencia continúa, la consecuencia natural será la extinción de muchas especies, sobre todo, de aquellas de nichos muy específicos que no tienen la posibilidad de adaptarse a las nuevas y cambiantes condiciones, por ejemplo, los corales pétreos que forman cadenas de arrecifes. A su vez, la desaparición de algunas especies puede afectar la distribución y supervivencia de otras especies que interactúan con ellas, modificando así de manera severa el flujo de energía y el ciclo de materia de ecosistemas completos.

Los impactos más obvios y directos se notan ya en algunos ecosistemas costeros mexicanos, en particular en las lagunas de manglar y los arrecifes coralinos, ambos ya bajo fuerte presión por el crecimiento explosivo de nuevos desarrollos costeros durante las pasadas décadas. Los factores más significativos que afectan la estructura y función de manglares y arrecifes, y que están ya transformándose como resultado del cambio climático global, son la temperatura media del agua, el nivel medio de las mareas, el flujo y la disponibilidad de agua dulce en estuarios y humedales costeros, y la frecuencia creciente de tormentas y eventos extremos.

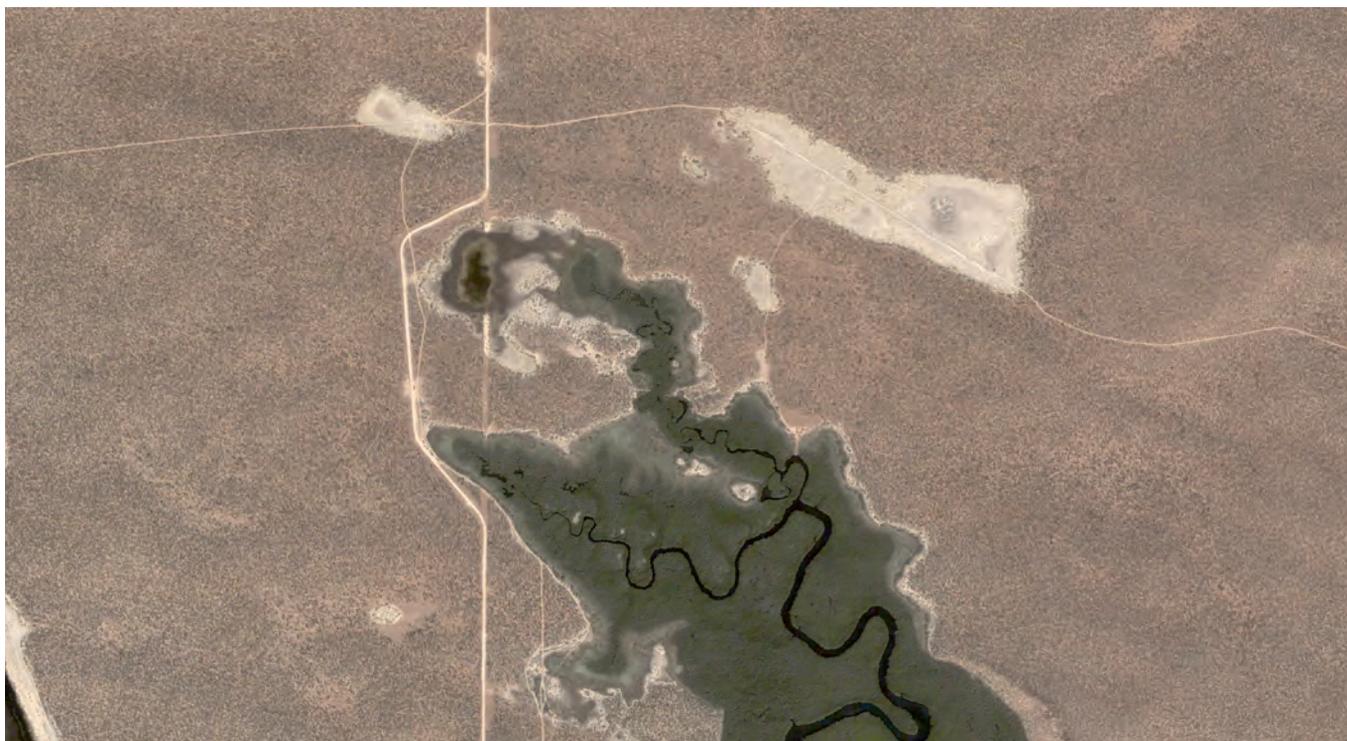


**Gráfico 2.1** El nivel medio del mar en el Pacífico, ha venido subiendo a una tasa de 2.1 mm/año desde 1950. Durante los años de El Niño (1983, 1992, y 1997, indicados con flechas) el ascenso fue mucho más marcado. De hecho, durante algunos meses de esos años el nivel de las mareas estuvo hasta 35 cm por encima del nivel de base de 1950 (imagen del autor, sobre datos tomados del Permanent Service for Mean Sea Level, Proudman Oceanographic Laboratory <<http://www.pol.ac.uk/psmsl/>>, Liverpool, UK, para las estaciones de Cabo San Lucas en Baja California Sur, y Muelle de Scripps y Bahía de San Diego en California).

El incremento en las temperaturas medias del planeta —el llamado “calentamiento global”—, afecta de manera directa la solubilidad del oxígeno en el agua del océano, y también tiene un impacto indirecto sobre los ecosistemas costeros a través del incremento en el nivel medio del mar, producto de la disolución gradual de los glaciares y de los casquetes polares. De manera indirecta, las mayores temperaturas superficiales afectan también el comportamiento del clima costero y pueden provocar una mayor incidencia de tormentas extremas. El efecto devastador del agua con temperatura superior a la media puede verse en el Pacífico mexicano cada vez que ocurre el fenómeno de El Niño, una anomalía oceánica en el que la banda de corrientes ecuatoriales disminuye la velocidad de su flujo y las aguas oceánicas superficiales, más calientes que lo normal, se acumulan sobre las costas mexicanas. Cuando esto ocurre, la termoclina (la banda que separa el agua superficial cálida de las aguas más frías del fondo) desciende a más de 30–50 metros, y la surgencia a la superficie de las aguas del fondo, cargadas de nutrientes, se detiene.

El mecanismo es realmente sencillo: dado que el agua al calentarse se expande y se hace por lo tanto más ligera, de manera general la elevación en la temperatura superficial del mar incrementa la estratificación de la columna de agua y detiene la surgencia de agua profunda que contiene nutrientes en disolución. El mar se recubre con una capa superficial de agua caliente y pobre en nutrientes, un verdadero “tapón” que impide el ascenso de las fértiles surgencias a la superficie y detiene el desarrollo del fitoplancton, la base de la cadena alimenticia del mar. Finalmente, la menor solubilidad del oxígeno en aguas cálidas afecta a su vez la supervivencia de las especies animales. Así, el aumento en la temperatura superficial produce el decaimiento de la productividad del océano.

Cuando esto ocurre, como resultado de una anomalía cálida en el océano, los grandes cardúmenes de peces pelágicos como la sardina y la anchoveta —el “forraje” pesquero del mar— sufren un colapso demográfico, y el efecto rueda por toda la trama del ecosistema: las aves marinas fracasan en su anidación por falta de alimento, los polluelos



**Gráfico 2.2** Un camino de tierra consolidada construido en el sur de Bahía Magdalena en la década de 1960 debió ser trazado nuevamente debido al ascenso del nivel del mar en años posteriores. En la actualidad, el antiguo trazo se encuentra permanentemente inundado y colonizado por un bosquecillo de mangles (imagen procesada por el autor, bajo licencia de GoogleEarth-Pro).

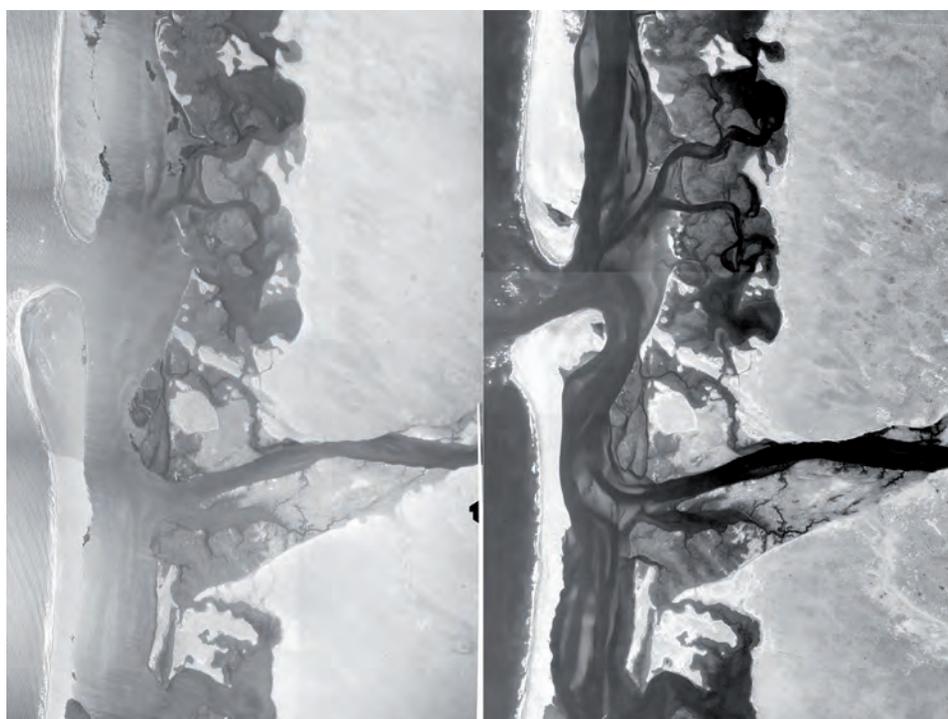
mueren por cientos de miles, y la flota pesquera enfrenta pérdidas inmensas. Muchos de los modelos climáticos sugieren que, a medida que avance el calentamiento global, estos fenómenos extremos irán en aumento.

Más que una ominosa predicción para el futuro, algunos de estos escenarios parecen ser ya parte de la realidad: durante las dos últimas décadas del siglo XX el Pacífico mexicano sufrió los embates de cuatro eventos de El Niño —dos por década—, una frecuencia mucho más alta que la media histórica de un evento, esto es, cada 20 a 30 años. Las repercusiones de estos eventos —tres de ellos fueron de gran intensidad— para nuestras pesquerías de peces pelágicos fueron extremadamente gravosas.

También es ya una realidad el ascenso del nivel medio del mar. Desde el año de 1950, el mar ha venido ascendiendo aproximadamente dos milímetros por año. Aunque el valor parezca bajo, su impacto acumulativo ya es perceptible: desde el año de 1950, el nivel medio del mar ha su-

bido unos 13 centímetros. Este ascenso se combina con el efecto de las anomalías de El Niño, porque cuando las corrientes ecuatoriales disminuyen su paso no sólo acumulan aguas más cálidas en las costas mexicanas, sino que asciende el nivel del océano hasta en 20 centímetros adicionales. Ambos efectos —el ascenso del nivel del mar producto del derretimiento de los hielos polares y el efecto de El Niño sobre las costas mexicanas— pueden hacer subir el nivel de las lagunas costeras en más de 35 centímetros. Si la laguna se encuentra en una costa de escasa pendiente, este ascenso puede hacer penetrar las aguas marinas varios cientos de metros tierra adentro, produciendo grandes cambios en la estructura de los humedales costeros y mortalidad por intoxicación salina en la vegetación de tierra firme.

A partir de la ocurrencia de los fuertes eventos de El Niño de 1983 y 1997–1998, el efecto del ascenso del mar ha comenzado a ser observable en la vegetación de muchas lagunas costeras del Pacífico mexicano, no sólo por la



**Gráfico 2.3** Boca de Santo Domingo y Canal de la Soledad, en el sistema lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur. A la derecha, foto-mosaico aéreo de 1969; a la izquierda, foto-mosaico de mediados de los 1980, posterior al evento de El Niño de 1983. La acción erosiva de las olas y el nivel anómalamente alto del mar provocaron un peligroso angostamiento de la barra costera y llenaron de sedimento el canal (foto-mosaico elaborado por Xavier López-Medellín y Charlotte González-Abraham sobre fotos digitalizadas de Compañía Mexicana de Aerofoto y de INEGI).

inundación de tierra antes emergida y ahora anegada bajo los avances del mar, sino también por la destrucción de barras costeras y manglares de franja, dos ecosistemas de inmensa importancia por sus servicios ambientales, las primeras, como protectoras de lagunas y estuarios; los segundos, como sitios de reproducción de pesquerías de gran importancia comercial.

De manera combinada, el ascenso del nivel del mar, la frecuencia de anomalías oceanográficas cálidas, y la presión humana sobre las costas de todo el país a través de nuevos desarrollos, asentamientos humanos, y granjas acuícolas, ponen en peligro creciente la integridad de las costas y la producción sustentable de decenas de especies de pesquerías costeras y arrecifales como jaibas, lisas, bagres, mojarras, pargos, robalos, y sabalos.

Por otro lado, las oscilaciones en las características oceanográficas son también motor de grandes anomalías climáticas que impactan severamente a la tierra y al mar. El incremento en las temperaturas superficiales del Pacífico mexicano eleva la probabilidad de lluvia de invierno en los desiertos del noroeste del país, pero disminuye la fuerza del monzón de verano en el sur de México, y parece también tener un efecto importante sobre la probabilidad de huracanes extremos.



**Gráfico 2.5** Los incrementos anómalos en la temperatura del mar estratifican la columna de agua e impiden la surgencia de aguas fértiles del fondo. Los montes submarinos y arrecifes del Pacífico, normalmente ricos en especies como el de la imagen, declinan en su productividad durante la anomalía (Bajo de Marisla, Golfo de California, foto de Octavio Aburto).

El evento de El Niño de 1997–1998 fue, nuevamente, una demostración aterradora del efecto que algunos cambios en las condiciones oceánicas pueden tener sobre nuestras costas. En menos de dos meses, entre el 16 de septiembre y el 10 de noviembre, tres huracanes de inusitada intensidad hicieron estragos sobre las costas mexicanas —el huracán Nora, que impactó las costas de Baja California y penetró por el Golfo de California hasta Arizona, el huracán Paulina, que demoró cerros y laderas en Acapulco en un aluvión que dejó cientos de muertos, y el huracán Rick, que impactó las selvas del Soconusco produciendo grandes deslaves en las laderas con pérdida de grandes áreas de selva primaria. Poco tiempo después, en enero y febrero de 1998, la anomalía oceánica se dejó sentir nuevamente al provocar intensas tormentas de invierno en Baja California, con deslave de cañones y barrancas en Tijuana, destrucción de edificios y viviendas, y un inmenso daño a la infraestructura urbana.

Finalmente, en mayo y junio de 1998, las sobrecalentadas aguas del Pacífico dieron otra vez su nota destructora demorando la entrada de las lluvias de verano —el llamado “monzón mexicano” — a las selvas del sur de la república, y desatando una gigantesca cadena de incendios forestales —la más grande que se tenga registrada en la historia del país.

¿Es posible generalizar el efecto de estas anomalías específicas como un caso cada vez más frecuente a medida que progresa el cambio climático? Los modelos climáticos no nos dan todavía un sí rotundo a esta respuesta, pero sugieren fuertemente que algunos de estos factores serán cada vez más comunes. El ascenso del nivel del mar, por ejemplo, es un fenómeno que está ya claramente ocurriendo y continuará a tasa cada vez más acelerada en el futuro. Este efecto continuará impactando lagunas costeras y manglares, de manera gradual pero irrefrenable, como ya lo viene haciendo desde hace años. Las tormentas y eventos extremos serán también cada vez más frecuentes, con el concomitante efecto sobre nuestras costas y sus habitantes. Y finalmente, si las oscilaciones en las corrientes oceánicas aumentan en su intensidad como parecen haberlo hecho en las últimas décadas, es posible que los ciclos de sequía y precipitaciones extremas también aumenten. A su vez, esto tiene un efecto negativo sobre los estuarios, lagunas, y humedales costeros, que reciben cada vez menos agua dulce, en detrimento de la fauna costera y las pesquerías artesanales.

Por otro lado, la acumulación de gases de efecto de invernadero en la atmósfera tiene también un efecto directo sobre algunos organismos. El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) se disuelve en el agua en forma de ácido carbónico ( $\text{CO}_3\text{H}_2$ ), un ácido débil que disminuye el pH del agua de mar (es, decir, aumenta el nivel de acidez). El incremento gradual de acidez, a su vez, dificulta la fijación de carbonato de calcio e incluso re-disuelve parte del carbonato que forma parte de las estructuras de defensa y de los exoesqueletos de miles de especies marinas. Así, el incremento en las concentraciones atmosféricas de  $\text{CO}_2$  puede afectar de manera directa la supervivencia de una miríada de especies del plancton con esqueleto calcáreo, y modificar de manera irreversible la cadena trófica del océano.

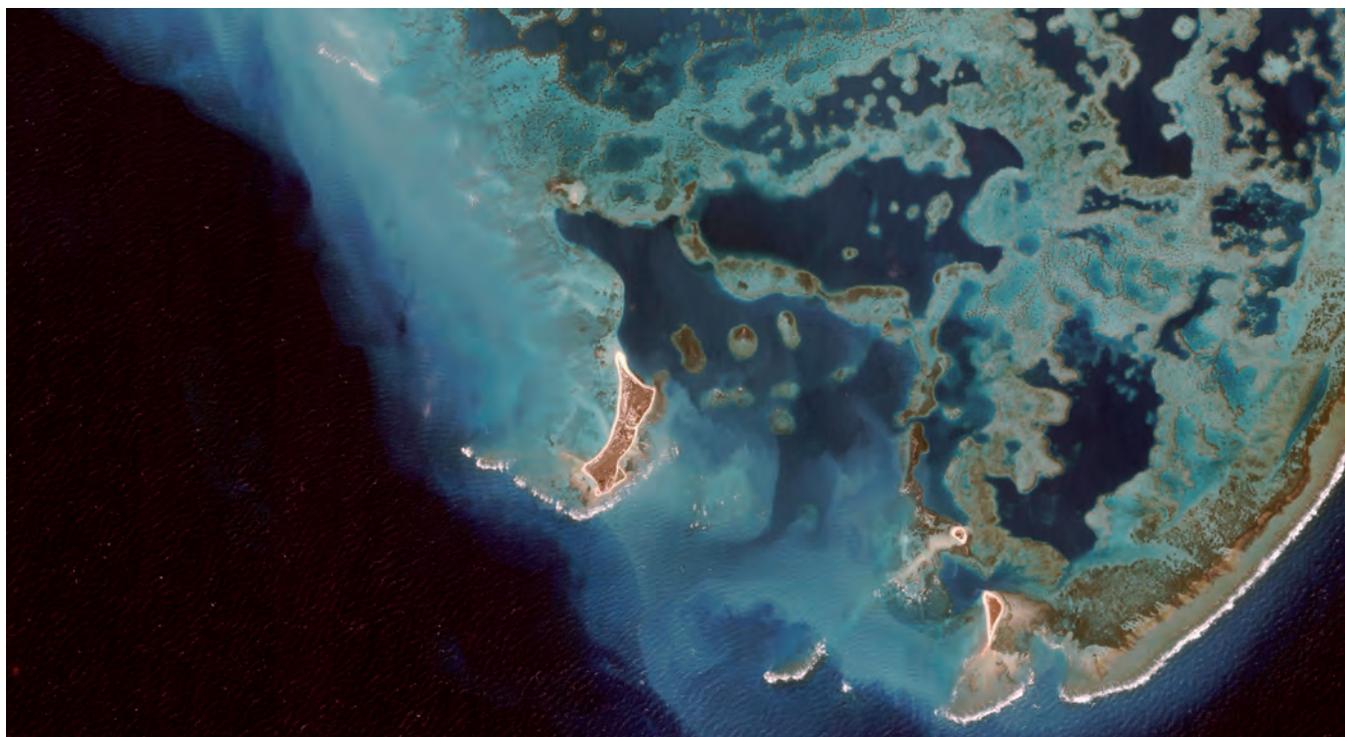
En particular, para México es sumamente importante el efecto de la acidificación del agua de mar sobre los arrecifes coralinos, un ecosistema que produce una inmensa cantidad de servicios ambientales y del cual dependen

grandes regiones costeras, sobre todo, la costa maya del Caribe mexicano.

Los arrecifes coralinos del corredor costero de Quintana Roo son uno de los ecosistemas biológicamente más diversos y económicamente más importantes del país.

Mantienen pesquerías de gran importancia, proporcionan protección a las costas contra la fuerza de los huracanes, y son el principal motor del próspero turismo costero de la región. Sin embargo, se encuentran amenazados por la contaminación de las aguas costeras provenientes de los grandes centros turísticos, la sobrepesca, la eutrofización proveniente del uso de fertilizantes, y los sedimentos y la turbidez proveniente de los desmontes y la destrucción de manglares.

El efecto de la acidificación de las aguas oceánicas puede proporcionar una estocada mortal a uno de los ecosistemas más importantes del país. Sin posibilidad de



**Gráfico 2.6** Visto desde el espacio, el complejo banco coralino de Arrecife Alacranes en el Golfo de México semeja una compleja trama de imágenes fractales. Estos arrecifes someros están siendo severamente amenazados por el incremento de dióxido de carbono atmosférico y la elevación en la temperatura del mar. Uno de los fenómenos resultantes, el blanqueado de los corales que deteriora el crecimiento del arrecife, está siendo cada vez más frecuente en el Caribe y el Golfo de México (imagen procesada por el autor, bajo licencia de GoogleEarth-Pro).

formar sus complejas estructuras de carbonato de calcio y crecer sobre ellas, los arrecifes coralinos decaerán inexorablemente a lo largo de este siglo si el incremento de CO<sub>2</sub> atmosférico continúa a la velocidad actual.

Adicionalmente, en los corales de aguas someras el efecto del incremento de la temperatura en sí mismo aparece como otra sombra ominosa que amenaza la supervivencia del arrecife. Los corales pétreos de vida somera están normalmente asociados a algas unicelulares —las zooxantelas— que habitan dentro del cuerpo de los pólipos coralinos en una relación simbiótica.

Los pólipos reciben nutrientes y productos de la fotosíntesis de las algas, y éstas reciben cobijo y protección dentro los pólipos, donde encuentran su morada. La simbiosis, sin embargo, es sumamente frágil. Por un lado, los pólipos de los corales necesitan de una provisión adecuada de oxígeno para respirar, pero la solubilidad del oxígeno en el agua disminuye con la temperatura. Por otro lado, los pólipos necesitan de una temperatura adecuada, de entre 23 y 26°C para precipitar el carbonato de calcio con el que forman sus colonias.

Así, los corales viven cerca de su límite inferior de oxígeno y muy acotados por límites rigurosos de temperatura. Como cualquier organismo tropical, su metabolismo es más acelerado que el de un organismo de aguas frías, pero la provisión de oxígeno que encuentran en el agua es menor. Cualquier perturbación ambiental que incrementa la temperatura del ambiente puede incrementar aún más la demanda metabólica de oxígeno y al mismo tiempo disminuir la disponibilidad, con consecuencias fatales para el pólipo.

Adicionalmente, el incremento de la temperatura ambiental puede llevar a la muerte de la zooxantela simbiótica, la cual también tiene un umbral térmico muy estrecho. Cuando esto ocurre, la colonia coralina pierde su color en un fenómeno conocido como “blanqueado” de los corales, que ha llamado la atención de los investigadores desde mediados de 1980. Como el alga provee más del 60 por ciento de los nutrientes que consume el pólipo y facilita al mismo tiempo la calcificación, el blanqueado detiene por completo el crecimiento de la colonia coralina, la cual, si el fenómeno se mantiene por varios meses, puede incluso llegar a morir.

Los casos reiterados de blanqueado de colonias coralinas en varias partes del mundo que se han dado con frecuencia creciente han sido atribuidos a anomalías oceánicas con incrementos inusuales en la temperatura del agua. En muchas áreas costeras el fenómeno se ha multiplicado aún más por efecto de la contaminación costera: los corales debilitados por el blanqueado se ven con frecuencia invadidos por algas filamentosas que recubren la colonia, muchas veces fertilizadas por los efluentes de desechos urbanos costeros, en una cadena de cambios que eventualmente convierte al arrecife en un manto de algas carente de la riqueza y la diversidad del ecosistema original.

En conclusión, no es posible ser optimista sobre el futuro de los mares y las costas de México en la perspectiva del cambio climático global. En muchos casos, el daño ya está ocurriendo; lentamente, casi imperceptiblemente, pero está avanzando día con día. Necesitamos urgentemente desarrollar una agenda de conservación para nuestros mares, con particular énfasis en los ecosistemas más frágiles: arrecifes coralinos, lagunas costeras y manglares, montes submarinos, y zonas de agregaciones reproductivas. Necesitamos asimismo desarrollar un programa de mitigación de impactos para las comunidades costeras que ya están sufriendo el impacto complejo del deterioro de sus pesquerías. Necesitamos urgentemente iniciar —como país y como comunidad planetaria— un programa para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Finalmente, ¿por qué no?, necesitamos repensar nuestro futuro común. La vida de los océanos ha podido sobrevivir más de tres mil millones de años sin nosotros, los humanos, pero nosotros no podríamos sobrevivir sin ella. Esa es la magnitud del reto.

## 2.2 Migración y cambio climático

**Dr. Boris Graizbord**, coordinador del Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente (LEAD-México) de El Colegio de México. Coautores: Rocío González y José Luis González, El Colegio de México.

Es probable que numerosos grupos humanos y comunidades en diversas regiones del mundo sean desplazados por motivos relacionados con el cambio climático. El nivel de riesgo al que se expondrán estas poblaciones, ante diversos eventos, dependerá del grado de vulnerabilidad y de las condiciones de su entorno (resiliencia). Un resultado esperado es que aumenten los movimientos migratorios de las poblaciones afectadas tanto dentro como entre regiones y países.

Los desplazados por razones ambientales siempre han existido. Sin embargo, en el presente y en un futuro no muy lejano la velocidad y la escala de los desplazamientos marcarán la diferencia. Una razón por la cual los grupos humanos migran es que los recursos de su entorno escasean o bien sufren un deterioro irreversible. Y, si bien el problema de la escasez se determina socialmente y existen instituciones sociales que la mantienen (Harvey, 1973:114, 139), los recursos naturales no son infinitos; en la naturaleza hay escasez (Brookfield, 1975:205). En efecto, los recursos existen a partir de su base material; el espacio es limitado. Es por ello que todos los sistemas sociales, independientemente de su nivel de desarrollo, se organizan y crean reglas para asignar recursos escasos. Los sistemas sociales primitivos también operaban a partir de la escasez. Incluso la naturaleza funciona adaptándose a ésta.

La escasez resulta de la combinación de recursos inmóviles y de otros móviles que la organización social puede agenciarse con base en su poder político y económico. De tal suerte que los sistemas sociales, basados ya sea en principios de reciprocidad, redistributivos o de mercado y cualquier combinación de éstos, existen para mediar esta inmovilidad de los recursos y adaptarse a su escasez. Como asevera Brookfield (1975:206), si no existiera la escasez no habría límites para el crecimiento y las soluciones utópicas serían factibles. Pero la escasez existe y entonces el problema del desarrollo es de adaptación y asignación en todo lugar y todo momento. Así, el objetivo

sería alcanzar la más eficiente adaptación a largo plazo y asignar bienes o cargas (Elster, 1992) con criterios de equidad y justicia “para hoy y mañana” (Roemer, 2008).

### 2.2.1 Escenarios

La distribución desigual de los recursos escasos está en la base de todo problema de desarrollo. En tiempos antiguos los sistemas de asignación y redistribución se compartamentalizaban en la superficie terrestre y los vínculos e interdependencias entre ellos eran sólo suplementarios a los sistemas de adaptación locales (Brookfield, 1975:206). En la actualidad se ha creado una interdependencia casi total en la escala global que ha facilitado niveles altos de adaptación pero soportados por complejos sistemas de asignación y redistribución. Estos sistemas se organizan a través de nodos de poder que controlan la asignación y la producción de recursos escasos a través de innovaciones tecnológicas que aumentan su capacidad de control y, al mismo tiempo, la marginación funcional del resto del sistema.

Este escenario, y el que pinta Hardin (1998) en su visión dramática de un mundo de salvavidas, con mayor o menor capacidad de carga, en los que se decide si se sube o no a los que han caído al mar y están por ahogarse, se exagera con el impacto previsto (IPCC, 2007) y en marcha acelerada del cambio climático. Al no ser asumidos por los gobiernos y demás actores sociales, los costos (Stern, 2007) afectarán necesariamente a la población del planeta y de manera especialmente severa y a corto plazo a los grupos de bajos ingresos en áreas donde el capital humano, material y ambiental es más escaso. En 1995 se calculaba, por autores citados en Izazola (1997:120, n.2), que habría 25 millones de migrantes en el mundo exclusivamente por motivos ambientales entendidos éstos como presión demográfica o bien como deterioro de recursos naturales. Myers (2005) estima 200 millones para 2050, poco más de los 193 millones de refugiados por diversas razones reconocidos en la actualidad en todo el mundo.

Varios factores (interrelacionados) incidirán local y específicamente en la respuesta de la población ante los efectos del cambio climático sobre los recursos a su alcance:

- La sequía y la falta de agua. Estos fenómenos disminuyen la fertilidad natural del suelo y, por tanto, la capacidad de producir alimentos, tanto en la agricultura

de subsistencia como en zonas agrícolas de producción mecanizada y utilización de sistemas de alto rendimiento agrícola. En el primer caso la población contará con pocos recursos para enfrentar el problema.

- La elevación del nivel del mar. Las comunidades expuestas a fenómenos hidrometeorológicos recurrentes han mostrado hasta ahora una enorme capacidad de adaptación y resiliencia ante estos eventos y difícilmente han decidido abandonar los sitios en los que se han asentado. No así aquellos habitantes de grandes concentraciones urbanas (Yakarta) que ante la inundación inevitable de gran parte de la ciudad por la elevación del nivel del mar y la pérdida de su patrimonio han empezado a desplazarse a lugares más altos y aparentemente más seguros en asentamientos menos expuestos.
- Modificaciones imprevistas en los servicios ambientales de los ecosistemas y del ecosistema planetario. El cambio climático afectará de manera directa o indirecta a todos, pobres y ricos, aunque en las primeras fases a unos más que a otros. Los efectos en el ámbito rural y en el urbano serán diferentes. En este último habrá diferencias entre las grandes ciudades y las más pequeñas, pues las primeras constituyen los nodos de poder económico y habrá social y políticamente una mayor disposición para invertir en infraestructura de remediación y adaptación ante los efectos del cambio climático, como ya vemos en ejemplos claros cuando se trata de abastecimiento de agua (Los Ángeles, ciudad de México, etc.). Por otra parte, el modelo de urbanización diferenciada (Geyer y Kontuly, 1993), que toma en cuenta la dinámica del crecimiento urbano en el conjunto de ciudades del sistema urbano nacional, indica que serán las ciudades de tamaño medio (250-500 mil habitantes) las receptoras del crecimiento social positivo (inmigración mayor que emigración) y las que ejercerán mayor presión sobre los ecosistemas en los próximos treinta años. Lo cual permite concluir que sus habitantes rebasarán el promedio nacional y urbano de emisiones per cápita de gases efecto invernadero (GEI) pues en este rango sus habitantes, al modificar sus estilos de vida, cambian hábitos de consumo que exigen más energía exosomática en transporte, en tiempos de ocio y en utensilios y aparatos eléctricos hogareños (Offer, 2006: 173), que los utilizados cuando la ciudad era de menor tamaño.

Ante la sequía, la escasez de agua y la pérdida de fertilidad del suelo, por un lado, y las inundaciones, por el

otro, la población pobre sufrirá un impacto mayor y más inmediato en el tiempo, a pesar de estrategias de supervivencia que en ocasiones se ponen en práctica -con o sin la intervención del estado- para aplazar la inminente decisión de abandonar el entorno en el que habitan (como sucede en países subsaharianos, en los que el grupo prácticamente colapsa, pasando sus miembros a la categoría de refugiados no tanto por motivos políticos como ambientales, o bien en Bangladesh cuyo territorio y población se ve expuesta a los monzones más frecuentes e intensos y ya ahora a la elevación del nivel del mar). Se convertirán eventualmente en desplazados forzosos. Pero este hecho y sus efectos no se reduce a los afectados, tiene costos sociales aún difíciles de prever dado que (Brown, 2008:10):

- I. Aumenta la presión en la infraestructura urbana y los servicios;
- II. Frena el crecimiento económico;
- III. Incrementa el riesgo de conflictos sociales;
- IV. Incide negativamente en los indicadores sociales, de salud, educación y de los migrantes y de la población en general.

### 2.2.2 Poblaciones susceptibles

¿Cómo identificar a la población que se verá afectada por los cambios hidrometeorológicos? Según la Water Poverty Initiative (Sotelo, 2009), ésta puede caracterizarse como:

- Aquellas personas cuya forma de vida se ve continuamente amenazada por fenómenos naturales como sequías o inundaciones.
- Aquellas personas cuyos requerimientos de agua tienen que satisfacerse a costa de una inversión en tiempo e ingresos superior al valor estimado de su consumo de agua.
- Aquellos cuya forma de vida depende de la agricultura de subsistencia y cuya fuente de agua no es confiable.
- Aquellos cuya fuente de abastecimiento seguro de agua se encuentra a más de 1 km. de distancia de sus hogares.
- Aquellos que aun viviendo en localidades con fuentes de agua superficial y subterránea disponibles no pueden

acceder a ellas, ya sea por la falta de definición de derechos de uso del recurso, por problemas derivados de la falta de infraestructura o por un manejo inadecuado del recurso (contaminación, azolvamiento, etcétera).

- Aquéllos que se ven obligados a pagar un porcentaje alto (>5 por ciento) del ingreso familiar para obtener el agua que necesitan.
- Aquéllos cuya fuente de abastecimiento de agua se encuentra contaminada bacteriológica o químicamente, y no pueden pagar o no tienen acceso a una fuente alternativa de aprovisionamiento.
- Grupos vulnerables (i.e. mujeres, niños y niñas, etc.) que invierten horas de su tiempo recolectando el agua para uso doméstico, y cuya seguridad, educación, productividad y estatus nutricional se pone en riesgo.
- Aquéllos que viven en zonas con altos niveles de enfermedades asociadas con el agua (malaria, tracoma, cólera, etcétera)

La tarea en este tema (falta explorar soluciones viables frente a las sequías y la elevación del nivel del mar) involucra cuatro elementos básicos:

- Ampliar las formas de acceso al agua y asegurar su disponibilidad y seguridad para la satisfacción de necesidades básicas (saneamiento, higiene para la salud, control de residuos y lixiviados).
- Asegurar la disponibilidad de agua para la producción y la generación de ingresos (producir energía eléctrica aprovechando los flujos de entrada y de salida).
- Manejar de forma sustentable los servicios ambientales (gestión de cuencas y protección de las “fábricas de agua”).
- Reducir la vulnerabilidad de diferentes grupos poblacionales ante riesgos hidrometeorológicos (sequías, inundaciones, deslaves, contaminación, etcétera).

### 2.2.3 El caso de México

El tamaño, el ritmo de crecimiento y la distribución de la población en el territorio nacional son los datos relevantes para entender la presión demográfica sobre los recursos y los servicios ambientales; pero hay que agregar otras dimensiones.

En nuestro país, como apuntan Graizbord y León (2002) y Graizbord (2004) la relación entre recursos, población y economía parece contradictoria: el centro concentra población urbana-metropolitana en un eje megalopolitano casi ininterrumpido que va de Xalapa y Córdoba-Orizaba, pasa por Puebla-Tlaxcala y la Zona Metropolitana de la ciudad de México hasta el corredor del Bajío que, por el momento, parece terminar en León, Guanajuato. A este conglomerado lo rodea intermitentemente el campo y los cultivos de riego pero muchos aún de temporal con elevada carga demográfica de población rural y con efectos intensos en la pérdida de suelo y erosión. En el norte, la población se dispersa en centros urbanos de elevado crecimiento, casi todos pegados a la línea fronteriza, con patrones de consumo que intentan copiar al vecino en el uso del automóvil, pero también en alimentación, vestido y cultura en general. Región enorme salpicada por pequeños poblados distribuidos en vastas áreas cerealeras y ganaderas aisladas que se caracterizan por agricultura de riego, altamente tecnificada y de elevados rendimientos en un clima que va de semi-seco a desértico. En cambio, en el sureste mexicano, rico en caudalosos ríos y elevada precipitación pluvial, la población se distribuye en múltiples poblados pequeños y ciudades medias que no han crecido -salvo en la llamada Riviera Maya- al ritmo de las del resto del país, debido a la tradicional emigración hacia las grandes ciudades del centro y norte del país o hacia los Estados Unidos.

La explotación de la madera y el desmonte para introducir cultivos y ganadería, siguiendo la errática política agropecuaria del país, ha reducido el capital natural drásticamente y con ello el futuro promisorio de ecosistemas saludables.

Una estimación de la población que habita zonas físicamente vulnerables, o “expuesta a riesgos de origen natural” se encuentra en Anzaldo et al. (2008:137-8). Los autores dan cuenta de que en 2005 más de 25 millones de habitantes se ubicaban en zonas de más alta sismicidad; que cerca de 36 millones de pobladores en municipios costeros propicios a sufrir las consecuencias de

ciclones tropicales se ven expuestos a la influencia de estos fenómenos y que uno de cada tres mexicanos residía en zonas sujetas a inundaciones. Por otra parte, que si bien la población en zonas de sequía era de 42 millones, poco más de 11 millones se encontraban en zonas de sequía extrema en regiones desérticas y semidesérticas del país. Y finalmente, que casi la mitad de la población, en un total de 883 municipios en zonas de heladas, se ve expuesta al impacto de este fenómeno en los sistemas productivos agropecuarios y a enfermedades respiratorias que afectan a aquellos grupos en condiciones precarias de vida.

No se concluye, necesariamente, que toda la población del país es susceptible de convertirse en desplazado ambiental o decidirá migrar para mejorar su calidad de vida. Más bien, el propósito debería ser informar sobre la necesidad de responder al cambio climático a partir de iniciativas conjuntas (entre sociedad y gobierno) para reducir la vulnerabilidad y adaptarse a tales cambios (procesos y eventos más frecuentes y más intensos). Incluso, habría quizá que considerar modificar el índice de marginación de Conapo que se calcula ahora sin tomar en cuenta la exposición de la población a riesgos ambientales. No se entiende aún claramente el impacto que tendrán en las grandes ciudades los cambios que afectarán las regiones agrícolas del país, pero tampoco los efectos inducidos en el campo por cambios en el consumo urbano ante el cambio climático (Sánchez-Rodríguez et.al., 2005). En fin, no hay certidumbre de los cambios sociales y en la propia dinámica demográfica que podrían derivarse de rebasar las expectativas de las 450 ppm de CO<sub>2</sub> y sus efectos en la elevación de la temperatura superficial media global en más de 2°C. (IPCC, 2007; Stern, 2007)

En términos positivos, ¿cuántos de los cerca de cinco millones de migrantes mexicanos hacia los Estados Unidos, que según informa Santibáñez (2004:6) viven en ese país de manera “no autorizada”, o de los más de cuatrocientos mil anuales que se van a vivir o trabajar al país vecino, entran en la categoría de migrantes ambientales? De los diez factores que enumera ese autor para explicar el fenómeno en su manifestación más reciente, al menos dos pueden servir como parte de una respuesta: “[...] el incremento de grupos vulnerables (mujeres, niños, indígenas, etc.)... [Y] la presión demográfica derivada del proceso de transición de México que ha propiciado que un mayor número de jóvenes que buscan empleo emigren ya que no lo encuentran en su país de origen.”

En el caso de los 3.6 millones de mexicanos que entre 1995 y 2000 trasladaron su residencia entre un estado y otro (Anzaldo, et.al., 2008:130) o bien los 3 millones más que se movieron de un municipio a otro dentro de una misma entidad (Corona, 2004:13), que incluyen a los que en el ámbito metropolitano lo hicieron como ajuste residencial (Graizbord y González, 2009) ¿cuántos de ellos lo hicieron por motivos ambientales o para mejorar su “calidad de vida”?

No es fácil determinar la proporción de desplazados forzados sobre la migración preventiva o que elige voluntariamente un entorno “mejor” que aquel en el que reside, es decir, decide mejorar su “calidad de vida”, independiente de cómo la defina explícita o implícitamente (Izazola, 1997). Pero tampoco saber a ciencia cierta el número o proporción de estos últimos. La información disponible es la que apuntamos antes. Con esa base, si dejamos fuera de nuestras estimaciones las razones relacionadas con búsqueda o cambio de trabajo, reunirse con familiares, casamiento o estudiar, y sólo contabilizamos aquellos que responden a motivos de salud, de violencia o inseguridad y otros, podríamos tener una idea mínima de la población migrante que cambió su residencia como respuesta al deterioro de su calidad de vida y de las condiciones de su entorno. Recurrimos al Cuestionario Ampliado aplicado a la muestra de 10 por ciento del XII Censo de Población y Vivienda de 2000 para contabilizar personas de 5 años cumplidos y más que manifestaron haber dejado de vivir en una entidad por motivos de salud, por violencia o inseguridad o por otra causa y agregamos los datos por regiones centro, sur y norte.

De esta población migrante captada en el destino en 2000 que se movió entre entidades federativas durante 1995 y ese año, 19 por ciento del total declaró haber abandonado el lugar de residencia anterior por los motivos arriba señalados.

Lo hizo por motivos de salud 1.9 por ciento; por violencia e inseguridad, 1.9 por ciento; y por otros motivos, que no fueron búsqueda o cambio de trabajo, reunirse con familiares, casamiento o estudiar, 14.1 por ciento. Un porcentaje demasiado elevado del total de migrantes en el quinquenio, de poco más de 30 por ciento, no supo o no quiso responder.

Al agrupar entidades en tres grandes regiones (sur, norte, centro) las proporciones varían tanto en el total como en los tres motivos que nos interesan. Así, los porcentajes

totales fueron 12.5, 8.9, y 23.3 por ciento, respectivamente. Pero los motivos de salud representan 2.2 por ciento tanto en la región sur como en la centro y sólo 1 por ciento en la norte. Por motivos de violencia o inseguridad 2.4 por ciento en la región centro, 1.9 por ciento en la sur y menos de 1 por ciento en la norte.

Declaró otros motivos 18.6 por ciento en la región centro, 8.5 por ciento en la sur y sólo 6.9 por ciento en la norte. No sabemos con certeza qué condiciones de salud, el carácter de la violencia y la inseguridad, o bien los otros motivos que imperan en las entidades que forman cada una de estas grandes regiones. Podemos, sin embargo, pensar que son importantes las condiciones de salud por pobreza en las entidades de la región sur, las enfermedades crónicas-degenerativas, envejecimiento, o bien factores directamente relacionados con la calidad del aire en el centro y en particular en la ciudad de México, mientras que en la norte no parece ser este motivo muy relevante para decidir migrar.

La violencia e inseguridad en la región centro es el motivo que refleja las condiciones que imperan en la zona metropolitana de la ciudad de México. También es probable que aquí se den otros motivos suficientes que hacen abandonar este entorno a un porcentaje relativamente elevado de población migrante si lo comparamos con las otras dos regiones. No cabe duda de la imperiosa necesidad de emprender estudios detallados del fenómeno, pues como señalamos al principio, la población irá reconociendo con mayor claridad razones ambientales para sus decisiones migratorias, incluso antes de verse forzada a convertirse en desplazada ambiental.

## Referencias bibliográficas

- Anzaldo, C., et. al., 2008, "Migración interna, distribución territorial de la población y desarrollo sustentable" en Consejo Nacional de Población, *La situación demográfica de México 2008*, México: Conapo, pp.129-141.
- Brookfield, H., 1975, *Interdependent Development*, London: Methuen.
- Brown, O., 2008, *Migration and Climate Change*, IOM Migration Research Series 31, Switzerland: International Organization for Migration.
- Corona, Rodolfo, 2004, "Cada vez más emigrantes", *Demos, Carta demográfica sobre México 2003-2004*: 11-13.
- Elster, J., 1992, *Local Justice: How Institutions Allocate Scarce Goods and Necessary Burdens*, New York: Rusell Sage Fundation.
- Geyer H.S. y T. Kontuly, 1993, "A Theoretical Foundation for the Concept of Differential Urbanization", *International Regional Science Review*, 15(2): 157-177.
- Graizbord, B., 2005, "A propósito de *Katrina* y de *Stan*: ¿desastres naturales o cambio climático?", *Boletín editorial* 117, El Colegio de México, septiembre-octubre, pp. 19-30. (2004); "El uso del suelo sin regulación y control", *Demos, Carta demográfica sobre México 2003-2004*: 34-35 y R. González (2009), *Desajuste residencial, vivienda y empleo en la periferia de la ZMCM* (en prensa) y C. León (2002), "Cambios regionales en la geografía mexicana", en Soledad Loeza (coord.), *El Siglo XX Mexicano, Gran Historia de México Ilustrada*, (Tomo V), Planeta, pp. 201-220.
- Hardin, G., 1998, "Living on a lifeboat" en John A. Baden y Douglas S. Noonan (Eds.), *Managing the Commons*, Indiana University Press.
- Harvey, D., 1973, *Social justice and the city*, London: Arnold.
- IPCC, 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- Izazola, H., 1997, "Algunas consideraciones en torno al estudio de la dimensión ambiental de la migración", *Economía, Sociedad y Territorio* 1 (1):111-136.
- Myers, N., 2005, "Environmental refugees: An emergent security issue", 13th Economic Forum, Prague.
- Offer, A., 2006, *The Challenge of Affluence*, Oxford: Oxford University Press.
- Roemer, J., 2008, "The ethics of distribution in a warming planet", conferencia dictada en El Colegio de México el 15 de diciembre (mimeo).
- Sánchez-Rodríguez, R., et. al., 2005, *Science Plan. Urbanization and Global Environmental Change*, Bonn, Germany: International Human Dimensions Program (IHDP), Report No. 15.
- Santibáñez, J., 2004, "De no tener política a aceptar su importancia", *Demos, Carta demográfica sobre México 2003-2004*: 9-10.
- Sotelo, E., 2009, *Análisis de la relación entre acceso al agua y pobreza*, Protocolo de investigación para tesis de doctorado, El Colegio de México.
- Stern, N., 2007, *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Great Britain: Cambridge University Press.

## 2.3 El cambio climático y la salud humana

**Mtra. Ana Rosa Moreno**, investigadora del Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México.

A través de los años las sociedades humanas han alterado los ecosistemas locales y modificado los climas regionales, pero actualmente, nuestros impactos han alcanzado ya una escala global debido al rápido incremento de la población, los altos consumos de energía, la intensidad en el uso del suelo, el comercio y los viajes internacionales, entre otras muchas actividades.

Históricamente, la mayoría de los problemas de salud han estado relacionados con el contexto local. Los impactos del hombre en el ambiente han sido la contaminación del aire en las zonas urbanas e industriales, la contaminación química de los ríos y demás cuerpos de agua, la generación de residuos, la deforestación y el agotamiento de los recursos naturales. A estos riesgos locales ahora se agregan aquellos debidos a cambios en algunos de los grandes sistemas biofísicos y ecológicos y por tanto, son problemas de salud adicionales y en gran escala.

Hemos alterado las condiciones de la vida en la Tierra. Estamos agotando o alterando muchos de los sistemas geofísicos y ecológicos que nos proveen soporte de vida tales como los “bienes y servicios” de la naturaleza. El clima tropical, la poca seguridad del agua y alimentos, el estatus socioeconómico bajo y la inestabilidad política, definen a las regiones que podrían ser más vulnerables a los efectos del cambio climático. Muchos países latinoamericanos tienen en común esas condiciones.

Los cambios ambientales anteriormente señalados están ligados a la salud humana, ya sea de manera directa a través de los efectos físicos de los extremos climáticos, e indirectamente a través de las influencias de los niveles de contaminación del aire, en los sistemas agrícolas, marinos y de agua dulce que proporcionan alimento y agua, y en los vectores y microorganismos patógenos que causan enfermedades infecciosas en una gran parte de la población mundial.

La Organización Mundial de la Salud y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático de Naciones Unidas han hecho un análisis en donde señalan que el cambio climático es responsable de un gran número de personas con diversas enfermedades, además de muertes prematuras. En general incrementa el número de personas que sufren de enfermedades y lesiones debido a ondas de calor, inundaciones, tormentas, deslaves, fuegos y sequías; también se incrementa la carga de enfermedades diarreicas y la frecuencia de enfermedades cardiorrespiratorias debido a las concentraciones de ozono.

Se altera también la distribución de algunas enfermedades transmitidas por vectores en donde la lluvia es el factor limitante como el paludismo o el dengue; el efecto de algunas especies de polen que producen alergias, y de forma muy importante, se menciona el riesgo de muertes ante ondas de calor, en particular en personas ancianas. Además, los cambios en el clima influyen en enfermedades relacionadas con los alimentos y el agua, y puede tener efectos de baja en la producción de alimentos, en la calidad y en la cantidad del agua.

Algunas zonas urbanas, como la ciudad de México, sufren de una pobre calidad del aire debido a los patrones climáticos que influyen en la química atmosférica y por ende en los contaminantes, además de que la topografía disminuye la posibilidad de su dispersión, lo que finalmente repercute en la salud de la población. Los efectos de la calidad del aire son tema de gran interés y preocupación pues el aumento en la temperatura puede agravar la contaminación por ozono. Este contaminante se ha asociado con un incremento en las admisiones hospitalarias por infecciones respiratorias de vías bajas y el asma en niños.

En algunas costas del Golfo de México se ha asociado el incremento en la temperatura de la superficie marina, la temperatura mínima y la precipitación con un incremento en los ciclos de transmisión de dengue. También se ha reportado una relación positiva y significativa entre la temperatura y la mortalidad por golpe de calor en los estados de Sonora y Baja California.

En el caso de la costa mexicana, la alta densidad poblacional en regiones con costas bajas permite que los individuos vulnerables experimenten una alta carga de

enfermedad debido a eventos extremos en asentamientos ubicados en la zona costera; estos problemas de salud impactan no sólo por muertes, lesiones, enfermedades transmisibles y salud mental a corto plazo, sino que también hay repercusiones en salud a largo plazo por daños en vivienda, infraestructura urbana y de servicios, abastecimiento de agua y alimentos, entre otras.

Durante y después de fenómenos como huracanes, ciclones, tsunamis, entre otros, se reduce significativamente la capacidad de respuesta de las instituciones sanitarias y de la población civil afectada para enfrentar la contingencia. Por ejemplo, los fenómenos hidrometeorológicos de los años 1998, 2003, 2005 y 2007 ocurridos en las regiones Altos, Sierra, Costa y Soconusco en Chiapas han demostrado que el daño ambiental, sanitario, económico, cultural y social está latente entre los diferentes grupos de asentamientos humanos de muchas zonas rurales del país.

El grado de impacto varía en función del tiempo, de la zona geográfica y de la propia vulnerabilidad de la zona afectada (debido a la degradación ambiental); en zonas con falta de infraestructura pública básica, incluyendo saneamiento e higiene, el resultado dependerá de factores no climáticos, que incluyen controles ambientales, sistemas de salud pública y de la disponibilidad y del uso de medicamentos y vacunas.

Los eventos hidrometeorológicos se prevén más frecuentes e intensos por lo que se requiere de un conocimiento más completo de los riesgos, la vulnerabilidad y las capacidades de respuesta civil y sanitaria en los momentos críticos de un evento catastrófico, y de forma predictiva con base en los escenarios de cambio climático para las diversas zonas de México.

Un primer paso para diseñar estrategias efectivas de adaptación y salud sería establecer claramente la importancia del cambio climático, puesto que éste incrementará las presiones sobre las actividades relacionadas con el control de enfermedades en muchas partes del mundo.

Con el fin de proteger a las personas de impactos futuros en la salud es necesario identificar y diferenciar las poblaciones más vulnerables ante las variaciones del clima, ya sea por grupos demográficos (niños pequeños, mujeres, ancianos); por medios de subsistencia (los pobres de las zonas urbanas, indígenas) y por disponibilidad de recursos como agua, alimentos y servicios de salud.

Las medidas de adaptación van más allá del sector salud y la mayoría están relacionadas con la preparación para enfrentar eventos extremos y enfermedades infecciosas. Otras medidas se enfocan en el diseño e implementación de sistemas de alerta, en particular para extremos de temperatura, así como la predicción de enfermedades infecciosas a partir de la estación del año y los niveles de precipitación esperados. Reforzar la atención primaria de salud, la educación en salud y la comunicación de riesgos, son otras medidas importantes a considerar.

Es esencial la colaboración y la coordinación intersectorial entre las diversas secretarías (incluyendo Educación, Salud, Medio Ambiente, Agricultura y Finanzas) para atender de forma especial las necesidades y la vulnerabilidad de todos los grupos humanos, en especial niños, mujeres e indígenas. Por consiguiente es importante destacar la necesidad del trabajo intersectorial, multidisciplinario e integral, dado que muchas políticas que se toman en otros sectores (agua, agricultura, manejo de recursos naturales) tendrán un impacto directo o indirecto en la salud de la población.

La participación enfocada en actividades de género, que incluya la administración del agua y energía, educación ambiental, seguridad alimentaria, reducción del riesgo por desastres, entre otros, creará oportunidades económicas, reducirá la vulnerabilidad y empoderarán a poblaciones más marginadas para crear una sociedad sustentable.

Para enfrentar el cambio climático son fundamentales las asociaciones. La complejidad de este fenómeno es tal que resulta imposible que una sola institución se haga cargo de ella. Es necesaria la cooperación entre gobierno, sociedad civil, organizaciones internacionales, donadores, sector privado, académico y a nivel individual para reducir y mitigar el riesgo a todos los niveles. Es fundamental tener claridad respecto a las poblaciones vulnerables y la seguridad nacional pues serían éstas las mayores víctimas de los impactos del cambio climático. Al mismo tiempo, son poderosos protagonistas para cambiar y contribuir significativamente al esfuerzo colectivo de mitigar el cambio climático y sus efectos.

Finalmente, es muy importante considerar la concientización ciudadana, el buen uso de los recursos locales, una gobernanza adecuada entre el sector de salud y otros sectores como el energético, el ambiental y el financiero, además de la participación comunitaria.

## 2.4 Recursos hídricos y cambio climático

**Dr. Gerardo Sánchez Torres Esqueda**, profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller”, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Recientemente, el IPCC publicó un documento, editado por Bates et al., (2008), sobre cambio climático y agua, en el cual se confirma lo que otros investigadores ya habían concluido anteriormente sobre el impacto que el cambio climático va a tener sobre los recursos hídricos del planeta.

Entre las conclusiones más importantes de Bates et al. (2008) destaca el hecho de que el calentamiento global observado en décadas recientes está ligado a cambios a gran escala en el ciclo hidrológico en aspectos relacionados con el contenido de vapor en la atmósfera, cambios en los patrones de precipitación, intensidad de lluvia y tormentas extraordinarias, reducción de las capas de nieve, derretimiento de glaciares y cambios en la humedad del suelo y en los procesos de escurrimiento.

Bates et al. (2008) concluyen que durante el siglo XX se observó que la precipitación aumentó en regiones ubicadas en latitudes altas en el hemisferio norte y que la precipitación disminuyó en regiones ubicadas entre los paralelos 30°N y 10°S. Por otra parte, las proyecciones de precipitación para el siglo XXI por los modelos de cambio climático son consistentes con el aumento de precipitación en las zonas de alta latitud norte y la disminución de precipitación en las zonas tropicales y subtropicales del planeta. México está ubicado precisamente en la región tropical y subtropical del hemisferio norte, en donde se espera que las precipitaciones disminuyan durante el siglo XXI.

En ese mismo documento se menciona que para mediados del siglo XXI los modelos de cambio climático proyectan que el escurrimiento medio anual y la disponibilidad de agua aumentarán, como resultado del cambio climático, en esas mismas latitudes altas del hemisferio norte y en algunas regiones tropicales húmedas, pero a la vez esos mismos parámetros disminuirán en regiones secas ubicadas en latitudes medias y en zonas tropicales secas. De nueva cuenta, buena parte del territorio de México queda comprendido en esas regiones secas, en donde se espera una disminución del escurrimiento medio anual y de la disponibilidad de agua.

Además, el hecho de que la intensidad y variabilidad de la precipitación aumenten en algunas regiones del planeta, tendrá por resultado un mayor riesgo de inundaciones en algunos casos, y en otros, un mayor riesgo de sequías, especialmente en las zonas subtropicales. Los eventos extremos de precipitación y sequía se espera se presenten con una mayor frecuencia.

Los volúmenes de agua almacenados en glaciares y capas de nieve en diferentes cordilleras del mundo tenderán a disminuir, reduciendo con ello la disponibilidad de agua durante los veranos en algunas regiones del planeta que dependen del derretimiento de nieve para su suministro de agua. Estos cambios tendrán un impacto en el régimen de escurrimientos de corrientes montañosas, disminuyendo los escurrimientos medios y bajos de esas corrientes e impactando directamente a los ecosistemas de regiones montañosas, en donde vive aproximadamente un sexto de la población mundial (Bates et al., 2008).

El aumento en la temperatura media del planeta tendrá otro impacto que será el incremento de la temperatura del agua y los cambios que ésta experimentará durante eventos extremos de inundaciones y sequías, y a la vez, las consecuencias que estos cambios puedan tener en la calidad del agua. El agua en ríos podrá experimentar cambios en los procesos de transporte de sedimentos, nutrientes, carbón orgánico disuelto, patógenos, pesticidas y contaminación térmica, lo cual podrá tener un impacto negativo en los ecosistemas, en la salud pública y en la confiabilidad y operación de sistemas de suministro de agua para diferentes usos. Además, si se toma en cuenta el incremento proyectado del nivel medio del mar, eso traerá como consecuencia un mayor impacto de la cuña de intrusión salina en estuarios y acuíferos costeros, disminuyendo con ello la disponibilidad de agua dulce en ecosistemas y comunidades en zonas costeras.

Otra conclusión importante de Bates et al. (2008) es que, en términos globales, los impactos negativos del cambio climático proyectado en los sistemas de manejo de recursos hídricos serán mayores que los beneficios que dicho cambio climático pueda traer. Para el año 2050, las regiones del planeta sometidas a un mayor estrés hídrico serán más del doble de las regiones que experimenten una disminución de estrés hídrico. Regiones del planeta en donde se proyecta una disminución de los escurrimientos superficiales es claro que van a encarar una disminución en el valor de los servicios provistos por los recursos hídricos de esas regiones, mientras que las regiones en

donde se incrementen los escurrimientos superficiales es muy probable que incrementen su capacidad de suministro de agua, y con ello el valor provisto por esos recursos hídricos. Sin embargo, esos beneficios serán contrarrestados por los impactos negativos en el incremento de la variabilidad de la precipitación y los cambios estacionales en escurrimientos superficiales y los impactos que estos cambios puedan tener en el suministro de agua, calidad del agua y riesgo de inundaciones.

Además, se esperan cambios en la cantidad y calidad del agua debidos al cambio climático que tendrán un impacto negativo en la producción, disponibilidad, acceso y utilización de alimentos y eso conducirá a una disminución de la seguridad alimentaria y a una mayor vulnerabilidad de los sectores sociales más pobres, tanto en zonas rurales como en zonas urbanas. Esta problemática se estima que será más grave en las zonas tropicales áridas y semiáridas de Asia y África.

Otras conclusiones que documentan Bates et al. (2008), no menos importantes que las anteriores pero que por limitaciones de espacio sólo se mencionan, son las siguientes:

- El cambio climático afectará las funciones y operaciones de la infraestructura hidráulica existente, como es el caso de plantas hidroeléctricas, obras de defensa contra inundaciones, sistemas de drenaje, sistemas de riego y prácticas actuales de manejo de recursos hídricos.
- Las prácticas actuales de manejo de recursos hídricos pueden no ser lo suficientemente robustas para hacer frente a los impactos del cambio climático.
- El cambio climático representa un reto a la consideración típica en el campo de la hidrología de que la experiencia hidrológica pasada representa una buena guía de las condiciones hidrológicas que se pueden presentar en el futuro.
- Las opciones viables de adaptación al cambio climático requerirán de la aplicación de estrategias de manejo integral de recursos hídricos que incluyan los sistemas socio-económicos, ambientales y administrativos de las regiones en donde se propongan aplicar dichas medidas de adaptación.
- Las medidas de mitigación pueden reducir el impacto del cambio climático en los recursos hídricos y esto puede reducir las medidas de adaptación; sin embargo,

esto puede tener efectos colaterales negativos como el incremento en la demanda de agua para actividades de reforestación o para la producción de biocombustibles.

- Las políticas que se apliquen para el manejo de los recursos hídricos, en el contexto de cambio climático, tendrán un impacto en otras áreas del campo de políticas públicas. Por lo tanto, las medidas de adaptación al cambio climático deberán diseñarse tomando en cuenta estrategias dirigidas a lograr un desarrollo económico sustentable, una conservación del medio ambiente y un mejoramiento de la salud pública.
- Para enfrentar los retos del cambio climático y sus impactos en los recursos hídricos será necesario invertir fondos suficientes en la formación de recursos humanos, investigación y equipamiento para el monitoreo de variables climatológicas e hidrológicas que eliminen los rezagos que actualmente se tienen en el conocimiento y modelación del cambio climático a nivel nacional y global.

#### 2.4.1 Condiciones actuales y futuras de los recursos hídricos en México

Con base en estudios realizados y estadísticas compiladas por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2007), se presenta un resumen de la situación actual de la disponibilidad del agua en las trece regiones hidrológico-administrativas de la CNA (gráfico 2.7 y gráfico 2.8). En la columna 2 del último gráfico se muestra la precipitación media anual registrada en el período 1941-2000 en las trece regiones hidrológico-administrativas. Si esa lámina de lluvia se multiplicara por el área de cada región se obtendría el volumen total de agua precipitada en cada una. Si a ese volumen se le resta el volumen total de abstracciones (evaporación, interceptación y evapotranspiración), se obtiene el volumen de disponibilidad natural media anual de agua que se muestra en la columna 3.

El volumen anual de agua mostrado en la columna 3 representa el volumen de agua renovable, en promedio, resultante del ciclo hidrológico en cada región hidrológico-administrativa del país. En el momento en que se desarrolla el proceso lluvia-escurrimiento, ese volumen de la columna 3 se divide en el volumen de escurrimiento superficial medio anual (columna 4) y el volumen medio anual de recarga de acuíferos (columna 5). En la columna 6 se muestra la población, a diciembre de 2006, que vivía en cada región hidro-

lógico-administrativa de la CNA. Si se divide el volumen de disponibilidad natural media anual de agua (columna 3) entre el número de habitantes en cada región (columna 6), se obtiene el volumen de disponibilidad media anual de agua per cápita en cada región hidrológico-administrativa en el país (columna 7).



**Gráfico 2.7** Regiones hidrológico-administrativas de la Comisión Nacional del Agua.

Fuente: CNA, 2007.

(1) Región Hidrológico- Administrativa	(2) Precipitación media anual (mm)	(3) Disp. Natural media (Mm3/Año)	(4) Esc. Superf. medio (Mm3/Año)	(5) Recarga de acuífe- ros (Mm3/Año)	(6) Población a Dic. 2006 (Mill. Habit.)	(7) Disp. media per cápita (m3/hab/año)
I Península de B.C.	202.1	4,600	3,367	1,233	3.48	1,321
II Noroeste	462.8	7,944	5,074	2,870	2.55	3,116
III Pacífico Norte	754.0	25,681	22,487	3,194	3.96	6,489
IV Balsas	959.3	21,277	17,057	4,220	10.49	2,029
V Pacífico Sur	1,278.6	32,496	30,800	1,696	4.10	7,928
VI Río Bravo	416.4	11,938	6,857	5,081	10.56	1,131
VII C. C. del Norte	394.3	8,394	6,097	2,297	4.09	2,055
VIII Lerma-Santiago- Pacífico	849.6	34,003	26,437	7,566	20.44	1,663
IX Golfo Norte	815.6	25,619	24,227	1,392	4.93	5,201
X Golfo Centro	1,889.9	102,779	98,930	3,849	9.55	10,764
XI Frontera Sur	2,300.8	157,754	139,739	18,015	6.45	24,450
XII Pen. de Yucatán	1,171.2	29,645	4,329	25,316	3.83	7,750
XIII Aguas del Valle de Méx	737.1	3,009	1,174	1,835	20.92	144
<b>Nacional</b>	<b>771.8</b>	<b>465,137</b>	<b>386,573</b>	<b>78,564</b>	<b>105.33</b>	<b>4,416</b>

**Gráfico 2.8** Disponibilidad media de agua en México.

Fuente: CNA (2007).

El parámetro mostrado en la columna 7 del gráfico 2.8 es un indicador muy importante de la situación que guarda una región en materia de disponibilidad y/o escasez de agua. Gardner y Engelman (1997) concluyen que una región, o un país, en donde se tenga una disponibilidad media anual per cápita de agua igual o menor a 1,700 m<sup>3</sup>/habitante/año experimentará problemas intermitentes de escasez de agua, y cuando ese parámetro es menor a 1,000 m<sup>3</sup>/habitante/año se experimentarán problemas crónicos de escasez de agua que limitarán el desarrollo socio-económico de esa región o país.

Revisando los valores mostrados en la columna 7 del gráfico 2.8 se puede concluir que varias regiones del país ya experimentan problemas intermitentes de escasez de agua tales como: la Región I (Península de Baja California), la Región VI (Río Bravo) y la Región VIII (Lerma-Santiago-Pacífico). Y el caso extremo de la Región XIII

(Aguas del Valle de México), en donde, según la disponibilidad natural media de agua y la población que vive en esa región, se tienen problemas severos de escasez de agua, tales como los que están padeciendo actualmente algunos sectores de la ciudad de México.

Si a esta problemática se le agrega el impacto que el cambio climático puede tener en la disminución de la precipitación en México, lo cual a la vez tendría un impacto negativo en la disponibilidad natural media de agua, en el volumen de escurrimiento superficial medio anual y en la recarga media anual de acuíferos; todo esto daría por resultado que más regiones hidrológico-administrativas empezarían a tener problemas intermitentes de escasez de agua, y el caso extremo del Valle de México, el problema podría llegar a ser insostenible.

## 2.4.2 Comentarios finales

El gobierno y la sociedad civil de México tendrán que trabajar en varios frentes y en forma simultánea para hacer frente a la crisis de agua que ya se está padeciendo en algunas regiones del país, y que todo parece indicar, el fenómeno del cambio climático tenderá a agudizar aún más.

Las regiones que ya experimentan problemas de escasez de agua tendrán que replantear seriamente el modelo de desarrollo económico que están aplicando actualmente, para no enfrentar una crisis en el futuro que puede hacer colapsar los sistemas socio-económicos y ambientales de esas regiones bajo condiciones de estrés hídrico. Se tendrá que limitar el crecimiento de la población en esas regiones, o bien, crear las condiciones para incentivar la reubicación de la población en regiones que cuenten todavía con los recursos hídricos suficientes para brindar los estándares mínimos de bienestar social. Esto implica que un mayor número de gente tendrá que reubicarse en las regiones costeras y sureste de México.

Se tendrá que trabajar en el desarrollo de plantas desalinizadoras de agua, principalmente en costas, que aseguren el suministro confiable de agua potable y que a la vez sean amigables con el medio ambiente. Para lograr esto, la población tendrá que aceptar que el agua tiene un valor social y económico importante y deberá pagar el costo real por el servicio de suministro de agua potable y saneamiento.

Los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento no deberán privatizarse, pero sí deberán ser autónomos, desligados de intereses políticos de parte de los tres niveles de gobierno y deberán manejarse con criterios de sustentabilidad, eficiencia, efectividad y equidad en sus procesos de diseño, construcción y operación de sistemas de agua.

Se deberá rehabilitar toda la infraestructura hidráulica de agua potable y saneamiento para reducir a estándares internacionales las pérdidas por fugas en las redes de distribución y en los sistemas de alcantarillado sanitario que generan problemas de contaminación de los acuíferos. Se deberá trabajar para alcanzar el 100 por ciento de tratamiento de aguas residuales e implementar programas de reutilización y conservación.

Se deberá rehabilitar toda la infraestructura hidráulica para riego y tecnificar esta práctica para hacer más eficiente el uso de agua y con ello disminuir el consumo y desperdicio que tiene ese sector, y asegurar la producción de alimentos.

El sector industrial tendrá que aplicar nuevas tecnologías para asegurar una reutilización total de sus aguas residuales dentro de sus procesos industriales.

Se deberán consolidar los Consejos de Cuenca en todo el país, dándoles la autonomía y herramientas que establece la ley para que los usuarios de agua, en coordinación con los tres niveles de gobierno, la sociedad civil y el sector académico se encarguen de la gestión integral de los recursos hídricos disponibles en cada región.

## Referencias bibliográficas

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds., 2008, "Climate Change and Water", Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.

Comisión Nacional del Agua, 2007, "Estadísticas del Agua en México. Edición 2007." Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.

Gardner-Outlaw, T. and R. Engelman, 1997, "Sustaining Water, Easing Scarcity: A Second Update.", Revised Data for the Population Action International Report, Sustaining Water: Population and the Future of Renewable Water Supplies, Population Action International-Population and Environment Program, Washington, D.C.

## 2.5 El cambio climático y la biodiversidad de México

**Dr. Jorge Soberón Mainero**, Investigador del Instituto de Biodiversidad de la Universidad de Kansas, Secretario Ejecutivo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 1992-2005, y asesor de dicha Comisión.

Hoy ya no cabe duda de que nuestro planeta está sufriendo cambios en la composición química de la atmósfera que: I) son inducidos por las actividades humanas, y II) son parcial o fundamentalmente la causa de alteraciones climáticas cuyos efectos se sienten ya y se irán incrementando durante el siglo presente (IPCC, 2008). Las economías y las sociedades humanas se verán afectadas tanto por los efectos directos de sequías, inundaciones, pérdida de línea de costa y similares, como indirectamente a través de los efectos mediados por el desplazamiento de los regímenes climáticos adecuados para la multitud de especies que las sociedades utilizan o que consideran perjudiciales.

El conjunto de componentes biológicos, estructuras y procesos que constituyen el total de las manifestaciones de la vida se llama biodiversidad (Noss, 1990) y el cambio climático va a incidir directamente sobre ella. Aquellas regiones del mundo que se preparen técnica, social y económicamente podrán adaptarse de manera menos dolorosa, y tal vez aprovechar los cambios que probablemente veremos acelerarse en el futuro cercano. En un país como México todos los sectores sociales tienen diferentes responsabilidades al respecto. En este capítulo describiré brevemente la forma en que los científicos estudian los efectos del cambio climático sobre diferentes componentes de la biodiversidad, enfatizando resultados conocidos y el estilo de capacidades científicas que México requerirá para realizar análisis prospectivos ante este reto de enormes proporciones.

### 2.5.1 La modelación de los cambios en la biodiversidad

Desde hace años se sabe que la vida se distribuye en el planeta de forma relacionada con los climas. Hace casi 2000 años, Ptolomeo, en su famosa Geografía, describió los cambios en la distribución de las especies asociados

con las temperaturas de diferentes latitudes. A principios del siglo XIX, Alexander von Humboldt (von Humboldt y Bonpland, 1805), en la Geografía de las plantas analizó cambios vegetacionales relacionados con la latitud y la altitud y gobernados por la temperatura y la precipitación. La asociación evidente, por lo menos a escalas gruesas, entre el clima y las especies que habitan una región es la base de las predicciones sobre biodiversidad y cambio climático. Hay varios métodos que permiten realizar predicciones al respecto.

En primer lugar, Holdridge (1947) propuso un esquema cuantitativo para dividir los tipos de vegetación sobre la base de valores de variables climáticas. El sistema de Holdridge permite predecir los grandes rasgos de la vegetación sobre la base de pocas variables fáciles de obtener. Es un sistema correlativo y estático que clasifica las comunidades sobre la base de precipitación, "biotemperatura", la razón de la evapotranspiración a la precipitación, y de pisos altitudinales y bandas latitudinales (Holdridge, 1947). Las distintas combinaciones generan "zonas de vida" que corresponden a los tipos de vegetación. Diferentes escenarios climáticos permiten entonces predecir la cobertura de las distintas zonas de vida.

En segundo lugar, en la actualidad se usan complicados modelos computacionales, llamados Modelos Dinámicos Globales de Vegetación (DGVM, en inglés) para modelar los grandes patrones de la vegetación mundial (Betts y Shugart, 2005). Este método intenta, sobre la base de primeros principios fisiológicos sobre respiración, acumulación de biomasa, características estructurales (tipo de hoja) y hábito (deciduo o perenne) de las plantas, construir "grupos funcionales" que son modelados a partir de parámetros físicos. Estos modelos son muy intensivos en recursos computacionales y requieren gran cantidad de datos para calibrarse. Sus resultados son en general más confiables que los del método correlativo de Holdridge (Yates et al., 2000).

En tercer lugar, existe una importante categoría de métodos basados en la modelación de las envolturas climáticas, también llamadas "nichos ecológicos" de especies individuales (Peterson, 2001). Este sistema obtiene, mediante una variedad de técnicas matemáticas, una estimación del nicho ecológico de una especie, el cual se puede proyectar geográficamente bajo el supuesto de escenarios climáticos diversos para obtener distribuciones potenciales. Suponiendo que las interacciones

interespecíficas fueran poco importantes a la escala en cuestión (Pearson y Dawson, 2003), se pueden superponer las predicciones de especies individuales para obtener una predicción sobre un grupo completo de especies (Thomas et al., 2004). El manejo de esta técnica en estudios de cambio climático requiere de una apreciación correcta de los supuestos, en particular de la importancia de las interacciones interespecíficas (Davis et al., 1998) y las potencialidades de movimientos de las especies (Svenning y Skov, 2004).

Asimismo, ambas técnicas dependen de la validez y la resolución de los modelos generales de circulación (GCM) que se usan para predecir el cambio climático (Raper y Giorgi, 2005; IPCC, 2008). Las predicciones de los modelos basados en extrapolaciones de nichos ecológicos, calculados a las muy bajas resoluciones (2.5o a 3.5o) características de los GCM, deben tomarse con precaución.

## 2.5.2 Estudios en México

Los estudios predictivos sobre efectos del cambio climático en la biodiversidad de nuestro país han sido realizados fundamentalmente utilizando el método de las zonas de vida de Holdridge (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 1998; Villers-Ruiz y Vázquez, 1998) y los métodos de modelación de nichos (Peterson et al., 2001; Peterson et al., 2002; Martínez-Meyer et al., 2004). Hasta este momento no se cuenta con estudios de alta resolución usando DGVMs, aunque existen estudios a nivel global, de muy baja resolución (Cramer et al., 2001) que sugieren una transición a ecosistemas áridos sabanoides para mucho de nuestro país.

En los más detallados análisis usando la metodología de formas de vida que Villers y Trejo (1997) aplican, no existe una total concordancia entre los resultados bajo diferentes modelos de cambio climático, ya que el modelo CCCM predice una disminución promedio del 7 por ciento en la precipitación anual, mientras que el modelo del GFDL predice un aumento en la precipitación del 20 por ciento. Tales diferencias subrayan la necesidad de usar los resultados de manera tentativa. Sin embargo, sí hay un acuerdo en que al menos un 40 por ciento de la superficie del país va a sufrir cambios climáticos que implican alteraciones en los tipos de vegetación dominantes. Se vuelve a reportar una tendencia a la desaparición de las condiciones climáticas favorables a los bosques

templados húmedos y lluviosos, así como un incremento de la superficie con climas asociados a ecosistemas áridos y desérticos. El bosque mesófilo de montaña, que es el ecosistema más rico en especies por unidad de área, desaparece totalmente en estos tres escenarios (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 1997).

En otro importante trabajo, Villers y Trejo (1998) analizan las implicaciones de estos resultados en el contexto del Sistema de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) de México. Su principal conclusión es que sólo 9 de 33 áreas naturales protegidas (ANP) analizadas van a mantener las zonas de vida actuales. Las ANP cubiertas con bosque tropical caducifolio y subcaducifolio se encontrarán en zonas de vida más secas y calientes, conducentes a matorrales espinosos. Ejemplos de esto son Chamela-Cuixmala, Manantlán y Yum-Balam. Asimismo, reservas desérticas como El Vizcaíno y El Pinacate sufrirán severos incrementos en temperatura promedio y evapotranspiración (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 1998). El patrón general de más alta temperatura y menor precipitación podrá influir en reservas de la importancia de El Triunfo, que mantiene poblaciones de especies altamente amenazadas, como el pavón (*Oreophasis derbianus*) y el quetzal (*Pharomachrus mocinno*) (Ceballos y Laura, 2000). Las reservas y zonas boscosas donde la mariposa monarca pasa el invierno se verán severamente afectadas con cambios climáticos asociados con bosques de encinos, en vez de los actuales bosques de oyamel.

La otra metodología que se ha usado para estudiar los efectos del cambio climático en la biodiversidad es el análisis, especie por especie de sus nichos climáticos [Grinnellian Niches, (Soberón, 2007)]. En un estudio reciente Peterson et al. (2002), utilizando las bases de datos desarrolladas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) obtuvieron modelos de nicho para 1,870 especies de México (1,179 aves, 416 mamíferos terrestres y 175 especies en las familias Papilionidae y Pieridae de las mariposas). El total de datos distribucionales representa 112,456 registros.

Suponiendo dos escenarios de cambio climático (HHGS-DX50, conservador y HHGGAX50, agresivo) y tres de capacidades de dispersión (capacidad universal, a cualquier zona con clima favorable, capacidad intermedia, solamente a zonas favorables contiguas, y capacidad cero de dispersión) se obtiene una panorámica global que es muy dependiente de las capacidades de dispersión.

Los escenarios con baja capacidad de dispersión sugieren un severo impacto en la distribución de las especies estudiadas, con 90 por ciento de las especies endémicas de México sufriendo reducciones en sus áreas de distribución de hasta 90 por ciento. En general habrá un reacomodo significativo de las regiones favorables para las distintas especies, lo cual puede llevar a la creación de comunidades biológicas nunca antes vistas por el hombre. La distribución espacial de estos cambios no es homogénea en México.

El estudio de Peterson et al. (2002) sugiere que las grandes planicies del centro de México sufrirán los principales efectos, mientras que las cadenas montañosas podrán actuar como refugios al permitir que muchas especies migren distancias pequeñas para mantenerse dentro de climas favorables. Hay especies de gran importancia para la conservación cuyo nicho climatológico prácticamente va a desaparecer del país. Tal es el caso del pavón (Peterson et al., 2001), cuya vegetación preferida, el bosque mesófilo de montaña aparece como particularmente vulnerable en todos los ejercicios examinados.

## Conclusiones

Una abrumadora evidencia sugiere que el planeta se encuentra a la entrada de un periodo de cambios en los patrones climáticos que van a afectar de manera significativa la composición, estructura y funcionamiento (esto es, la biodiversidad) de los ecosistemas de México. Para poder realizar análisis prospectivos se requiere recurrir a dos niveles de modelación, el primero utiliza los resultados de los modelos generales de circulación, que si bien mejoran continuamente gracias al incremento en la capacidad computacional y en el entendimiento del sistema climático global, aún deben de tomarse con precaución. El segundo nivel depende de supuestos y modelos sobre la relación entre especies o tipos de vegetación y el clima. En este segundo nivel, al igual que en el primero, la capacidad predictiva aumenta constantemente gracias a los avances teóricos, metodológicos y a la cantidad y calidad de los datos disponibles (Soberón y Peterson, 2004). Sin embargo en este nivel quedan dos grandes asignaturas pendientes: entender y modelar el papel de las interacciones biológicas y las capacidades dispersivas de las especies.

Habiendo reconocido estas limitaciones en nuestra capacidad predictiva, en los estudios con los que se cuenta existe un consenso respecto a que México, en promedio, sufrirá un aumento de temperatura y probablemente una disminución en la precipitación pluvial. Los resultados afectarán los ecosistemas y especies más asociados con climas frescos y húmedos. Se espera una generalizada reorganización de grandes biomas de México y los servicios ecosistémicos en grandes zonas del país se verán también afectados. Todo lo anterior tendrá probables serios efectos sociales y económicos, que hasta la fecha no han sido analizados.

Es urgente que estos temas se vuelvan prioritarios para los centros de investigación de México, para las agencias gubernamentales y para las fundaciones que proveen los fondos para realizar investigación. Algunos de estos temas son revisados en el informe *Capital Natural de México*<sup>1</sup>.

Finalmente, se debe enfatizar que la sociedad civil organizada puede jugar un papel vital en este tema, no solamente en labores de adaptación y mitigación, sino contribuyendo al monitoreo de los componentes de la biodiversidad a través de redes ciudadanas de observación de la naturaleza. Un ejemplo de esto es la red *AverAves*, en donde los observadores de aves pueden depositar sus resultados, para la realización de análisis basados en el colectivo de observaciones<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex.html>.

<sup>2</sup> [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/monitoreo\\_especies/doctos/averaves.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/monitoreo_especies/doctos/averaves.html).

## Referencias bibliográficas

- Betts, R. A., y H. H. Shugart, 2005, "Dynamic Ecosystem and Earth System Models" en T. E. Lovejoy, y L. Hannah, *Climate Change and Biodiversity*, Yale University Press, New Haven, CO.
- Ceballos, G., y M. V. Laura, 2000, *Las Aves de México en Peligro de Extinción*. Comisión Nacional de Biodiversidad, México.
- Cramer, W., A. Bondeau, F. I. Woodward, I. C. Prentice, R. A. Betts, V. Brovkin, P. M. Cox, V. Fisher, J. A. Foley, A. D. Friend, C. Kucharik, M. R. Lomas, N. Ramankutty, S. Sitch, B. Smith, A. White, y C. Young-Molling, 2001, "Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO<sub>2</sub> and climate change: results from six dynamic global vegetation models" en *Global Change Biology*, 7:357-373.
- Davis, A. J., L. S. Jenkinson, J. H. Lawton, B. Shorrocks, y S. Wood, 1998, "Making mistakes when predicting shifts in species range in response to global warming" en *Nature*, 391:783-786.
- Holdridge, L. R., 1947, "Determination of world plant formations from simple climatic data", en *Science* 105:367-368.
- Informe, 2008, *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Summary for Policymakers, R. K. Pachauri y A. Reisinger editores, IPCC, Switzerland, 104.
- Martínez-Meyer, E., A. T. Peterson, y W. Hargrove, 2004, "Ecological niches as stable distributional constraints on mammal species, with implications for Pleistocene extinctions and climate change projections for biodiversity" en *Global Ecology and Biogeography* 13:305-314.
- Noss, R. F., 1990, "Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach". *Conservation Biology* 4:355-364.
- Pearson, R. G., y T. P. Dawson, 2003, "Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimatic envelopes useful?" en *Global Ecology and Biogeography*, 12:361-371.
- Peterson, A. T., 2001, "Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling" en *Condor* 103:599-605.
- Peterson, A. T., M. A. Ortega-Huerta, J. Bartley, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón, R. H. Buddemeier, y D. R. B. Stockwell, 2002, "Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios" en *Nature* 416:626-629.
- Peterson, A. T., V. Sanchez-Cordero, J. Soberon, J. Bartley, R. W. Buddemeier, and A. G. Navarro-Siguenza, 2001, "Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae" en *Ecological Modelling* 144:21-30.
- Raper, S., and F. Giorgi, 2005, "Climate Change Projections and Models", en T. E. Lovejoy, and L. Hannah, editores, *Climate Change and Biodiversity*, 199-210 Yale University Press, New Haven, Connecticut.
- Soberón, J., 2007, "Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species". *Ecology Letters* 10:1115-1123.
- Soberón, J., and A. T. Peterson, 2004, "Biodiversity informatics: managing and applying primary biodiversity data", *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 35:689-698.
- Svenning, J.-C., y F. Skov, 2004, "Limited filling of the potential range in European tree species". *Ecology Letters* 7:565-573.
- Thomas, C. D., A. Cameron, R. E. Green, M. Bakkenes, L. J. Beaumont, Y. C. Collingham, B. F. N. Erasmus, M. Ferreira de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. S. Van Jaarsveld, G. E. Midgely, L. Miles, M. A. Ortega-Huerta, A. T. Peterson, O. L. Phillips, y S. E. Williams, 2004, "Extinction risk from climate change" en *Nature* 427:145-148.
- Villers-Ruiz, L., and I. Trejo-Vázquez, 1997, "Assessment of the vulnerability of forest ecosystems to climate change in Mexico", *Climate Research* 9:87-93.
- Villers-Ruiz, L., and I. Trejo-Vázquez, 1998, "Climate change on Mexican forests and natural protected areas", *Global Environmental Change* 8:141-157.
- Villers-Ruiz, L., and I. T. Vázquez, 1998, "Impacto del cambio climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México" en *Interciencia* 23:10.
- Von Humboldt, A., and A. Bonpland, 1805, *Essay on the Geography of Plants*, University of Chicago Press, Chicago.
- Yates, D. N., T. G. Kittel, and R. Figge Cannon, 2000, "Comparing the correlative Holdridge model to mechanistic biogeographical models for assessing vegetation distribution response to climatic change", *Climatic Change*, 44:59-87.

## 2.6 Impactos urbanos: ondas de calor en tres ciudades de México

**Dr. Adalberto Tejeda Martínez y Dra. Nadia Itzel Castillo**, Grupo de Climatología Aplicada de la Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas de la Universidad Veracruzana; Dr. Rafael O. García-Cueto, Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.

Las ondas de calor son periodos de un tiempo caluroso inusual, el cual es responsable de cifras altas de morbilidad y mortalidad, principalmente por deficiencias cardiovasculares. Se trata de un "... periodo el cual se singulariza por la presencia de varios días seguidos con valores térmicos elevados..."<sup>1</sup>; es decir "... días consecutivos con temperaturas máximas superiores a un nivel de umbral, definido en referencia a el valor medio de la temperatura máxima diaria..."<sup>2</sup>.

La Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés) no ha definido totalmente este término, cuyo significado varía en sus características e impacto en cada región o localidad<sup>3</sup>. De acuerdo con el cuarto reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007<sup>4</sup>), las frecuencias de días cálidos, noches cálidas y ondas de calor se han incrementado en los pasados 50 años, mientras que la tasa de calentamiento ha sido de  $0.13^{\circ}\text{C} \pm 0.03^{\circ}\text{C}$  por cada 10 años.

Dada la diversidad de definiciones y conceptos de ondas de calor, en esta revisión se contrastan los criterios y resultados de varias partes del mundo, pero se enfatiza en los casos de las ciudades de México (clima templado), Veracruz (clima cálido húmedo) y Mexicali (clima seco extremo). Para estas tres ciudades se observa que las olas de calor se han intensificado en años recientes y es previsible que se intensifiquen aún más conforme se vaya acentuando el incremento de la temperatura asociado con el cambio climático global. Por tanto, es oportuno vislumbrar estos tres ejemplos, como inicio de un trabajo más amplio que deberá hacerse para las principales zonas conurbadas del país.

Una primera dificultad consiste en que debe establecerse una definición de onda de calor para cada sitio en particular. Temperaturas por arriba del percentil noventa o bien por encima de una temperatura específica para

cada sitio de interés, son dos de los enfoques más usados. Por su parte, Miró y Estrela (2004)<sup>5</sup> se concretaron a realizar un análisis estadístico de series de temperatura para la comunidad valenciana en España y encontraron una tendencia clara al incremento de los días cálidos.

En diversos estudios realizados en España, se pueden ver igualmente diversas definiciones de onda de calor.

Por ejemplo, para Cantabria, según Carriacedo et al.<sup>6</sup>, se considera como jornada de calor al conjunto de episodios de altas temperaturas caracterizados por distintas condiciones ambientales, consecuencia de la intervención de mecanismos mesoescalares que modifican los procesos inducidos por la circulación a escala sinóptica. Estos mecanismos son el resultado de la interacción entre el flujo sinóptico, el relieve y los contrastes en el balance energético entre las superficies marinas y las continentales.

En cambio, López-Díaz dice que una onda de calor o un periodo cálido puro "es aquel intervalo temporal de al menos dos días en que la temperatura máxima y la mínima están siempre por el percentil 80 por ciento... dos periodos cálidos puros sucesivos se agrupan formando un "cluster" (grupo), si la distancia entre ellos es cuando mucho 24 horas y tanto la temperatura mínima como la máxima están por encima de la mediana de la serie correspondiente..."<sup>7</sup>.

Por otra parte, es claro que la preocupación por estos fenómenos nace de su asociación con incrementos en la mortalidad y el desarrollo de enfermedades. Los procedimientos estándares para evaluar el impacto de las olas de calor en salud humana han mirado generalmente la evolución simultánea de la temperatura máxima y de la mortalidad"<sup>8</sup>.

<sup>1</sup> Pejenaute Goñi J.M. 2004, La ola de calor de agosto de 2003 en Navarra. En: El clima entre el mar y la montaña. Santander España. Asociación Española de Climatología, pp 105-114.

<sup>2</sup> Burguenio A, Lana X, Serra C. 2001, Episodios significativamente cálidos y fríos registrados en el observatorio Fabra, Barcelona. En: El tiempo del clima. Valencia España: Asociación Española de Climatología, pp 303-311.

<sup>3</sup> García Cueto O. R., Tejeda Martínez A., Jauregui Ostos E ; 2008, " Heat waves in an arid city the northwest of México: currently trenes and climate change scenarios"; México (inédito), pp. 13.

<sup>4</sup> Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático 4to reporte, IPCC. On-Line: <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>. Fecha de consulta 25 de junio 2008.

<sup>5</sup> Miró, J., y Estrella M.J. 2004, Tendencia de temperaturas en los meses de julio y agosto en la comunidad valenciana en las últimas décadas: cambios en la frecuencia de días calurosos. En: El clima entre el mar y la montaña. Santander: Asociación Española de Climatología, pp. 389-398.

<sup>6</sup> Carracedo V, Pacheco S, Rasilla Gimena D y García-Codron J. C. 2006, Temperaturas máximas estivales en Cantabria: Comportamiento espacial y mecanismos responsables. En: Clima sociedad y medio ambiente. Zaragoza España: Asociación Española de Climatología, pp 87-97.

<sup>7</sup> López Díaz J.A. 2004, Análisis de tendencias en olas de calor a partir de series largas de temperatura. En: El clima entre el mar y la montaña. Santander, España: Asociación Española de Climatología, pp. 347-354.

<sup>8</sup> Díaz J, García-Herrera R, Trigo M. R, Linares C. 2006 The impact of the summer 2003 heat wave in Iberia: how should we measure it?. International Journal Biometeorology. (Vol 50): 159-166.

Kalstein y Davis<sup>9</sup> determinaron las temperaturas umbrales, que representan la temperatura más allá de la cual la mortalidad aumenta para 48 ciudades de los Estados Unidos tanto para verano como para invierno; correlacionaron las variables como temperatura (máximas, mínimas y extremas), humedad, velocidad del viento, indicadores de contaminación, etc., con la mortalidad por días con temperaturas más allá del umbral.

### 2.6.1 La ciudad de México

Para la ciudad de México, Jáuregui<sup>10</sup> considera que se presenta una onda de calor cuando la temperatura máxima rebasa los 30°C por más de dos días consecutivos. Bajo ese criterio se actualizaron los datos presentados por dicho autor y se encuentra lo mostrado en el gráfico 2.9.

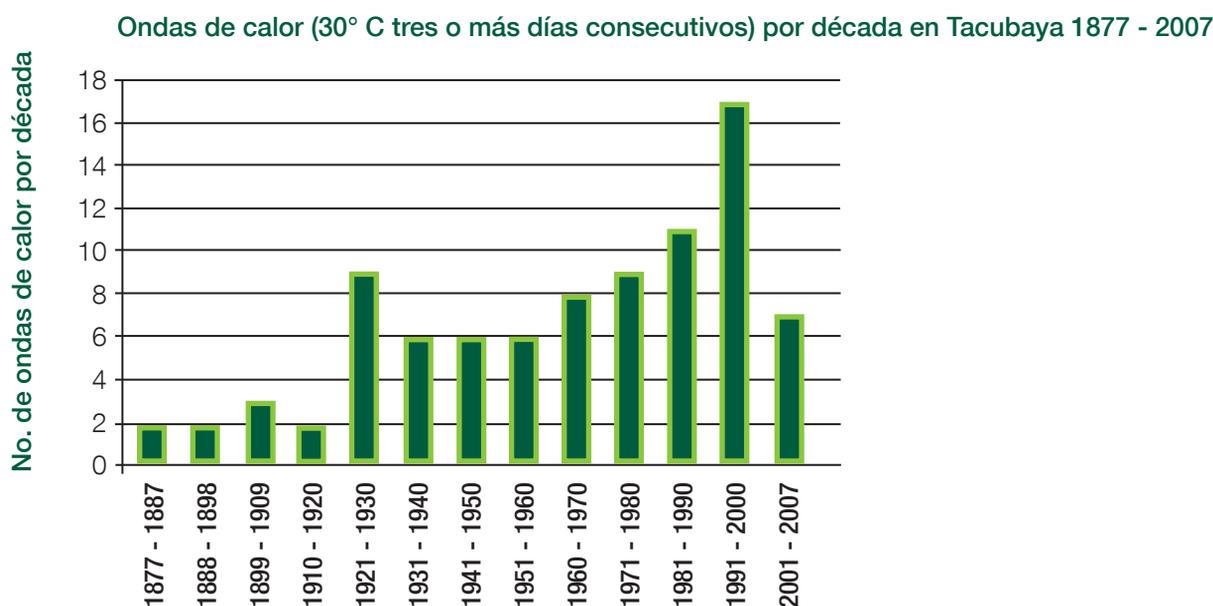


Gráfico 2.9. Variación de la frecuencia decadal de ondas de calor observadas en Tacubaya (Ciudad de México) en el periodo 1877-2007.

A pesar de la muy probable falta de homogeneidad en los datos durante el largo periodo comprendido en el gráfico 2.9, es notorio el alto número de casos durante la última década del siglo pasado, lo que está del todo de acuerdo con lo afirmado por el IPCC en su cuarto reporte de evaluación. Por otra parte, si bien es cierto que en una megalópolis como la ciudad de México se presenta regularmente el fenómeno de la isla urbana de calor, debe recordarse que ésta ocurre fundamentalmente en las madrugadas por lo que se refleja en las temperaturas mínimas más que en las máximas, de modo que el gráfico 2.9 es una muestra clara de la tendencia de las ondas de calor debidas a variaciones del clima que rebasan el ámbito local.

### 2.6.2 Veracruz

Los datos de temperatura máxima diaria del periodo 1931-2006 de la ciudad de Veracruz se agruparon por la frecuencia con que se repetía el valor de las temperaturas más altas formando un acumulado, es decir, es el conteo de uno o varios días que alcanzaron cierta temperatura.

Para determinar el umbral de clasificación se consideraron los dos criterios siguientes:

- Criterio A: Al menos dos días consecutivos coinciden o sobrepasan la temperatura fijada como límite arbitrario.
- Criterio B: Al menos tres días consecutivos coinciden o sobrepasan la temperatura fijada como límite arbitrario.

<sup>9</sup> Laurence S. Kalkstein, Robert E. Davis. Mar., 1989, *Weather and Human Mortality: An Evaluation of Demographic and Interregional Responses in the United States*. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 79, No. 1, pp. 44-64.

<sup>10</sup> Jáuregui Ostos, E. 2000 *El clima de la ciudad de México*. 1ra ed. Mexico D.F. Plaza y Valdés editores. 129p.

Temperatura en °C/ Periodo en décadas	1931-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2006	Acumulado
32.0-32.9	38	62	90	69	95	90	125	113	682
33.0-33.9	3	10	14	9	16	17	41	57	167
34.0-34.9	0	3	1	1	4	3	15	21	48
35.0-35.9	0	0	1	0	4	1	8	6	20

**Gráfico 2.10.** Casos contabilizados aplicando el criterio A

Temperatura en °C/ Periodo en décadas	1931-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2006	Acumulado
32.0-32.9	14	33	40	29	48	45	75	68	352
33.0-33.9	1	7	6	4	7	3	24	29	81
34.0-34.9	0	0	0	0	2	1	5	8	16
35.0-35.9	0	0	0	0	0	0	4	0	4

**Gráfico 2.11.** Casos contabilizados aplicando el criterio B

Mes	Percentiles										
	P max	P min	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90
Enero	34.7	14.3	21.6	22.9	23.7	24.5	25.1	25.7	26.2	26.9	27.6
Febrero	35.6	14.7	22.1	23.4	24.2	24.8	25.3	26.0	26.6	27.2	28.1
Marzo	42.7	18.2	23.6	24.8	25.7	26.4	27.0	27.6	28.1	29.0	30.3
Abril	39.5	19.4	26.1	27.1	28.0	28.5	29.0	29.4	30.0	30.6	31.6
Mayo	40.5	23.6	28.5	29.3	29.7	30.2	30.5	31.0	31.3	31.8	32.7
Junio	38.7	21.3	28.9	29.9	30.4	30.8	31.1	31.5	31.9	32.2	32.9
Julio	34.5	25.4	29.0	29.9	30.5	30.9	31.2	31.5	31.8	32.1	32.6
Agosto	37.2	25.2	29.7	30.3	30.8	31.2	31.6	31.8	32.1	32.4	32.9
Septiembre	38.1	24.5	28.8	29.6	30.7	30.7	31.1	31.4	31.8	32.2	32.7
Octubre	35.8	20.5	27.5	28.5	29.0	29.5	30.0	30.3	30.7	31.2	31.9
Noviembre	34.9	17.8	24.6	26.1	26.9	27.5	28.0	28.5	29.0	29.6	30.3
Diciembre	32.6	13.5	23.0	24.0	24.8	25.5	26.1	26.6	27.2	27.7	28.6

**Gráfico 2.12.** Percentiles de la temperatura máxima diaria en el periodo 1931-2006

Para el criterio A (al menos dos días consecutivos coinciden o sobrepasan la temperatura fijada como límite arbitrario) se cuantificó el número de casos encontrados en el periodo de 1931-2006, como se observa en el gráfico 2.10.

Es común que el puerto de Veracruz esté a 32 y 33 °C pasando el medio día, por lo cual no se podría fijar como un umbral de clasificación para una onda de calor.

Por otra parte, los casos de días consecutivos sobrepasando el valor de 35°C se encuentran incluidos dentro de los casos de 34°C; por lo que los 34°C para el criterio B aparecen como un límite aceptable pues los 35°C ocurren esporádicamente, según el gráfico 2.11

Por otra parte, se estudiaron los datos usando como criterio parcial de clasificación el percentil 80 por ciento propuesto en el trabajo de López Díaz (2004)<sup>11</sup>. Así se generó el gráfico 2.12

Los datos del gráfico 2.12 fueron analizados por mes en el periodo de 1931-2006. De los 54,750 datos de temperatura 10,980 datos alcanzan el percentil del 80 por ciento (es alcanzado casi todos los días en verano), de modo que el valor del percentil no es apropiado en el caso de la ciudad de Veracruz.

La tendencia al incremento de los periodos cálidos en el puerto de Veracruz, se puede observar en el gráfico 2.13.

Para la temperatura máxima, utilizando el umbral de clasificación de 34°C obtenido de la distribución de frecuencia (gráfico 2.12), el percentil correspondiente se obtiene de la gráfica 2.14.

La figura 3 representa el porcentaje de los datos que se encuentran por debajo de la temperatura de 34.0°C; el percentil menor es en el verano 96 por ciento; es decir que los datos que rebasan el percentil del 96 por ciento son temperaturas mayores a 34°C.

En resumen, se puede concluir que es un criterio práctico definir para la ciudad de Veracruz que una onda de calor es cuando la temperatura máxima sobrepasa el percentil del 96 por ciento, es decir, sobrepasa el umbral de clasificación de 34°C al menos tres días consecutivos.

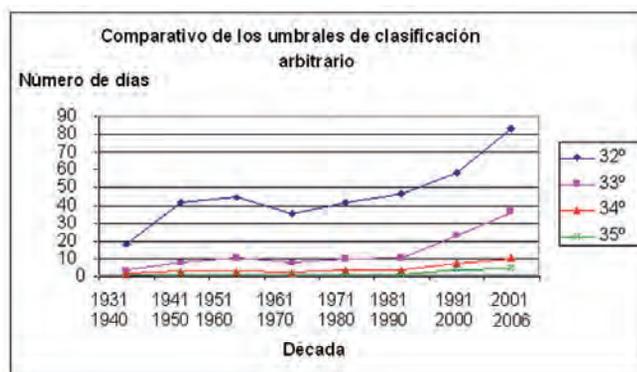


Gráfico 2.13. Variación decadal de los casos en que se rebasan distintas temperaturas umbral en el puerto de Veracruz.

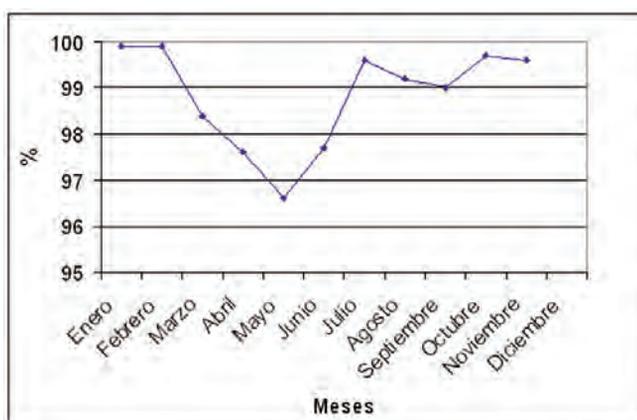


Gráfico 2.14 Percentiles correspondientes mensuales a la temperatura de 34°C.



Gráfico 2.15. Casos de infecciones intestinales registradas por semana epidemiológica en el periodo 2003-2006, donde: a) I.I.O.O es Infección intestinal por otros organismos; b) O.I.I.P Otras infecciones intestinales debidas a protozoarios; c) P.S Paratifoidea y otras salmonelosis; d) A.I Amibiasis intestinal.

<sup>11</sup> López Díaz J.A. 2004, Análisis de tendencias en olas de calor a partir de series largas de temperatura, en El clima entre el mar y la montaña, Santander, España, Asociación Española de Climatología, pp. 347-354.

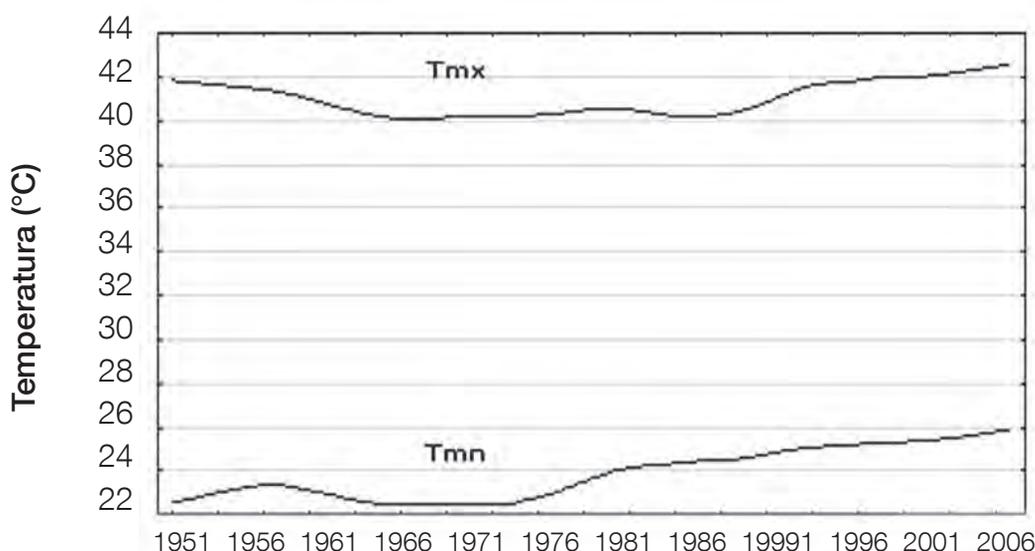
Se ha observado que las variaciones de algunas variables climáticas parecen influir sobre la distribución temporal y espacial de las enfermedades; en este caso la influencia de las ondas de calor sobre la población propició el desarrollo o proliferación de bacterias y vectores causantes de las enfermedades.

### 2.6.3 Mexicali

Un estudio realizado por Jáuregui (2006)<sup>12</sup> para el noreste de México –con énfasis en Hermosillo y Mexicali– propone que una onda de calor podría ser definida por la determinación de los valores superiores a la normal durante tres o más días consecutivos; cuando la humedad es alta es probable que el tiempo caluroso cause un estrés adicional si una onda de calor dura varios días; en su trabajo define a las ondas de calor como dos o más días consecutivos con temperaturas superiores y un umbral de clasificación de 37°C por el estrés térmico que se asocia con temperaturas por encima de la temperatura corporal (37°C). Evaluó el impacto de las ondas de calor por medio de la aplicación del concepto de temperatura

aparente, es decir, es el índice de calor que incluye el efecto combinado de alta temperatura y humedad.

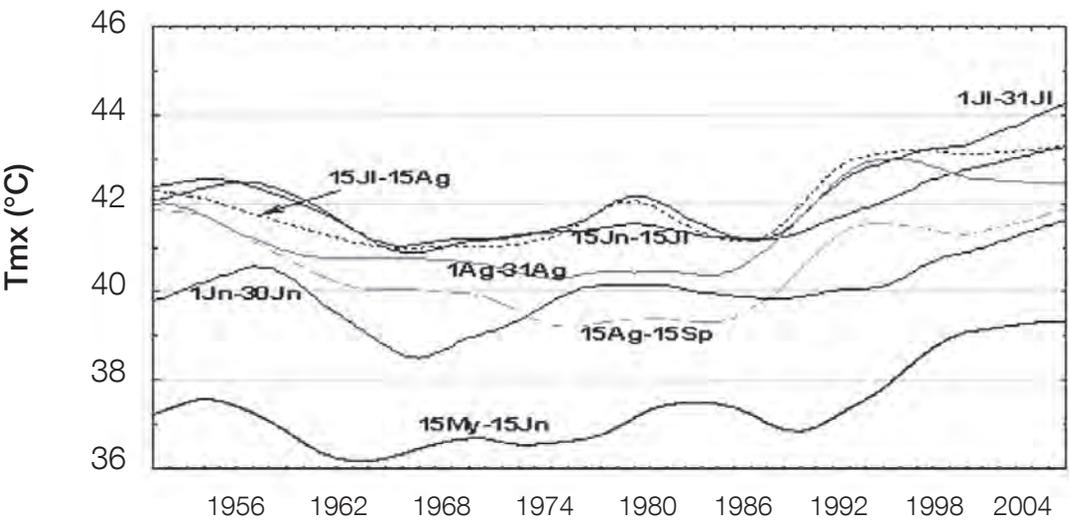
En específico para Mexicali, García-Cueto et al<sup>13</sup> decidieron considerar como umbral el valor de 44°C, que es el percentil 90 de los datos diarios de temperatura máxima (Tmx) del verano del periodo de estudio (1951-2006). Ya que el umbral es el más alto de los encontrados en los estudios revisados previamente, se decidió que un día es suficiente para contabilizarla como onda cálida, sin importar si en días previos o posteriores se presenta un valor más bajo que el umbral elegido. Dichos autores encontraron que el verano es actualmente más caliente y más extenso de lo que era hace veinte años, y se tienen 2½ veces más ondas de calor que en la década de 1971-1980; las variables que caracterizan a las ondas de calor tienen una tendencia ascendente y la distribución más adecuada para modelar su ocurrencia fue la Weibull con la temperatura máxima como covariable. La generación de escenarios indica que para los periodos 2010-2039, 2040-2069, y 2070-2099, las ondas de calor se incrementarán, respecto del escenario base, en 2.7, 4.6 y 6.9 veces, respectivamente.



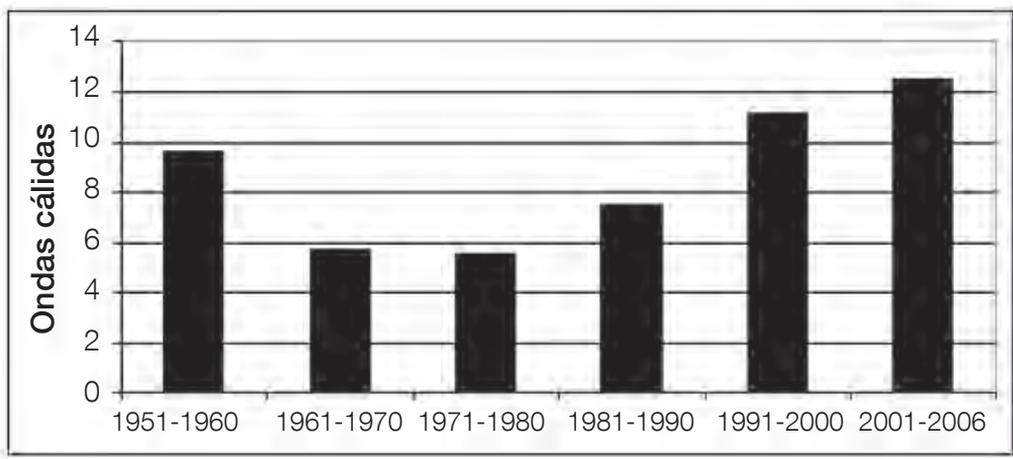
**Gráfico 2.16.** Evolución anual de las temperaturas máximas (Tmx) y mínimas (Tmn) durante el verano en el periodo de 1951 a 2006 en Mexicali, B.C., México.

Los gráficos 2.16 y 2.17 muestran de manera clara la tendencia reciente al incremento de periodos cálidos en Mexicali. Pero más aún, al aplicar la definición enunciada previamente se encontraron 469 ondas cálidas, o equivalentemente, 469 eventos cálidos extremos. En el gráfico

2.18 se muestra su comportamiento relativo por décadas, y en la que se demuestra su tendencia ascendente a partir de la década de los 70's. De hecho, en el último periodo (1991-2006) se tienen 2½ veces más episodios cálidos que en la década de 1971-1980.



**Gráfico 2.17.** Evolución anual de la temperatura máxima (Tmx) en siete periodos traslapados de un mes durante el verano en Mexicali, B.C., México (1951-2006).



**Gráfico 2.18:** Frecuencia relativa de ondas cálidas (temperatura > 44°C durante 1 o más días consecutivos) en Mexicali, B.C., México, en el periodo de 1951 a 2006.

Agradecimientos:  
A los estudiantes de la licenciatura en ciencias atmosféricas que trabajaron en la edición de este documento: Paola Aquino Martínez, Christian Domínguez Sarmiento, Pablo Hernández Ávila y Abraham Torres Alavez.

## 2.7 Conflictos sociales y cambio climático en México

**Susana Isabel Velázquez Quesada y Miriam Martínez Ortega**, miembros del Observatorio de la Conflictividad Social en México, Serapaz.

La conflictividad social en México se constituye de una amplia gama de procesos cuya diversidad de características y circunstancias pueden ocultar las raíces comunes que comparten como expresiones de las contradicciones y desigualdades estructurales propias del sistema económico en el que está inmerso el país.

Sin duda, una de las contradicciones estructurales más graves y profundas que enfrentamos es la que existe entre el equilibrio ambiental necesario para la vida en nuestro planeta y la continua y creciente transformación y degradación de las condiciones ambientales por las prácticas capitalistas de producción y consumo que imperan en el mundo contemporáneo. El cambio climático es uno de los principales procesos que surgen como consecuencia de esto y apenas alcanzamos a vislumbrar su magnitud.

A pesar de estar generado básicamente por una sobreacumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, su interrelación con los diversos procesos de deterioro y de explotación medioambiental, es evidente. Es en estos procesos donde centraremos nuestra atención, ya que es ahí donde se van construyendo los conflictos sociales y no solamente en los eventos más dramáticos que relacionamos con el fenómeno, como el incremento de intensidad y frecuencia de los huracanes, inundaciones o sequías. Los procesos que el cambio climático genera son progresivos y sólo se ven en los momentos de crisis. Y más aún: en la mayoría de los conflictos relacionados con el cambio climático no encontraremos demandas que denuncien explícitamente su dependencia hacia este fenómeno, pero no por eso son ajenos a éste. A dichos conflictos los llamamos conflictos por tierra, territorio y recursos naturales.

Entendemos por tierra a los conflictos agrupados en torno de ésta como medio de producción agrícola y en defensa del derecho a realizar esta labor. Alrededor de este tema se agrupan conflictos de carácter campesino.

Los conflictos por recursos naturales giran en torno a la defensa explícita de un elemento medioambiental (agua, suelo, aire, biodiversidad, etc.) en contra de su degradación, así como por la defensa del derecho social que se tiene sobre ellos frente a la privatización de los llamados servicios ambientales o en contra de la valorización y consecuente uso que el capital hace de estos elementos en función de intereses lucrativos específicos.

Los conflictos por territorio son aquellos donde los movimientos sociales identifican ya no sólo un elemento medioambiental específico como el eje de sus demandas, sino que consideran que el conjunto de éste y su vida social se encuentra amenazado y en disputa. El territorio, como integración de los elementos sociales y naturales, identifica a este grupo. Este tipo de conflictos es de suma importancia ya que por sus características tiene un sentido más amplio e incluyente en su lucha, aumentando su trascendencia y posibilidades de transformación.

La estructura socioeconómica actual permite que aunque el cambio climático sea un fenómeno de consecuencias mundiales, la afectación que tiene sobre cada clase social sea diferente: los sectores más pauperizados son aquellos que por no tener la fuerza económica para evitarlo, reciben más directamente sus efectos, tanto en la degradación directa de los recursos básicos que consumen (agua, alimentos, etc.) como en la degradación conjunta de su territorio (colonia, pueblo, etc.) y de su propia salud.

A nivel nacional, se sabe que las muertes relacionadas con la degradación ambiental constituyen alrededor del 25 por ciento del total, como en la mayoría de países subdesarrollados, frente a un 17 por ciento que representa en los países desarrollados; la cantidad de años de vida con buena salud que se pierden por las mismas causas es quince veces mayor en países como México que en el mismo grupo antes mencionado del primer mundo (Atlas medioambiental 2008, de Le Monde Diplomatic).

Al interior del país las desigualdades se extreman: tomando la conflictividad registrada por nuestro sistema de monitoreo de conflictos sociales como indicador, encontramos que el mayor número de conflictos medioambientales se ubican en las regiones más marginadas del país, tanto en la ciudad como en el campo. Dentro de este grupo de conflictos resaltan como protagonistas comunidades urbanas que son uno de los actores que se

encuentra más frecuentemente en situación de conflicto a nivel nacional (intervienen en el 45 por ciento de los conflictos por recursos naturales); así mismo resaltan las comunidades indígenas ya que el tema ambiental está relacionado de diversas formas con el total de sus demandas.

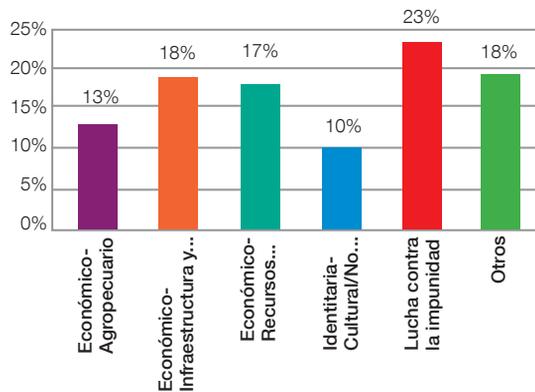


Gráfico 2.19 Demandas hechas por indígenas.

Las demandas de comunidades urbanas, están relacionadas principalmente con la falta y deterioro de la infraestructura básica y servicios, como el servicio de agua en la zona metropolitana de la ciudad de México, y con el rechazo a la generación de infraestructura que no es de interés común y representa un modelo de urbanización que daña a su entorno y forma de vida, como el movimiento de Tláhuac en contra de la línea 12 del metro y del Centro de Reciclaje y Energía (CIRE), o los surgidos a nivel regional en contra de proyectos carreteros como el de Lerma-Tres Marías.

En un segundo grupo están colectivos rurales que constituye el 29 por ciento del total. Conformados principalmente por comunidades campesinas, ganaderas y pesqueras, las demandas de este grupo giran alrededor de la defensa y el acceso hacia los elementos medioambientales imprescindibles para mantener su reproducción, como los ríos, las costas, el bosque, la vegetación y fauna en general (biodiversidad). Este grupo llama la atención en general, porque sobresalen muchos de sus movimientos sociales dentro de las organizaciones que escalan hacia luchas en defensa del territorio, volviéndose más amplias y antisistémicas.

En tercer lugar encontramos a organizaciones campesinas constituidas, cuyas demandas giran en torno a problemáticas agrarias históricas como la propiedad de la tierra, la distribución de apoyos, insumos y medios en general para la producción agrícola.

En cambio, hay pocos conflictos intercomunitarios, urbanos y rurales de carácter ambiental (apenas 7 por ciento).

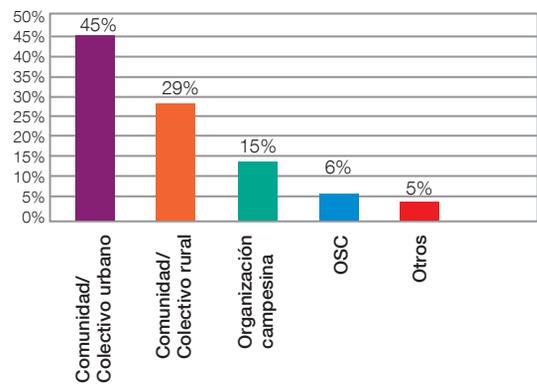


Gráfico 2.20. Actores involucrados en conflictos por recursos.

El sector público, constituido por secretarías (Sagarpa y Semarnat) y los diferentes niveles de gobierno (municipal, estatal y federal, ejecutivos principalmente), es el más comúnmente confrontado, en el 79 por ciento de la totalidad de los conflictos, seguidos por el sector privado en un 14 por ciento.

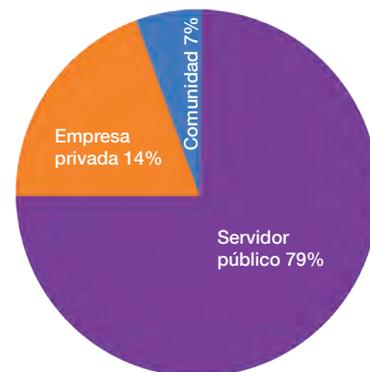
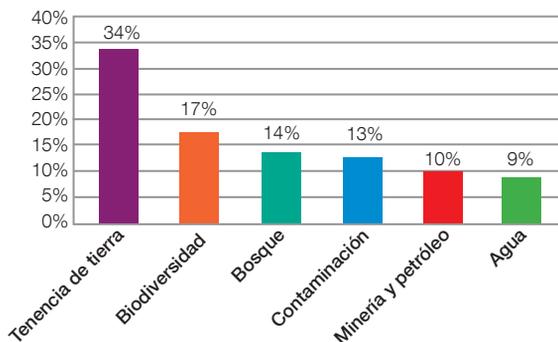


Gráfico 2.21 Actor confrontado por tierra, territorio y recursos naturales.

Considerando las demandas de la mayoría de los conflictos ambientales de los últimos tres años (tenencia de la tierra, 34 por ciento; en defensa de la biodiversidad, 17 por ciento; en defensa de bosques y selvas, 14 por ciento; en contra de la contaminación generada por algún particular, 13 por ciento; en denuncia de actividades mineras y petroleras contaminantes, 10 por ciento; y en defensa del agua y en contra de su privatización, 10 por ciento), no deberíamos titubear al considerar a estos actores (estatal y privado) como la verdadera cara del cambio climático, a la que se enfrentan las comunidades, con todas sus consecuencias (creciente criminalización y represión a los movimientos sociales, que provoca que se responda impositivamente en el 48 por ciento de los conflictos) y a los pueblos como los verdaderos defensores del planeta, los auténticos ambientalistas de hoy.



**Gráfico 2.22** Recursos.

La toma de conciencia personal es indispensable ética y estratégicamente. No se puede llevar más allá una lucha cuyos actores no tengan un comportamiento consecuente con su demanda; sin embargo, sólo a través de la organización social es posible lograr una transformación real de las causas estructurales de la degradación ambiental que destruye al mundo entero.

## 2.8 Los ecosistemas vegetales de México y el cambio climático

**Dra. Lourdes Villers**, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. Miembro del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático galardonado con el Premio Nóbel de la Paz 2007; y **Dra. Irma Trejo** y **Dra. Josefina Hernández**, Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Alrededor del 70 por ciento de la superficie de México está cubierta por diversas comunidades vegetales en diferentes estados de conservación (INEGI, 2005). Estas grandes formaciones vegetales están compuestas por especies tanto animales como vegetales que se han adaptado a determinadas condiciones ambientales y particularmente a las climáticas. En especial la relación entre el tipo de vegetación y las condiciones climáticas es ampliamente reconocida, y esto permite asociar un cierto tipo de comunidad vegetal con un tipo de clima en particular. Los bosques de coníferas y los bosques de encino se asocian a climas semifríos o templados con distinto régimen de humedad. Los bosques mesófilos por el contrario habitan regiones semicálidas pero húmedas o muy húmedas. Los matorrales xerófilos, selvas espinosas y pastizales se distribuyen en climas templado, semicálido o cálido y en cuanto al régimen de humedad están en ambientes más bien secos. En contraste, las selvas perennifolias se asocian a climas cálidos y húmedos, las selvas caducifolias y subcaducifolias a climas cálidos pero un poco más secos.

Actualmente existe gran certidumbre de que las condiciones climáticas cambiarán en los próximos años por lo que es importante estudiar y precisar qué comunidades vegetales resultarán más afectadas y la magnitud del impacto, ya que estos ecosistemas son parte de nuestra economía y sustento.

Estos estudios inician asociando el mapa base de vegetación de México (figura 1) a un periodo climático base, en este caso se tomó el lapso de 30 años de 1961 a 1990 (Gay et al., 2006) al cual se le aplican las modificaciones en cuanto a precipitación y temperatura según los modelos de circulación general (MCG) que se utilicen. Las proyecciones que aquí se presentan corresponden, según los modelos, a lo proyectado para los siguientes 30 años

entre el 2010 y el 2039, denominado aquí simplemente como el año 2020 y para los 30 años entre el año 2040 y el 2069 denominado como el año 2050 (Gay et al., 2006).

En este trabajo se utilizaron dos escenarios de emisiones de gases efecto invernadero, denominados A2 y B2, construidos por el IPCC (Nakicenovic et al, 2000), y que son, en un sentido amplio, dos situaciones posibles del

crecimiento de la población y la economía mundial (Tol, 1998). Estos escenarios consideran las posibles condiciones del desarrollo global para los próximos 100 años, por lo que se utilizaron los dos periodos de tiempo señalados arriba como 2020 y 2050. Los MCG utilizados a los cuales se asociaron los escenarios de emisiones fueron: el GFDL (US Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) y el HadCM (elaborado por el Hadley Center UK) (Gay, et al. 2006).

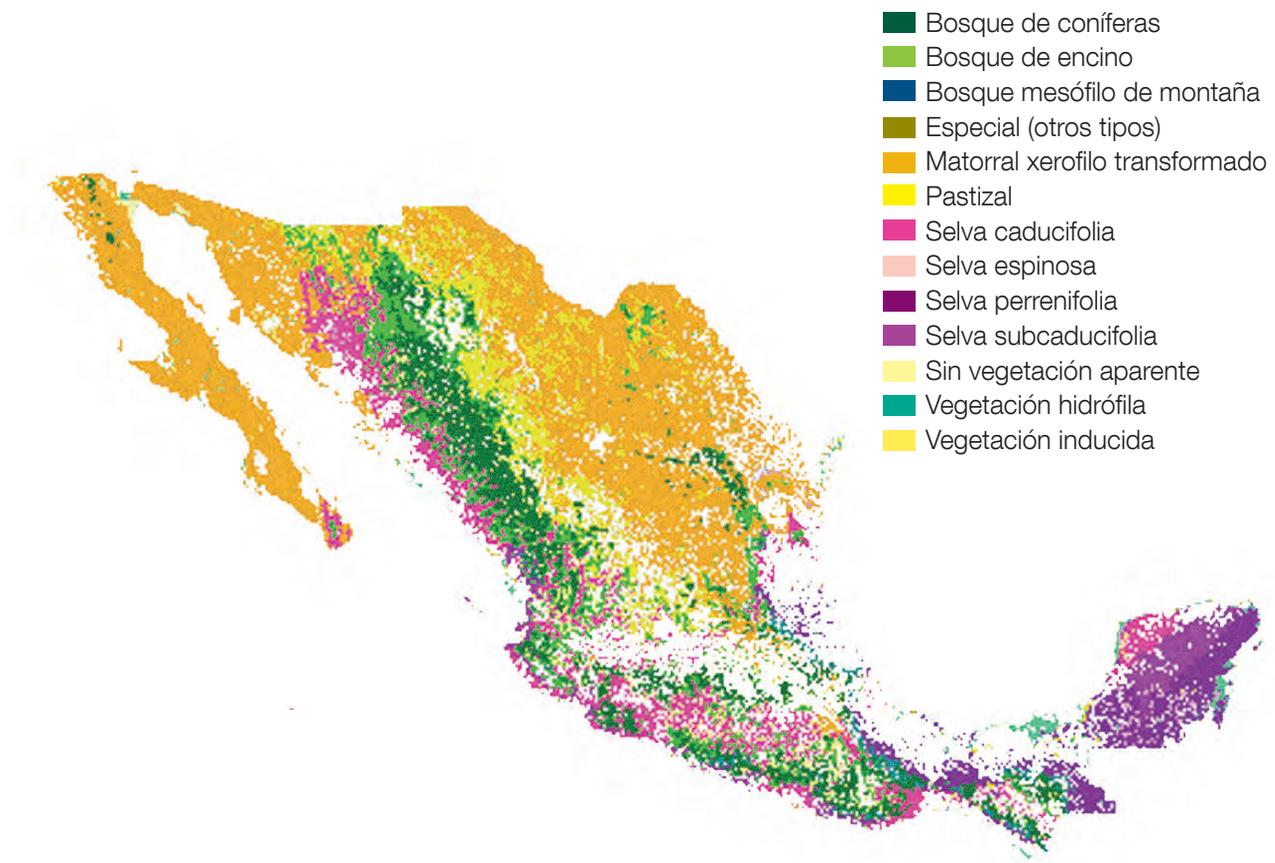


Gráfico 2.23. Mapa base de vegetación de México (INEGI, 2005).

### 2.8.1 Resultados de la aplicación de los modelos de circulación general y de los escenarios de emisiones

El gráfico 2.24 muestra el porcentaje de afectación por comunidad vegetal según el MCG-modelo socioeconómico y el horizonte de tiempo aplicado.

Comunidad Vegetal	GFDL-A2, 2020	GFDL-A2, 2050	HadCM2-B2, 2050
Bosque de coníferas	20.1	42.9	54.3
Bosque de encinos	21.5	45.5	51.4
Bosque mesófilo	11.2	27.8	37.9
Selva perennifolia	12.3	13.1	54.2
Selva subcaducifolia	9.2	9.0	47.9
Selva caducifolia	14.3	25.8	34.5
Selva espinosa	16.5	36.6	53.7
Pastizal	33.9	75.8	77.1
Matorral xerófilo	22.6	73.4	77.5
Vegetación hidrófila	8.4	10.7	25.8
<b>Total</b>	<b>21.0</b>	<b>52.9</b>	<b>62.5</b>

Tomado de: Trejo et al., 2007

**Gráfico 2.24.** Porcentaje de superficie afectada por comunidad vegetal según modelos y horizontes de tiempo empleados.

Según el modelo GFDL los bosques de coníferas y encinos resultarán gravemente afectados desde un 20 por ciento hasta un 46 por ciento de sus superficies durante los periodos 2020 y 2050. El impacto en selvas es distinto dependiendo de la que se trate, pero las más afectadas serán las selvas espinosas con porcentajes del 17 al 37 por ciento para los mismos periodos. La vegetación acuática (hidrófila) será afectada entre el 8 y 11 por ciento. Los pastizales naturales y matorrales que se afectarán del 34 y 23 por ciento hasta un 76 y 73 por ciento, respectivamente, para el periodo denominado como 2050. Los mapas de las áreas que se verán afectadas están en los gráficos 2.25 y 2.26. En total resultará afectada el 21 por ciento de la vegetación del país para el periodo 2020

(de 2010 a 2039) y para el periodo de 2050 (de 2040 a 2069) se incrementará hasta el 53 por ciento.



**Gráfico 2.25.** Áreas de las comunidades vegetales afectadas en la República Mexicana de acuerdo al modelo GFDL-A2 para el periodo 2020.



**Gráfico 2.26.** Áreas de las comunidades vegetales afectadas en la República Mexicana de acuerdo al Modelo GFDL-A2 para el periodo 2050.

El otro modelo aplicado, HadCM2-B2, para el horizonte 2050 señala impactos más severos (gráfico 2.24). Las áreas que resultarían afectadas según las diferentes comunidades vegetales se ilustran en el gráfico 2.27. En este caso cerca del 63 por ciento de la República Mexicana resultará afectada y las comunidades que presentarán los mayores impactos climáticos serán los matorrales y pastizales (77 por ciento de su cobertura).



**Gráfico 2.27.** Áreas de las comunidades vegetales afectadas en la República Mexicana de acuerdo al modelo HadCM-B2 para el periodo 2050.

### 2.8.2 Conclusiones

Las aplicaciones de los MCG muestran que el clima se verá modificado para los años 2020 y 2050. Para el 2020 se proyecta un incremento promedio de temperatura para el país que va entre 0.6 y 1.0°C y para el 2050 entre 1.5 y 2.3°C. Para el caso de la precipitación, se observa en general una tendencia a una disminución en la lluvia en el modelo HadCM2 y un incremento para el caso del GFDL, aún cuando es necesario aclarar que los cambios tanto de temperatura como de precipitación varían según el área geográfica pero definitivamente las áreas marcadas en los mapas según los distintos modelos muestran cuáles y en dónde los ecosistemas no soportarían los climas proyectados ya que están fuera del rango climático en que se encuentran actualmente y que se especificaron cuando se realizó el escenario base.

Este análisis muestra indiscutiblemente los impactos del cambio climático global sobre los ecosistemas vegetales de México. Los resultados son sin duda un parámetro de referencia útil que contribuirá a tomar medidas y proponer acciones de adaptación y mitigación de los efectos que se prevé tendrán consecuencias en los diferentes aspectos de la vida en el planeta, así como en el entorno social, económico y político de nuestro país.

### Referencias bibliográficas

Gay, C., V. Magaña, C. Conde, L. Villers. 2006. Análisis de escenarios de cambio climático y vulnerabilidad de sectores clave en México y propuestas de adaptación. Primer Informe e Informe Síntesis. INE-Semarnat como parte de la Tercera Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 50 p.

INEGI 2005. Cartografía de uso del suelo y vegetación. Serie III escala 1:250 000. Fecha de datos 2000-2002. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grübler, T. Y. Jung, T. Kram, E. L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Riahi, A. Roehrl, H.-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, Z. Dadi, 2000. Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. 599 p.

Tol, R. S.J. 1998. Socio-Economic Scenarios. Chapter 2 In: Handbook on Methods of Climate Change Impacts Assessment and Adaptation Strategies. Feenstra, J., I. Burton, J.B. Smith, and R.S.J. Tol (eds). United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, and Institute for Environmental Studies, Amsterdam, The Netherlands, 448 p.

Trejo, I., J. Hernández-Lozano, L. Villers. 2007. Afectación de las comunidades vegetales de México ante el cambio climático. Memorias XI Encuentro de Geógrafos de América Latina. Geopolítica, globalización y cambio ambiental: retos para el desarrollo latinoamericano. Bogotá, Colombia.

## 2.9 Costos económicos del cambio climático en México

**María José Cárdenas**, coordinadora de la campaña de clima y energía de Greenpeace México de 2008 a 2009.

El cambio climático representa un desafío único para la economía: es la falla de mercado más grande que se haya visto nunca. El hecho de que el exceso de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) constituya una falla de mercado implica que se producen más emisiones que las que serían rentables si la falla de mercado no existiera. Esto se debe a que los emisores de GEI no pagan sus verdaderos costos (contaminación, enfermedades, sobreexplotación de recursos, daños a ecosistemas, etc.) y éstos son transmitidos a la sociedad en forma de cambio climático.

### 2.9.1 El Informe Stern

El Informe Stern sobre la economía del cambio climático, elaborado por Nicholas Stern, asesor sobre la economía del cambio climático y desarrollo del gobierno del Reino Unido, y presentado en 2007, aborda este tema desde tres diferentes ópticas de análisis:

- El primer enfoque considera el impacto del cambio climático en la vida humana y el ambiente, y examina los recursos necesarios para reducir las emisiones.
- El segundo usa modelos económicos que estiman el impacto económico de dicho fenómeno, así como modelos macroeconómicos que consideran costos y efectos de transición a una economía baja en carbono.
- El tercero compara el nivel actual y las futuras trayectorias del “costo social del carbono”, contra el costo de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Entre las conclusiones más relevantes de dicho estudio se encuentran:

- Los beneficios de la adopción de medidas prontas y firmes para hacer frente a este fenómeno superará con creces los costos económicos de la pasividad.
- El cambio climático incidirá sobre los elementos básicos de la vida humana en distintas partes del mundo: acceso al suministro de agua, producción de alimentos, sa-

lud y medio ambiente. A medida que se va produciendo el calentamiento del planeta, cientos de millones de personas sufrirán hambre, escasez de agua e inundaciones.

- De permanecer inactivos, el costo y riesgo total del cambio climático equivaldrá a la pérdida de un mínimo del 5 por ciento anual del Producto Interno Bruto (PIB) global.
- Teniendo en cuenta una gama de riesgos y consecuencias, los cálculos de los daños que se producirían aumentarían a un mínimo del 20 por ciento del PIB.
- Por el contrario, los costos de adoptar medidas dirigidas a la reducción de las emisiones de GEI para evitar las peores consecuencias del cambio climático, puede limitarse al 1 por ciento del PIB global cada año, aproximadamente.
- La inversión realizada en los próximos diez a veinte años tendrá un profundo impacto sobre el clima durante la segunda parte del presente siglo y en el siglo próximo. Nuestras acciones actuales y de las próximas décadas podrían ponernos en riesgo de que se produzca una importante perturbación de las actividades económicas y sociales, cuya escala sería comparable a la asociada con las grandes guerras y depresión económica de la primera mitad del siglo XX. Estos cambios serán difíciles o quizá imposibles de subsanar.
- La adaptación al cambio climático, es decir, la adopción de medidas para incrementar la resistencia y reducir los costos a un mínimo, posee una importancia crucial. Aunque ya no será posible evitar el cambio climático que se va a producir en las próximas dos o tres décadas, sigue siendo posible proteger en cierto grado nuestras sociedades y nuestras economías contra sus consecuencias, proporcionando, por ejemplo, mejor información y planificación y creando una infraestructura y cultivos con mayor resistencia a las condiciones climáticas. Solamente en los países en desarrollo, esta adaptación tendrá un costo de miles de millones de dólares al año, incrementando así la presión sobre recursos ya escasos.

### 2.9.2 Los costos del cambio climático en México

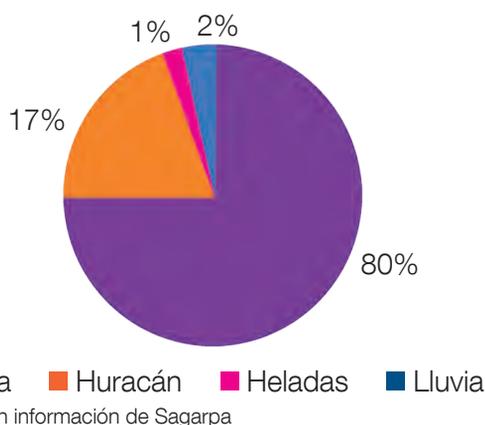
El cambio climático impone costos tanto a la sociedad como a los ecosistemas. El contexto socioeconómico de México y el crecimiento económico presentan inercias de uso de los recursos y servicios ambientales que los han llevado a un franco deterioro en varios casos. Esto, aunado al cambio climático, presenta un problema serio que se debe enfrentar como sociedad.

México es un país altamente vulnerable al cambio climático, como lo respaldan diversos estudios, algunos de los cuales señalan que la pérdida económica que un cambio en el medio ambiente podría rebasar los 6 puntos del PIB de nuestro país, e incluso, estos mismos estudios señalan que la vulnerabilidad de México ante el cambio climático implica que el 71 por ciento de su PIB será afectado por los impactos adversos de dicho fenómeno<sup>14</sup>.

Como se observa, la vulnerabilidad afecta a todos los sectores económicos en mayor o menor medida así como a todas las regiones del país, aunque de diferente manera tanto en intensidad y frecuencia como por tipo de afectación.

En el *Estudio sobre economía del cambio climático*<sup>15</sup>, se señala que los impactos del cambio del clima en la producción agrícola mexicana pueden ir del orden de los \$16 a los \$22 mil millones de pesos. Cabe destacar que estos cálculos no incluyen las pérdidas por el impacto inmediato sobre la producción agrícola, la afectación futura de la productividad de la tierra, el costo directo e indirecto a las comunidades afectadas ni los costos de su reubicación, entre otros factores.

<sup>14</sup> Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Programa Especial de Cambio Climático. Versión de consulta pública, abril de 2009, p. 22.  
<sup>15</sup> Ibararán, María Eugenia, y Melissa Rodríguez Segura. México, 2007, Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México. Instituto Nacional de Ecología-Universidad Iberoamericana, p. 70.



**Gráfico 2.28** Eventos climáticos que generaron catástrofes agrícolas, 1995-2003.

**Fuente:** Estudio sobre economía del cambio climático, p. 22.

Cultivo	Producción (Ton)	Rendimiento Ton/HA	Cambio en producción por cambio climático	Precio medio rural (1)	Rango de variación en el valor de la producción ante cambio climático	
Caña de azúcar	42, 650, 647	71.9	-26% y -27% (2) -4.3 y -6.5% (3)	\$ 335	\$ 3, 604, 480, 071 \$ 499, 520, 967	\$ 3, 747, 565, 743 \$ 814, 309, 4 47
Maíz (4)	507, 489	2.3	-29% y -45%	\$ 3, 100	\$ 333, 546, 241	\$ 584, 126, 767
Naranja (5)	2, 969, 334	12.3	+20% y +50%	\$ 1, 705	\$ 1, 687, 951, 834	\$ 3, 206, 706, 317
Trigo	3, 723, 324	4.4	-5% y -30% (6) -15% y -50% (7)	\$ 2, 406	\$ 772, 302, 409 \$1, 669, 689, 308	\$ 3, 015, 769, 656 \$ 4, 810, 543, 478
Café (8)	122, 468	2.6	-73% y -78%	\$ 4, 309	\$ 384, 179, 403	\$ 410, 562, 680
Friol (9)	1, 121, 956	0.6	-30%	\$ 8, 109	\$ 2, 632, 231, 500	\$ 2, 632, 231, 500

**Gráfico 2.29.** Efectos económicos del cambio climático ante el sector agrícola.

**Fuente:** Estudio sobre economía del cambio climático en México, p. 26.

Como se puede apreciar en el gráfico 2.29, el cultivo del maíz registrará una disminución de entre 29 y 45 por ciento en la producción con respecto al rendimiento actual.

En el caso de la producción nacional de caña de azúcar, aunque no hay estudios al respecto, las experiencias en otros países como Sudáfrica y Colombia señalan que podría darse una caída de entre el 26 y 27 por ciento.

Para el caso del café, en el estado de Veracruz, por ejemplo, se esperaría una pérdida que va de 73 a 78 por ciento de la producción para el 2050.

Si se toma en cuenta que el valor de la producción de los seis cultivos arriba señalados es del orden de los \$39 mil millones, la pérdida en la producción debido al cambio climático está entre el 42 y el 57 por ciento.

Ahora bien, aunque el sector agrícola solamente representa cerca del 3 por ciento del PIB total del país, éste emplea al 15 por ciento de la población económicamente activa. Además, en este sector se encuentran los más pobres, tanto por nivel de ingreso, como de riqueza, y si se recuerda que del 70 al 100 por ciento de la superficie sembrada con maíz, frijol, sorgo, avena y cebada es de temporal, la vulnerabilidad de los campesinos ante el cambio climático aumenta significativamente.

Al aumentar la temperatura y cambiar los patrones de lluvia se generan las condiciones para que haya un aumento en incendios, tanto en su frecuencia como en su magnitud y alcance.

Recientemente, y en particular en 1998, los incendios forestales contribuyeron a la pérdida de superficie forestal en México<sup>16</sup>. Con el cambio climático, se espera que esto aumente. Estos incendios tienen impactos (y por lo tanto costos a nivel local y global) como mayor erosión, mayor probabilidad de inundaciones, azolve y sedimentación, afectando la producción de la tierra y causando problemas de salud.

Aunado a esto, hay pérdidas de agua y biodiversidad, tanto de especies de flora como de fauna, productos forestales, maderables y no maderables, y de un sin fin de servicios ambientales. Además se emiten gases de efecto invernadero con un claro impacto global. El incendio de los bosques genera pérdidas económicas, tanto directas como indirectas. En particular, el incendio impone ciertos costos, como el costo mismo de la extinción del incendio hasta costos como la pérdida en la biodiversidad, la pérdida de los servicios ambientales que proveen los bosques, el costo de la reposición del bosque a través de la reforestación, la pérdida de productos maderables y no maderables, la destrucción de la propiedad y de zonas especiales.

Así, los costos inducidos por los incendios forestales debido al aumento de las temperaturas se calcula en \$17 mil millones de pesos por año aproximadamente<sup>17</sup>. Éstos no incluyen las pérdidas de servicios ambientales y biodiversidad, las muertes ni lesiones causadas por estos sucesos.

<sup>16</sup> Torres, Juan M. "Hacia un sistema de valoración de daños producidos por incendios forestales". Ponencia invitada para el foro "Los incendios forestales en el contexto del desarrollo rural", organizada por el Consejo Técnico Consultivo Nacional Forestal (Semamap), México DF, 14-15 de octubre de 1998.

<sup>17</sup> Op. Cit. Albarrán, María Eugenia, p. 34.

	Morbilidad 2005 (no. de casos)	Incremento promedio en morbilidad por aumento de 1°C	Cambio en morbilidad 2005 si temperatura incrementa 2°C	Pérdidas por morbilidad (pesos)
Paludismo	131	1.1%	4	\$319, 000
Dengue	10, 201	1.75%	370	\$29, 507, 500
Enfermedades infecciosas gastrointestinales	84, 389	1.07%	1, 806	\$144, 028, 500
<b>Total</b>			<b>20, 180</b>	<b>\$173, 855, 000</b>

**Gráfico 2.30.** Morbilidad en el año 2005 por efecto del cambio climático.

**Fuente:** Estudio sobre economía del cambio climático en México, p. 42.

Como consecuencia de los incendios forestales, en el 2004 se emitieron 1.3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. El costo de abatir esas emisiones fue de \$104 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente<sup>18</sup>, por lo que el costo de estas emisiones es de \$1,471 millones de pesos.

El cambio climático también provocará un incremento en las enfermedades y la mortalidad asociadas tanto al aumento de la temperatura como a una mayor concentración de gases contaminantes en la atmósfera.

Respecto a la valoración económica del impacto del cambio climático sobre la salud, existe poco trabajo relacionado. Sin embargo, en el gráfico 2.30 se puede apreciar que para el año 2005, las enfermedades asociadas al aumento de la temperatura como dengue, paludismo e infecciones gastrointestinales casi alcanzaron los \$173 millones de pesos sólo para ese año. Es necesario desarrollar estudios que indiquen claramente cuál será el comportamiento de distintas enfermedades ligadas al cambio climático. Existen algunos datos para paludismo y dengue y de enfermedades diarreicas, pero no se han definido en el caso de mortalidad, por ejemplo. Así mismo, hay datos de aumentos esperados en el caso de mortalidad por golpe de calor, pero no hay datos de morbilidad.

En el estudio *La economía del cambio climático en México*<sup>19</sup> se señala que dichos impactos alcanzarán para el año 2100, en promedio, el 6.22 por ciento del PIB actual. Esto sin considerar actividades pecuarias y eventos extremos, el aumento en el nivel del mar, los costos por las pérdidas de biodiversidad y vidas humanas.

En dicho estudio se observa que los costos económicos de los impactos del cambio climático al 2100 serán al menos tres veces superiores que los costos de mitigación de

50 por ciento de nuestras emisiones<sup>20</sup> para 2050, que se calculan entre 0.70 por ciento y 2.21 por ciento del PIB. Así, pues, a todas luces resulta más eficiente actuar lo más pronto posible que seguir postergando las medidas que de una u otra forma tendremos que llevar a cabo si queremos asegurar nuestra permanencia en el planeta.

Por el lado de la adaptación, que se desarrollará a detalle en la tercera parte del presente documento, el mismo estudio confirma que aun cuando algunas medidas de adaptación ya están en curso en nuestro país, son insuficientes y que incluso en ocasiones tienen efectos perversos. Por ello, una estrategia nacional en materia de cambio climático para México debe contener medidas de adaptación a corto, mediano y largo plazos.

Se observa también que los costos económicos estimados por huracanes han alcanzado en su peor estación el 0.59 por ciento del PIB en 2005 y en promedio entre 1997 y 2005 representaron el 0.12 por ciento del PIB en el periodo comprendido en los años señalados. Estas cifras no consideran los costos ocasionados por las muertes por huracanes.

Como se puede apreciar en el gráfico 2.31, los costos potenciales por huracanes y tormentas tropicales en los 25 municipios identificados como más vulnerables<sup>21</sup> de entre los 153 municipios costeros del país, ascenderán a 4 mil 339 millones de dólares, con afectaciones a más de 4 millones de habitantes.

<sup>18</sup> *Ibidem*, p. 42.

<sup>19</sup> Galindo, Luis Miguel, coordinador, *La economía del cambio climático en México. Síntesis*, SHCP-Semarnat, México, 2009, pp. 67.

<sup>20</sup> *Ibidem*, p. 6.

<sup>21</sup> El estudio no especifica de qué municipios se habla. Sin embargo, se sabe que las localidades de la península de Yucatán son las más indefensas. El informe del Banco Mundial, "Sea-Level Rise and Storm Surges" reveló que Ciudad del Carmen, Campeche, es la ciudad del continente americano con la mayor situación de riesgo por la intensificación de tormentas.

Sociales	Económicos (millones de dólares)
4.2 millones de habitantes	977.6 sector agrícola
1.0 millones de viviendas	456.7 producción pecuaria
	2, 905.5 actividad turística

**Gráfico 2.31.** Costos potenciales por huracanes en los 25 municipios más vulnerables de México.

**Fuente:** Estudio "La economía del cambio climático en México", p. 40.

Sector	2050											
	Tasa de descuento 0.5%				Tasa de descuento 2%				Tasa de descuento 4%			
	B1	A1B	A2	Promedio de los escenarios	B1	A1B	A2	Promedio de los escenarios	B1	A1B	A2	Promedio de los escenarios
Agrícola	2.11%	2.82%	2.42%	2.45%	1.37%	2.44%	1.56%	1.79%	0.80%	1.07%	0.90%	0.92%
Agua	7.59%	7.59%	7.59%	7.59%	4.02%	4.02%	4.02%	4.02%	2.20%	2.20%	2.20%	2.20%
Uso de suelo	0.17%	0.37%	0.57%	0.37%	0.08%	0.18%	0.28%	0.18%	0.03%	0.07%	0.11%	0.07%
Biodiversidad	0.02%	0.05%	0.02%	0.03%	0.01%	0.03%	0.01%	0.02%	0.01%	0.02%	0.00%	0.01%
Turismo internacional	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Total</b>	<b>9.90%</b>	<b>10.84%</b>	<b>10.60%</b>	<b>10.45%</b>	<b>5.49%</b>	<b>6.68%</b>	<b>5.87%</b>	<b>6.01%</b>	<b>3.04%</b>	<b>3.36%</b>	<b>3.21%</b>	<b>3.20%</b>
Pecuario	1.10%	1.44%	1.24%	1.26%	0.71%	0.94%	0.80%	0.82%	0.41%	0.55%	0.46%	0.47%
Biodiversidad indirecto	0.23%	0.42%	0.16%	0.27%	0.13%	0.16%	0.06%	0.12%	0.08%	0.01%	0.01%	0.03%
<b>Total (incluyendo pecuario y biodiversidad indirecto)</b>	<b>11.22%</b>	<b>12.70%</b>	<b>12.01%</b>	<b>11.98%</b>	<b>6.34%</b>	<b>7.78%</b>	<b>6.73%</b>	<b>6.95%</b>	<b>3.53%</b>	<b>3.68%</b>	<b>3.68%</b>	<b>3.71%</b>

Gráfico 2.32 Costos totales del cambio climático para la economía mexicana al 2050.

Sector	2100											
	Tasa de descuento 0.5%				Tasa de descuento 2%				Tasa de descuento 4%			
	B1	A1B	A2	Promedio de los escenarios	B1	A1B	A2	Promedio de los escenarios	B1	A1B	A2	Promedio de los escenarios
Agrícola	7.54%	11.15%	11.05%	9.91%	3.34%	4.83%	4.63%	4.26%	1.35%	1.91%	1.74%	1.67%
Agua	18.85%	18.85%	18.85%	18.85%	9.41%	9.41%	9.41%	9.41%	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%
Uso de suelo	-0.41%	-0.28%	-0.15%	-0.28%	-0.12%	-0.08%	-0.04%	-0.08%	-0.02%	-0.02%	-0.01%	-0.02%
Biodiversidad	0.18%	0.67%	0.71%	0.52%	0.06%	0.22%	0.24%	0.17%	0.02%	0.05%	0.06%	0.04%
Turismo internacional	0.09%	0.19%	0.18%	0.16%	0.04%	0.08%	0.07%	0.06%	0.02%	0.03%	0.03%	0.02%
<b>Total</b>	<b>26.24%</b>	<b>30.58%</b>	<b>30.64%</b>	<b>29.16%</b>	<b>12.73%</b>	<b>14.46%</b>	<b>14.30%</b>	<b>13.83%</b>	<b>5.86%</b>	<b>6.48%</b>	<b>6.32%</b>	<b>6.22%</b>
Pecuario	3.76%	5.27%	5.18%	4.73%	1.68%	2.32%	2.21%	2.07%	0.69%	0.94%	0.86%	0.83%
Biodiversidad indirecto	3.63%	8.53%	7.58%	6.58%	1.35%	3.04%	2.63%	2.34%	0.42%	0.80%	0.69%	0.63%
<b>Total (incluyendo pecuario y biodiversidad indirecto)</b>	<b>33.63%</b>	<b>44.38%</b>	<b>43.40%</b>	<b>40.47%</b>	<b>15.76%</b>	<b>19.82%</b>	<b>19.14%</b>	<b>18.24%</b>	<b>6.96%</b>	<b>8.21%</b>	<b>7.86%</b>	<b>7.68%</b>

Gráfico 2.33 Costos totales del cambio climático para la economía mexicana al 2100.

Fuente: Estudio "La economía del cambio climático en México". p.54-55.

De acuerdo con la información presentada en los gráficos 2.32 y 2.33, se calcula que para 2050, los costos del cambio del clima pudieran ir desde el 3.71 por ciento a casi 12 por ciento del PIB; mientras que para fines de siglo, los impactos pudieran representar hasta el 40 por ciento del PIB.

Considerando los altos costos de los impactos indeseados del cambio climático en nuestro país, es imperativo que la economía mexicana transite hacia a una trayectoria de crecimiento de baja intensidad de carbono a la par

que el resto de las economías del mundo en los próximos años, al mismo tiempo que realiza un proceso de adaptación que minimice los impactos del cambio climático. Si bien los recursos monetarios y financieros requeridos para ello son ciertamente significativos, el costo de la inacción será muy superior a la inversión de actuar a tiempo. Más allá del financiamiento internacional disponible actualmente y a futuro, México debe plantearse la necesidad de destinar recursos propios y adicionales para cumplir tanto con sus metas de mitigación como con los retos que implica la adaptación.

## III. Vulnerabilidad y adaptación de México ante el cambio climático

### 3.1 El cambio climático observado

**Dra. Cecilia Conde**, Profesora-Investigadora del Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. Miembro del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático galardonado con el Premio Nóbel de la Paz 2007.

El cambio climático es el problema ambiental más grave del presente siglo. Si bien en la historia del planeta se han dado, y seguramente se seguirán dando, cambios climáticos globales (recordemos las glaciaciones, por ejemplo), el cambio climático observado está ocurriendo en lapsos que harán muy difíciles los ajustes o adecuaciones de los sistemas biológicos y de los sistemas productivos humanos.

A diferencia de las glaciaciones, o del lejano pero inevitable agotamiento del sol, una de las características más importantes del presente cambio climático es que está asociado a acciones humanas. Esto implicaría que si la humanidad cambia la forma en que se relaciona con el ambiente, este cambio climático acelerado podría reducir su velocidad o incluso estabilizarse.

En el Cuarto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, en inglés), este organismo de las Naciones Unidas establece por primera vez que el calentamiento global es inequívoco; su grupo de trabajo I (IPCC, WGI, 2007<sup>1</sup>), señala que “la mayor parte del calentamiento global observado durante el siglo XX se debe muy probablemente (90 por ciento de confianza) al aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero causado por las sociedades humanas”.

Los cambios observados no sólo se reducen al aumento de la temperatura global (alrededor de 0.74°C en los pasados 100 años), sino que también se observan alarmantes reducciones en los cuerpos de hielo y nieve terrestres, en especial en las regiones polares. Seguramente el cambio observado más sobresaliente se está dando en el Ártico. Si para el 2005 se habían perdido en esa región cerca de un millón de kilómetros cuadrados de hielo oceánico, para el 2007 esa pérdida se acercó a la cifra de 4.28 millones de km<sup>2</sup>.

Si aunamos a ese derretimiento el efecto de la expansión térmica del océano, entonces tenemos como conse-

cuencia el aumento de nivel del mar observado: entre 6 y 10 cm durante el periodo 1961 a 2003. Puede parecer poco, pero la última vez (hace 125 mil años) que las regiones polares estuvieron significativamente más calientes que ahora, el derretimiento del hielo polar llevó a aumentos en el nivel del mar de entre 4 y 6 metros. Así, el derretimiento acelerado descrito no solamente es preocupante por el impacto adverso que tiene en las formas de vida de la fauna y grupos humanos del mismo Ártico, sino por la posible afectación en las costas de los países continentales o por el grave riesgo en que se encuentran los países isleños. Entre otras reacciones humanas, podemos alarmarnos ante las negociaciones que se están dando entre los países limítrofes del Polo Norte, como Rusia, Estados Unidos y Canadá. Ellos quisieran saber a quiénes pertenecerían las nuevas rutas de navegación que ya se están dando (septiembre de 2007 y septiembre de 2008) así como los vastos recursos petroleros y minerales que existen en la región.

Por otra parte, ante el calentamiento oceánico se ha observado el aumento del número de huracanes de categorías 4 y 5, que casi se han duplicado entre 1970 y 2004, mientras que los de categoría 1 han disminuido ligeramente. Para países como México, éstas no son buenas noticias.

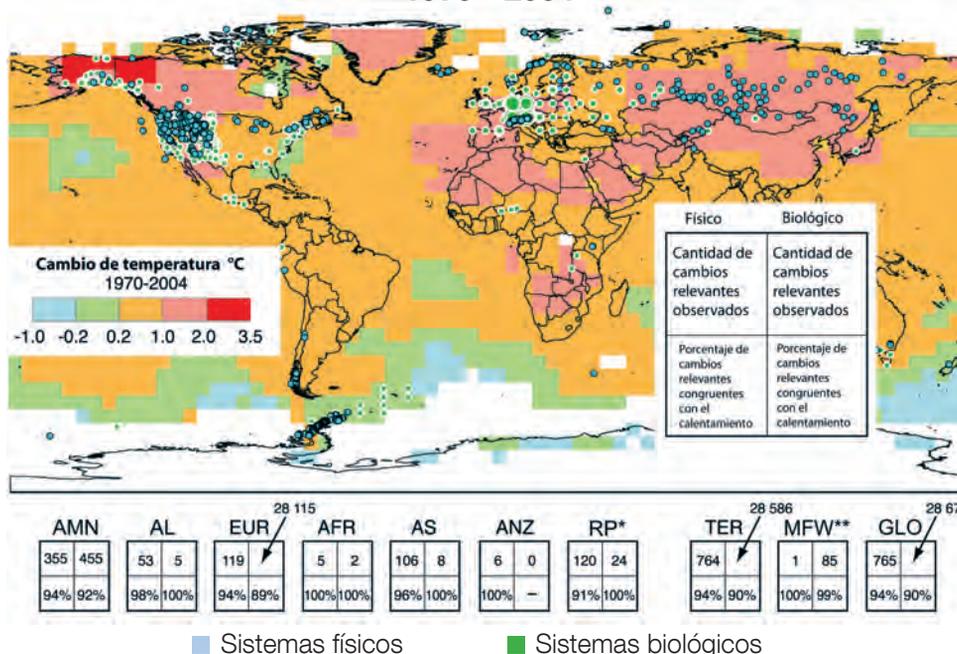
Asimismo, una atmósfera más caliente implica en primera instancia que las lluvias torrenciales pueden ser más frecuentes. Sin embargo, aunado a eventos de inundaciones también se están presentando periodos de sequías más intensas y prolongadas.

Por lo anterior, podemos afirmar que el clima está cambiando ya, y que de continuar las tendencias de cambios en la composición atmosférica por acciones humanas, esos cambios serán más rápidos y más intensos.

Por supuesto, el calentamiento global no es uniforme. Se observa mayor calentamiento a medida que nos aproximamos al polo norte, y aún hay regiones en que este calentamiento no es perceptible. Sin embargo, los efectos en los sistemas físicos y biológicos se están produciendo; se observan especialmente cambios en los

<sup>1</sup> IPCC, WGI, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 18 pp. [en <http://www.ipcc.ch/>, ver la versión en español].

1970 - 2004



**Gráfico 3.1** Lugares con cambios significativos observados en sistemas físicos (nieve, hielo y terreno congelado; hidrología y procesos costeros) y biológicos (sistemas biológicos terrestres, marinos y de agua dulce), conjuntamente con cambios en la temperatura del aire en superficie durante el período de 1970-2004. Se seleccionó un subconjunto de unas 29.000 series de datos de aproximadamente 80.000 series de datos de 577 estudios. Los recuadros de 2 X 2 muestran el número total de series de datos con cambios significativos (línea superior) y el porcentaje de aquellas acordes con el calentamiento (línea inferior para (i) regiones continentales: América del Norte (AMN), América Latina (AL), Europa (EUR), África (AFR), Asia (AS), Australia y Nueva Zelanda (ANZ) y Regiones Polares (RP) y a escala mundial: Terrestre (TER), Marino y de Agua Dulce (MAD) y Mundial (MUN).

**Fuente:** IPCC, WGII, 2007: Resumen para Responsables de Políticas. En, Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 12 pp [en <http://www.ipcc.ch/>, ver la versión en español].

derretimientos de hielo y nieve que determinan los caudales de ríos y niveles de cuerpos de agua, como lagunas y lagos continentales. Asimismo, se ha documentado una migración fuera de tiempo de aves y especies marinas, además de adelantos en las floraciones de la vegetación (gráfico 3.1).

Cabe aclarar que, si bien los cambios más relevantes en la figura 1 siguen el patrón de calentamiento observado, también es cierto que en países menos desarrollados la evidencia científica no se ha recopilado de tal forma que pueda ser incluida en los consensos científicos que presenta el IPCC. Esto es, sólo con estudios rigurosos es posible “aparecer” en el mapa de impactos observados y desgraciadamente no todos los países cuentan con un sistema científico y técnico que les permita realizar este tipo de estudios, como en Europa, que realizó cerca de

28 mil investigaciones rigurosas que pudieron ser incluidas en el Cuarto Reporte del Grupo II del IPCC (IPCC – WGII, 2007).

Si lo descrito hasta aquí es la evidencia científica que permite afirmar que el cambio climático ya es inequívoco, a futuro se proyectan impactos mucho más acentuados. Aquí surge el otro consenso relevante del IPCC: el cambio climático futuro es incierto (Liverman, 2008<sup>2</sup>). La ciencia espera reducir la incertidumbre de las proyecciones de cambio climático a futuro, pero la sociedad no puede esperar a que eso ocurra, pues el cambio ya se está presentando.

<sup>2</sup> Liverman, D. 2007. From Uncertain to Unequivocal. The IPCC Fourth Assessment Report on the Physical Science Basis of Climate Change. Report on Reports. Environment. 49(8): 36 - 38.

Resulta que para saber cómo sería el clima futuro requerimos saber cuánto van a emitir las sociedades humanas, y con ello, cuánto se va a alterar la composición atmosférica terrestre. Sin embargo, para saber esas emisiones, requeriríamos saber cuánto y con qué intensidad seguirá la humanidad quemando combustibles fósiles, cuán rápida será nuestra capacidad de establecer tecnologías nuevas – en particular las asociadas a fuentes de energía alternas-, cuánto crecerá la población mundial, y cómo se dará el cambio del uso de suelo, dada la frenética deforestación global. En síntesis, para las proyecciones del clima futuro requerimos saber cómo cambiarán la economía y la sociedad globalmente.

Ante la imposibilidad de reducir esas incertidumbres, requerimos saber cómo vamos a manejarnos socialmente con ella; esto es, cómo tomar decisiones ahora en un contexto de incertidumbre futura, de tal suerte que nuestras decisiones y acciones impacten positivamente en el clima global.

### 3.1.1 El cambio climático futuro

Por las incertidumbres descritas, para las proyecciones del clima futuro no se construyen pronósticos climáticos, sino que se generan los llamados escenarios. Además de las incertidumbres en las emisiones futuras, también existen incertidumbres asociadas a la modelación del clima.

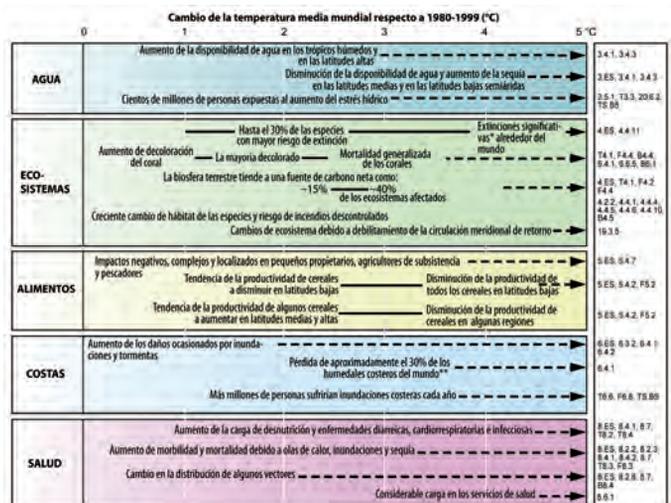
El sistema climático es un sistema complejo, altamente no lineal, por lo que hay límites en la capacidad actual para desarrollar modelos climáticos que pudieran simular con toda precisión las condiciones futuras atmosféricas, oceánicas, continentales, y de cuerpos de hielo y nieve, y las interacciones entre estos componentes del sistema climático. Los modelos más avanzados para hacer estas simulaciones se denominan Modelos de Circulación General Acoplados al Océano (AOGCM, en inglés). Estos modelos tienen una resolución de varios kilómetros cuadrados, por lo que tienen también limitaciones para describir climas locales o en regiones reducidas. Podría decirse que pocos de ellos “ven” a los países centroamericanos, por ejemplo.

Con todo y esas fuentes de incertidumbre, todos los modelos coinciden en que, si la humanidad sigue aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero –y cambiando con ello la composición de la atmósfera–, el planeta se calentará entre 1.8 y 4°C, aunque podría ser

más. El nivel del mar puede aumentar entre 16 a 59 cm, y se multiplicarán e intensificarán las ondas de calor, las lluvias torrenciales y las sequías.

En términos de los posibles impactos, podríamos decir que se agudizarían los impactos ya observados, y explícitamente se afectarían eventualmente los sectores productivos humanos (agricultura, forestal, ganadería, pesquerías, por ejemplo) y sistemas tan importantes para nuestras sociedades como los recursos hídricos, la biodiversidad, y la salud humana.

Podemos decir que todos los impactos descritos se pueden denominar potenciales; esto es, si la humanidad no actúa para reducir sus emisiones -que se denomina mitigación (IPCC, WGIII, 2007)<sup>3</sup>- y si no se disminuye la vulnerabilidad actual de las sociedades humanas, con



**Gráfico 3.2.** Ejemplos ilustrativos de los impactos mundiales de los cambios climáticos previstos (y el dióxido de carbono a nivel del mar y atmosférico cuando es relevante) asociados a las diferentes cantidades de aumento de la temperatura media global en superficie en el siglo XXI. Las líneas negras vinculan los impactos, las líneas discontinuas con flecha indican los impactos que continúan con el aumento de la temperatura. Las entradas están situadas de tal modo que a la izquierda del texto indican el comienzo aproximado de un impacto dado. Las entradas cuantitativas sobre la escasez de agua y sobre las inundaciones representan el impacto adicional del cambio climático en relación con las condiciones previstas en la serie de escenarios de emisiones. En estas estimaciones no se incluye la adaptación a los cambios climáticos. Todas las entradas proceden de estudios publicados presentados en capítulos del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. Los niveles de confianza de todas las afirmaciones son elevados.

el diseño de estrategias en cada uno de esos sectores –que se denominan adaptación (IPCC, WGII; 2007)-, entonces es muy probable que se presenten los impactos descritos en la figura 2, o incluso mayores.

### 3.1.2 Vulnerabilidad y adaptación actuales y futuras

Por lo pronto, se cuenta con poca información sobre qué están haciendo los grupos humanos en donde los impactos biofísicos se están dando (figura 1). Seguramente, para el Quinto Reporte del IPCC tendremos el conjunto de estudios que nos podrían decir qué está ocurriendo en las regiones con mayores impactos, no sólo por su número, sino por su intensidad.

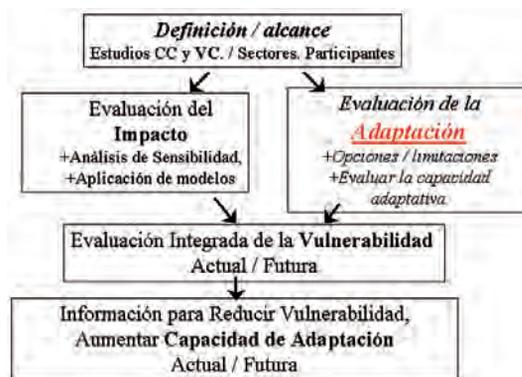
Para el IPCC (WGII, 2007) la vulnerabilidad está caracterizada por la exposición, sensibilidad y adaptabilidad intrínseca (capacidad adaptativa) de cada sistema (o sector) a la variabilidad climática, a los eventos extremos y al cambio climático. Si un sistema se encuentra expuesto en regiones donde los cambios climáticos por acciones humanas o por causa natural (variabilidad) son mayores, entonces potencialmente su afectación –o vulnerabilidad– es o será mayor. Estos sistemas presentan además sensibilidades diferentes; por ejemplo, los productores de nopales seguramente se preocupan menos por los cambios en la distribución estacional de la lluvia que los productores de granos básicos.

A la capacidad de ajustarse de los sistemas se le denomina adaptación. Ésta se hace evidente cuando se dan respuestas, o acciones, y a la capacidad potencial de ejercer esas respuestas se le llama capacidad adaptativa. Las adaptaciones pueden ser espontáneas o planificadas, y ejercerse antes o después de los cambios en el clima. Un aspecto muy importante de la adaptación es que requiere forzosamente de cambios en las prácticas, procesos y estructuras en los sistemas humanos, para así moderar los posibles daños o aún beneficiarse de las oportunidades que se pudieran presentar (ante una disminución de las heladas, por poner un ejemplo en el sector agrícola). Así, la capacidad adaptativa está relacionada con factores sociales y económicos que pueden dar a los sistemas humanos la flexibilidad para realizar cambios en sus prácticas o procesos (cambios de cultivo, por ejemplo), también pueden permitirles tener estabilidad (regresar a las condiciones previas) ante eventos climáticos adversos, y/o tienen acceso a recursos humanos (conocimientos propios o proporcionados por

otras instancias sociales) y/o a recursos económicos. A este acceso a recursos se le puede denominar equidad.

El factor de acceso a recursos económicos es indudablemente muy importante. Difícilmente habrá en el futuro medidas de adaptación “gratuitas”. Es de esperarse que éstas tengan un costo, que podría ser inalcanzable en algunos casos. Otro factor que debe considerarse es que pueden encontrarse barreras a la aplicación de ciertas medidas de adaptación. Es muy probable que ante un escenario de escasez de agua, por ejemplo, se presenten choques de intereses entre los sectores agrícola, urbano, industrial, ganadero, etc.

Por lo anterior, los nuevos estudios de cambio climático se están orientando a buscar los métodos que permitan el diseño de políticas de adaptación (figura 3). Esto significa que para la adaptación no sólo se requieren la aplicación de técnicas o de innovaciones técnicas. Se requiere involucrar a los posibles afectados y a los tomadores de decisiones en el diseño y la aplicación de esas medidas<sup>4</sup>, pues las barreras económicas, sociales y/o culturales pueden hacer inviable hasta la que hipotéticamente sea la mejor medida de adaptación.



**Gráfico 3.3** Componentes para un marco de políticas de adaptación. Estudios de CC y VC significa estudios de cambio climático y de variabilidad climáticos (Conde, 2003<sup>5</sup>, a partir de Lim et al, 2006)<sup>6</sup>.

<sup>3</sup> IPCC, WGII, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 24 pp. [en <http://www.ipcc.ch/>, ver la versión en español]

<sup>4</sup> Conde, C., K. Lonsdale. 2006. Participación de las Partes Interesadas en el Proceso de Adaptación. En: Lim, B., E. Spanger-Siegrfried (ed.). 2006. Marcos de Políticas de Adaptación. Desarrollando Estrategias, Políticas y Medidas. PNUD, GEF. Cambridge Univ. Press. 47-66.

<sup>5</sup> Conde, C. 2003. Cambio y Variabilidad Climáticos. Dos Estudios de Caso en México. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias (Física de la Atmósfera). Posgrado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 227 pp.

<sup>6</sup> Lim, B., E. Spanger-Siegrfried (ed.). 2006. Marcos de Políticas de Adaptación. Desarrollando Estrategias, Políticas y Medidas. PNUD, GEF. Cambridge Univ. Press. 258 pp.

Si bien la mayoría de las investigaciones reportadas en el Cuarto Reporte del IPCC se concentran en la rama izquierda mostrada en la figura 3, cada vez hay más estudios que prestan atención a los factores de vulnerabilidad y adaptación actuales. Sin ese estudio de la historia de las acciones y afectaciones humanas ante la variabilidad climática y el cambio climático observados, difícilmente las propuestas de adaptación tendrán viabilidad. También, esos estudios son fundamentales para la toma de decisiones, puesto que los actores que decidirán requieren información de buena calidad sobre: los impactos que están ocurriendo, la localización de grupos y sistemas afectados; la identificación y evaluaciones de adaptaciones existentes y posibles; y bases para comparar y priorizar respuestas de adaptación y mitigación.

### 3.1.3 Acciones en México: documentos y estudios

En México se presentó en el año 2007 la Estrategia Nacional de Acción Climática (ENAC)<sup>7</sup> por parte del ejecutivo federal. En esa estrategia se detallan los impactos hidrometeorológicos que han afectado al país, y se describen los impactos y costos asociados a éstos. Ante los posibles escenarios de cambio climático, en esa estrategia se establece que “el cambio climático es un problema de seguridad nacional”. Esta declaración es fundamental para la construcción de políticas de adaptación a nivel nacional. Asimismo, en julio y septiembre del 2008 se realizaron reuniones convocadas por la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Cámara de Diputados, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), entre otras organizaciones, para profundizar en el tema de cambio climático como un problema de seguridad nacional<sup>8</sup>. En las conclusiones de esas reuniones se estableció que: el cambio climático se presenta como un riesgo muy serio en el intento de reducir la pobreza y amenaza con impedir el desarrollo social y económico de las naciones. De seguir la tendencia actual, para el año 2050 este fenómeno reducirá un 25 por ciento el área cultivable del país, la mitad de los ecosistemas de bosques tendrán vegetación de climas más secos. (Si se intensifican) la desertificación y las sequías, ... según el Banco Mundial, éstas afectarán al 80 por ciento población en rápido crecimiento de México, es decir aquella población concentrada en las áreas del norte y centro, las cuales representan más del 80 por ciento del PIB, más del 90 por ciento por ciento de la irrigación y el 75 por ciento de la actividad industrial. En el 2009, se presentó a la opinión pública el Programa Especial

de Cambio Climático 2008 – 2012<sup>9</sup> (PECC). En éste se detallan las acciones que emprenderá el país para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y para aplicar medidas de adaptación para los sectores relevantes: recursos hídricos; agricultura, ganadería, silvicultura y pesca; ecosistemas; energía, industria y servicios; ordenamiento territorial y desarrollo urbano y salud pública.

A nivel estatal, el estado de Veracruz concluyó en 2008 su Plan Estatal de Acción Climática (Tejeda, 2008<sup>10</sup>), el primero de su tipo en México. En la elaboración de este Plan se conjuntaron los esfuerzos de cerca de 40 científicos del estado. Los resultados del estudio fueron sometidos en el 2009 a una consulta pública (al igual que la ENAC y el PECC). También, en diciembre de ese año realizó un taller para funcionarios y científicos<sup>11</sup> de por lo menos 17 estados a los que se les entregó una Guía Metodológica para la Elaboración de Planes Estatales<sup>12</sup>, junto con una Guía para la Elaboración de Escenarios de Cambio Climático Regional<sup>13</sup>. Es claro que si los estados del país impulsan sus propios planes de acción climática, se tendrá una masa crítica en el país para profundizar los estudios de cambio climático, lo que es fundamental para pasar de las generalidades sobre posibles medidas de adaptación, al diseño específico de aquellas que contemplan la gran diversidad que existe en nuestro país. Este punto es sumamente importante, pues trivializar las medidas de adaptación (“si faltara el agua, pues hay que poner riego”, por ejemplo), entraña el gran peligro de la inacción. Finalmente, otro documento que es importante citar es el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México<sup>14</sup>. Es muy relevante que haya sido el propio gobierno del Distrito Federal (GDF) el que haya desarrollado este programa. Tiene la gran virtud de incluir explícitamente la inversión del presupuesto de la ciudad que se dedicarán a cada acción planteada. Además, el GDF ha instalado, junto con el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la

<sup>7</sup> Ejecutivo Federal. 2007. Estrategia Nacional de Acción Climática. Respuesta de México ante el cambio climático global. [http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica\\_ambiental/cambio-climatico/Pages/estrategia.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambio-climatico/Pages/estrategia.aspx)

<sup>8</sup> [www.cambioclimaticoyseguridadnacional.org/documentos.php](http://www.cambioclimaticoyseguridadnacional.org/documentos.php)

<sup>9</sup> Ejecutivo Federal. 2009. Programa Especial de Cambio Climático 2008 – 2012. (PECC). [http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica\\_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx)

<sup>10</sup> Tejeda-Martínez, A. (coordinador). 2008. Plan Veracruzano Preliminar de Adaptación al Cambio Climático. 75 pp.

<sup>11</sup> [http://www.atmosfera.unam.mx/cclimatico/escenarios/Taller\\_CCA\\_INE\\_dic08.htm](http://www.atmosfera.unam.mx/cclimatico/escenarios/Taller_CCA_INE_dic08.htm)

<sup>12</sup> Tejeda, A., C. Conde (coordinadores). L. Conde, T. García, M.E. Guadarrama, A. Gutiérrez, E. López, C. Magaña, C. Ochoa, G. Salas, S. Salazar, C. Welsh, 2008. Guía para la Elaboración de Programas Estatales de Acción Ante el Cambio Climático (PEACC). Tercera Versión Corregida y Aumentada. Noviembre, 2008. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Veracruzana. 83 pp

<sup>13</sup> Conde, C., C. Gay (coordinadores). F. Estrada, A. Fernández, F. López, M. Lozano, V. Magaña, B. Martínez, O. Sánchez, J. Ramírez, J. Zavala, D. Zermeno (colaboradores). 2008. Guía para la Generación de Escenarios de Cambio Climático a Escala Regional. Primera Versión. Noviembre 2008. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. 105 pp.

<sup>14</sup> Secretaría del Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal. 2008. Programa de Acción Climática. Ciudad de México 2008-2012. Resumen. Gobierno del DF. 22 pp.

UNAM (CCA-UNAM), el Centro Virtual de Cambio Climático (CVCC<sup>15</sup>) que coordina los estudios específicos que para la Ciudad de México se requieren a fin de enfrentar los posibles impactos del cambio climático en esta región.

Si bien la lista anterior no es exhaustiva, es un hecho que ante el problema del cambio climático y sus impactos sí se está generando investigación, hay iniciativas y participación de actores políticos clave. Con ello, es posible esperar que las medidas de adaptación sean exitosas. México tiene una gran ventaja con respecto a otros países en desarrollo: se está dando una conjunción entre ciencia y política. La ciencia tiene que ser rigurosa, pero tiene que ser políticamente relevante si aspira a sustentar los programas o planes de acción climáticos.

Sin embargo, antes de asegurar el éxito de las acciones de adaptación que se plantean, es importante señalar aquello que las puede poner en riesgo. En general, la visión sigue poniendo el énfasis en la rama izquierda de la figura 3: escenarios-impactos potenciales. Además, no hay elementos que nos permitan saber quiénes son vulnerables, a qué y por qué. Sin una visión crítica de las prácticas, procesos y estructuras que son fuente de vulnerabilidad, es muy difícil hacer una evaluación de las capacidades adaptativas actuales. Contamos con algunos datos que sí apuntan cuáles son las fuentes de la vulnerabilidad. Por ejemplo, se menciona que: “los riesgos asociados al cambio climático están ligados a la inequidad de acceso a recursos: 64 por ciento de hogares viven con menos de 4 salarios mínimos (ENAC, 2008)”. Este aspecto es muy relevante, pues la pobreza indudablemente es fuente de vulnerabilidad social (aunque no es lo mismo vulnerabilidad al cambio climático que pobreza). En cuanto a adaptación, estos documentos sí nos señalan que “la adaptación se debe basar en políticas transversales entre los tres niveles de gobierno, las organizaciones sociales y las instituciones de investigación”, y que, “se requiere incrementar las capacidades regionales para planear, prevenir y responder. Esto es clave para el diseño de estrategias de desarrollo” (ENAC, 2008).

Otro aspecto que no se incluye de forma explícita en los documentos citados es la intervención directa o involucramiento de los posibles afectados – o “partes interesadas” – por el cambio climático, incluyendo en ello el cómo la sociedad civil participará y finalmente hará suya una estrategia nacional y/o regional. El problema es similar a la falta del factor humano que se muestra en la figura 1, no sabemos quiénes son los afectados en la actualidad

y qué están haciendo al respecto. Por otra parte, México es el único país en el mundo que ya presentó en el 2009, su Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas. La gran mayoría de los otros países se encuentran desarrollando sus Segundas Comunicaciones. Estas comunicaciones nacionales las presentan los países como los últimos avances en los estudios de cambio climático nacional y regional, estableciendo en ellas los impactos potenciales y las alternativas de mitigación y acciones de adaptación que están dispuestos a emprender. Algunos de los que participamos en la elaboración de esa Cuarta Comunicación consideramos que es muy importante involucrar ya a los posibles afectados tanto en la redacción como en la difusión y aplicación de los resultados que ahí se presentan. Esto es, creemos que la Comunicación Nacional debe ser producto de comunicaciones previas con los diferentes actores sociales, y que, eventualmente, ese documento debe comunicarle a los posibles afectados su condición actual y su posible situación futura.

Finalmente, hay que señalar que se han realizado o se están realizando algunos estudios siguiendo los métodos propuestos por el marco de políticas de adaptación (APF, Lim et al, 2006; Conde et al, 2006<sup>16</sup>; Conde et al, 2009<sup>17</sup>). Esencialmente, se trata de estudios de caso, desarrollados en pequeñas comunidades. Los posibles afectados participan desde el diseño del proyecto, y se parte de generar con ellos medidas de adaptación actuales, que puedan ser viables a futuro. Las debilidades que entrañan este tipo de proyectos se encuentran precisamente en su escala. Nada asegura que lo que puede ser viable en esa comunidad lo sea también en comunidades aledañas, mucho menos para las que se encuentren fuera de las regiones en estudio. También es cierto que el posible fracaso de las medidas de adaptación particulares, esto es un gran riesgo que corren estos proyectos (Conde et al, 2006). Sin embargo, el esfuerzo por aplicar métodos que involucren a los afectados, el conocimiento que estos adquieren sobre el problema del cambio climático en México, la interacción de los científicos con los actores locales son, en sí, acciones de adaptación que no son visibles, pero sumamente importantes si esos actores finalmente tomarán el problema en sus manos.

<sup>15</sup> <http://132.248.8.222/cvccm>

<sup>16</sup> Conde C., R. Ferrer, S. Orozco, 2006. Climate change and climate Variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmósfera*. 19(3): 181-194.

<sup>17</sup> Conde, C., M.C. Calderón, T. Castro. 2009. Proyecto: integrada de algunos factores ambientales que determinan la capacidad adaptativa de los productores de café en la región central de Veracruz, México ante condiciones de variabilidad y cambio climáticos. PAPIIT, UNAM. 29 pp.

## 3.2 La adaptación al cambio climático: ¿de quién o para quién? Siete argumentos para un manual

**Dr. Cuautémoc León**, Investigador asociado, Centro de Especialistas en Gestión Ambiental (CEGAM), y exdirector académico del Programa LEAD México; Dr. Víctor Magaña, Investigador en Meteorología, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México; y Lic. Lilián Guigue, Investigador asociado, CEGAM.

*“La evolución biológica ha sido totalmente trascendida por la evolución cultural. Los cambios en la evolución biológica ocurren en la escala de miles de generaciones; en la evolución cultural ocurren en la escala de décadas, de años, de meses o semanas; es mucho más rápida y efectiva. Nosotros todavía seguimos siendo animales tropicales adaptados a vivir a una temperatura de 25 grados y, sin embargo, los humanos hemos colonizado Siberia y el norte de Canadá no porque nos hayamos adaptado fisiológicamente a vivir en el frío, sino porque creamos el ambiente, las condiciones necesarias para nosotros. En la evolución biológica, los genes se adaptan al ambiente; en la evolución cultural modificamos el ambiente para que se adapte a las necesidades de nuestros genes... La evolución cultural es un modo de adaptación mucho más eficiente que la biológica, por eso lo que predomina ahora en la humanidad es la evolución cultural, las modificaciones del ambiente que hacemos para facilitar nuestra vida.”*  
Francisco J. Ayala<sup>18</sup>.

El cambio climático se relacionó con efectos físicos de consecuencias sociales, económicas y ambientales constituyéndose en uno de los grandes retos para el desarrollo humano. Aunque es difícil establecer con precisión cuáles serán los impactos en regiones, sectores o grupos sociales particulares, es muy probable que el futuro no sea promisorio a menos que se comience a actuar desde ahora para resolver lo que se considera el problema ambiental más importante del presente siglo. Las acciones requeridas van desde los estudios de los

procesos propiamente hidrometeorológicos hasta aquellos de carácter político, éticos, económicos, productivos, de seguridad alimentaria y muchos otros.

De acuerdo con el consenso alcanzado por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático en su Cuarto Informe de Evaluación<sup>19</sup>, el futuro del planeta está en riesgo a menos que se actúe de forma conjunta en todo el planeta, pero también en forma regional y local. De ahí que todo el discurso de acción se divida en dos grandes apartados: la mitigación, que busca reducir las fuentes de emisiones de los GEI reduciendo su concentración en la atmósfera que limite el calentamiento del planeta; y la adaptación, que busca desarrollar estrategias y acciones para disminuir la vulnerabilidad de regiones, grupos sociales o sectores económicos ante anomalías climáticas, de forma tal que los impactos negativos proyectados bajo cambio climático sean menores o eliminados, y que se puedan aprovechar las oportunidades asociadas a un nuevo clima.

Se cuenta con elementos para establecer que aun en las actuales condiciones de salud de los ecosistemas, prácticamente todas las sociedades del mundo tienen diferentes grados de vulnerabilidad que ponen en riesgo su futuro. Parece difícil que muchos países cumplan con las metas del milenio. La pobreza y el deterioro ambiental no sólo siguen aumentando, sino que han entrado en una espiral de aumento que sobrepasa las fronteras de los países aparentemente más pobres, para impactar otras regiones. Tal es el caso de África y Europa.

La vulnerabilidad de la sociedad y de los ecosistemas también está en aumento. Las amenazas climáticas, en combinación con el aumento de la vulnerabilidad, son la clave para entender algunos de los desastres recientes. Tan sólo los impactos del fenómeno El Niño dan muestra de la incapacidad para enfrentar condiciones anómalas en el clima. Las sequías, las lluvias torrenciales y los huracanes son también fenómenos que repetidamente experimenta México generando riesgo. Si bien hay un desarrollo institucional que ha surgido como respuesta a dichas amenazas (leyes de protección civil y programas

<sup>18</sup> El País semanal 21/06/2009 [http://www.elpais.com/articulo/portada/teoria/diseño/inteligente/Dios/seria/mayor/abortista/elpepusocepts/20090621elpepspor\\_7/tes](http://www.elpais.com/articulo/portada/teoria/diseño/inteligente/Dios/seria/mayor/abortista/elpepusocepts/20090621elpepspor_7/tes)

<sup>19</sup> IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, Martín L., Canziani, Osvaldo F., Palutikof, Jean P., van der Linden, Paul J., and Hanson, Clair E. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1000 pp.

de gobierno como Fonden<sup>20</sup>, PACC<sup>21</sup>, y otros), el conocimiento científico no ha logrado instalarse en dicho proceso de forma que se desarrollen programas o sistemas de monitoreo y alerta ante El Niño, las sequías, las inundaciones, aun sabiendo que un Sistema de Alerta Temprana ante huracanes constituye uno de los pilares del Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc).

Parte del problema para llevar a la ciencia del clima a la gestión de riesgo ante condiciones meteorológicas extremas es la existencia de un sistema meteorológico incapaz de dar respuesta a las crecientes necesidades de monitoreo, pronóstico y alerta para la planeación en agricultura, desarrollo urbano o la protección civil adecuada a la modernidad y a los cambios y necesidades de un país tan heterogéneo. Tenemos que abandonar el paradigma naturalista del desastre, reduciendo la vulnerabilidad entre otras formas, a través de mejor información climática. El tema de la adaptación como esquema de reducción de la vulnerabilidad de la sociedad a cambios en el clima requiere de un desarrollo de capacidades en diversos ámbitos, entre otros el científico y técnico.

Dada la condición extrema de los ecosistemas, se puede decir que ya es una ilusión suponer que podemos “manejarlos” (sustentablemente o no), aun sin las tendencias climáticas que estamos experimentando y que continuarán, de acuerdo con cualquiera de los escenarios climáticos modelados. El proceso de restauración de laderas, bosques relictos, humedales, corales, cuencas, acuíferos, poblaciones de especies en el mar, fondos submarinos, montañas, etc. requiere intervención inmediata, no para manejarlos en el sentido de administrarlos, sino de restaurarlos con base a pequeñas piezas (en valles agrícolas, laderas, pastizales, bosques fragmentados, pequeños corredores biológicos). Los cambios en temperatura, lluvia y otras variables incrementarán la presión y estrés en los sistemas, pues no tendrán forma de evolucionar en el corto plazo o moverse en el territorio. Reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas (cualquiera que sea su condición) implica conservar e intervenir para su restauración, sino a una condición preexistente, si a una condición funcional útil (productiva) y que lleven a un aumento de sus servicios ambientales.

En el fondo, la adaptación implica un nuevo tipo de diálogo entre científicos y tomadores de decisiones, en procesos complejos. Es necesario acortar el tiempo que toma entender un fenómeno y sus implicaciones o la forma de comunicarlos y el diseño de una respuesta social

(política pública, creación de instituciones, fondos, programas, normas y sistema de inversión en más ciencia y tecnología). La adaptación implica por tanto el desarrollo de nuevas instituciones y relaciones entre academia y gobierno, entre academia y sociedad.

En este documento se revisa el significado de adaptación al cambio climático considerando las pocas experiencias que hasta ahora hay en los países en desarrollo, particularmente en México, y que podría tener cierta validez, al menos para la mayoría de los países y comunidades de Latinoamérica.

### 3.2.1 La definición y las referencias: el punto de partida

La adaptación a la variabilidad climática puede ser vista como una respuesta social organizada encaminada a reducir riesgo o aprovechar oportunidades, proceso que sin duda, y con diferentes ritmos y episodios, se ha dado a lo largo de la historia del hombre llevando a la evolución cultural.

Pero ahora plantearé la necesidad de conjugar dos elementos relativamente novedosos. Por un lado, el reconocimiento explícito de que el clima como lo habíamos conocido hasta ahora no es ni será el mismo dado que poco a poco está cambiando, sobre todo porque ahora la variabilidad quiere decir, entre otras cosas, más eventos extremos. Por otro lado, los ritmos de cambio se están acelerando a un ritmo mayor que el que se pensaba hasta hace unos años como sucede, por ejemplo, en el caso del aumento del nivel medio del mar<sup>22</sup> o el deshielo de los polos. Por tanto, las estructuras productivas y de gobierno tienen poco tiempo para enfrentar el problema y de ahí la necesidad de incluir en la agenda social y de gobierno el tema de cambio climático, pues las consecuencias no son optimistas (ver reporte Stern<sup>23</sup>).

<sup>20</sup> <http://www.proteccioncivil.gob.mx/Portal/PtMain.php?nldFooter=22&nldHeader=2&nldPanel=35>  
<sup>21</sup> Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC): <http://www.sagarpa.gob.mx/programas/Paginas/AtencionContingenciasClimatologicas.aspx> antes Fondo de Atención a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRAC).

<sup>22</sup> Existen muchas citas desde 2007 sobre este tipo de datos. Ver Study results indicate that the ice sheet may be responsible for nearly 25 percent of global sea rise in the past 13 years. The study also shows that seas now are rising by more than 3 millimeters a year—more than 50 percent faster than the average for the 20th century. <http://www.physorg.com/news164034080.html>  
The global sea level looks set to rise far higher than forecast because of changes in the polar ice-sheets, a team of researchers has suggested. Scientists at a climate change summit in Copenhagen said earlier UN estimates were too low and that sea levels could rise by a metre or more by 2100. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7935159.stm>

<sup>23</sup> [http://www.hm-treasury.gov.uk/stern\\_review\\_report.htm](http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm)

Con estos elementos en cuenta, la adaptación al cambio climático implica una transición social rápida para la creación de capacidades institucionales (e “institucionalizables”) que permitan respuestas estructurales para amortiguar los efectos negativos de esta variabilidad climática.

### 3.2.2 Proceso para la creación de capacidades (la capacidad local y del operador)

Hasta ahora, pocos manuales<sup>24</sup> se han hecho para impulsar medidas de adaptación. En los distintos documentos existentes hay recomendaciones generales, hechas ya sea a nivel de comunidades o sectores, o bien para entidades gubernamentales (aparentemente relacionadas con el medio ambiente). Sin ser específicas sobre si son de carácter federal o locales (estados o municipios por ejemplo), no hacen distinción del actor clave específico, por lo que son para un operador cualquiera.

En el fondo: “construir capacidades para la adaptación equivale a desarrollar las habilidades de los distintos sectores sociales para ajustarse a la variabilidad, a los extremos climáticos y al cambio climático; a fin de aprovechar los efectos positivos y moderar los daños potenciales. La adaptación a la variabilidad natural del clima y al cambio climático ha sido objeto de investigación y acción de instancias y organizaciones durante la última década. Sobre este tema se han escrito ensayos con distintos alcances, desde los puramente científicos que incorporan -incluso- las posibilidades de adaptación de los sistemas naturales, hasta aquellos que versan sobre la construcción de políticas nacionales o globales. No obstante los estudios dedicados al planteamiento de acciones locales concretas, o aún regionales, son escasos”<sup>25</sup>.

Las recomendaciones o sugerencias para desarrollar las acciones de adaptación no incluyen la perspectiva de qué o quién debe o puede realizarlas, es decir hay pocas sugerencias o consideraciones sobre el papel y características del operador (tabla 1). Por ejemplo dada una estructura gubernamental cualquiera, ¿quién tiene mayor poder de convocatoria y capacidad de coordinación para que los distintos sectores hagan su parte de manera coordinada? ¿Qué rol debe desempeñar el jefe de la jurisdicción responsable (presidente, secretario/ministro, gobernador, presidente municipal, etc.) para garantizar la coordinación, complementariedad de las medidas sectoriales? Todavía nadie se anima a decir que es básico y determinante el convencimiento del líder y el ejercicio de

ese liderazgo para que la transectorialidad y los compromisos se logren. Hasta ahora, pocos consejos existen para proponer cómo lograr este diálogo entre sectores, en la planeación de largo plazo y en el reforzamiento de este convencimiento y ejercicio del liderazgo.

Nosotros hemos encontrado que los temas de protección civil y de la posibilidad de crear sistemas de alerta temprana (medida clave y central mencionada por todos los documentos de ONU, Banco Mundial y otras) tienen un gran potencial para articular las propuestas. Las razones son muchas, como lo demuestran los casos y experiencias del estado de Veracruz, del DF y en particular de Tampico. Los recursos disponibles para atender la protección civil y los desastres son un motor para entender y potenciar los retos del cambio climático (tabla 1).

**Tabla 1. Recomendaciones para impulsar un programa de adaptación.**

#### I. La adaptación al cambio climático:

- a) requiere una estrategia a mediano y largo plazo;
- b) diferenciada para cada sector;
- c) sensible a las condiciones territoriales (no es lo mismo el norte que el sur) y,
- d) acorde a las capacidades de los gobiernos locales.

#### II. Esta estrategia deberá considerar las respuestas y experiencias:

- a) gubernamentales;
- b) de la sociedad ante los desastres naturales y,
- c) las limitantes de recursos financieros

### 3.2.3 Impactos del cambio climático y sistemas de alerta temprana

Tal vez lo más difícil del tema de adaptación sea la capacidad de sintetizar y regionalizar las amenazas de la variación climática, y a su vez la posibilidad de comunicar el problema de manera sencilla a cualquier autoridad (to-

<sup>24</sup> Ver como un verdadero manual para países en desarrollo [http://www.usaid.gov/our\\_work/environment/climate/docs/reports/cc\\_vamannual.pdf](http://www.usaid.gov/our_work/environment/climate/docs/reports/cc_vamannual.pdf)  
Más bien son una serie de recomendaciones o “perspectivas”, ver <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/9271e/9271e.pdf>

<sup>25</sup> [http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica\\_ambiental/cambioclimatico/Documents/aguaycclimatico/cap%204.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Documents/aguaycclimatico/cap%204.pdf)  
Drought Adaptation Initiative in the state of Andhra Pradesh in India [http://www.wassan.org/apdai/documents/APDAI\\_PhaseII\\_Draft%20Report\\_2.pdf](http://www.wassan.org/apdai/documents/APDAI_PhaseII_Draft%20Report_2.pdf)  
[http://docs.lead.org/allcohorts/Developing\\_Adaptation\\_and\\_Adapting\\_Development\\_2007.pdf](http://docs.lead.org/allcohorts/Developing_Adaptation_and_Adapting_Development_2007.pdf)

madores de decisiones) o líderes sociales y empresariales. Este conocimiento debiera ser avalado por los mejores científicos del país (y de la región). Aun más, el conocimiento debe de ser originado y diferenciado para el país y la región con base en los escenarios climáticos del IPCC, pero sobre todo con los modelos y datos de la región.

Estaríamos hablando entonces de que la participación de los científicos expertos en meteorología es fundamental, y sobre la base de esta información se puede hacer la traducción (extractos y significados sencillos para ser comunicados) en dos sentidos: explicando el comportamiento del clima en las décadas recientes incluyendo sequías, inundaciones, desastres, colapsos productivos, emergencias epidemiológicas, entre otros, es decir, analizando las consecuencias de los eventos extremos y los problemas sociales o productivos experimentados por la zona. Esto puede ser asimilado o entendido por cualquier actor social. El mensaje en general nos llevan a pensar que de no actuar preventivamente es de esperar que un riesgo alto se vuelva la constante y los eventos extremos se materialicen en desastres de manera más frecuente. Se trata de que la sociedad y los líderes se pregunten, entonces ¿qué debemos hacer? Así nace la justificación del sistema de alerta temprana, un mecanismo institucional para alertar a todos los sectores con tanta anticipación como sea posible, para disminuir los riesgos y planear sus actividades de prevención e inversión.

Todo esquema de adaptación asociado al largo plazo y al clima requiere basar las futuras decisiones en función de la certidumbre y disponibilidad de información hidrometeorológica. Información accesible, fácil de entender y asociada a un esquema institucional capaz de avisar de manera estructurada y oportuna a los actores clave de cada sector, son elementos indispensables para la prevención. Aquellos que se vinculan al sector primario (por ejemplo, agropecuario) podrían decidir y organizar sus acciones de cultivo en función de la temperatura, adelanto o retraso de las lluvias, y de los pronósticos asociados a los modelos climáticos de un sistema de alerta temprana. Lo mismo en el sector salud, pues los vectores transmisores de enfermedades y algunas otras patologías están asociadas a las condiciones de lluvia y de la temperatura (ver estudio Veracruz), de modo que uno de los interesados es precisamente el sistema de vigilancia epidemiológico. Los incendios forestales, inundaciones, confort de la población están todos vinculados a las variaciones de clima, por lo que los sistemas de alerta temprana son parte fundamental de la gestión de riesgo y de la adaptación.

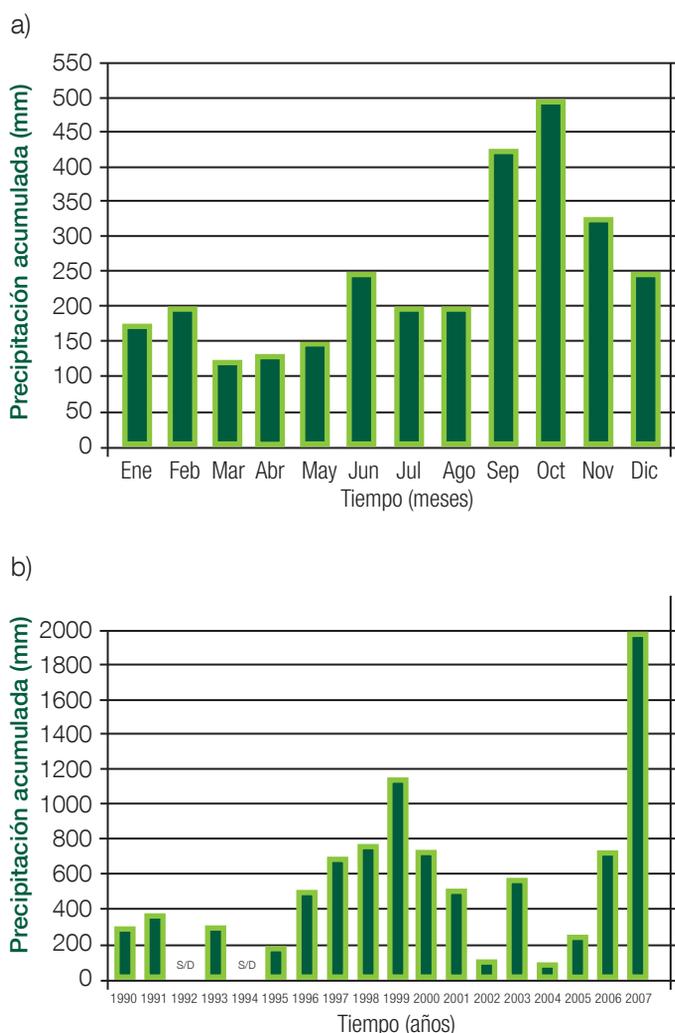
Más allá de que la evaluación de la vulnerabilidad social sea de países desarrollados o en desarrollo, los objetivos del milenio se verán comprometidos como consecuencia del calentamiento global y sus efectos. Se ha reconocido por ejemplo, que el principal objetivo de reducir la pobreza extrema y el hambre (objetivo 1) está en peligro de no cumplirse puesto que se reducirá la disponibilidad y por tanto el acceso al agua<sup>26</sup>. Es por ello que en México resulta sorprendente que el sector agrícola siga funcionando con esquemas de pronóstico del clima obsoletos y que han tenido poco impacto en la planeación. Parte del problema es que el Servicio Meteorológico Nacional no cuenta con especialistas para mejorar la preparación y distribución de pronósticos climáticos estacionales ya que se ha centrado en tareas de pronóstico del tiempo. La falta de presupuesto ha sido utilizada como excusa para la no contratación de verdaderos especialistas, pero los costos de no usar el pronóstico climático científico son mucho mayores.

### 3.2.4 El futuro: promedios y escenarios

La idea de un clima promedio con pequeñas variaciones normales está o debiera estar en crisis. En el mundo desarrollado, científicamente ese concepto del clima ha pasado a la historia para dar origen a una concepción del clima basado en la teoría del caos, de probabilidades, de física. Incluso el concepto de que lo único constante del clima era su variabilidad ha tenido que ser dejado atrás dado que el cambio climático hará que no sólo cambien los valores medios, sino también la variabilidad. Esta transición estadística y de percepción es la que está en juego por lo que toca a los rangos de seguridad de las actividades productivas, las capacidades de los ecosistemas de amortiguar y recuperarse de estas variaciones (conocidas como resiliencia), y de un sinnúmero de actividades; los nuevos rangos de variación del clima, están replanteando las formas en que los sistemas de seguros (las primas) se calculan, pues los desastres, sean inundaciones, sequías, huracanes o incendios forestales son muestra de que los rangos de seguridad bajo los que la sociedad se movía han cambiado y lo están haciendo a veces lenta, y a veces dramáticamente.

<sup>26</sup> <http://www.oecd.org/dataoecd/60/27/2502872.pdf>

Para México los modelos numéricos del clima, las series de tiempo y ciertamente los escenarios del clima, muestran que están aumentando los eventos extremos, y si bien el promedio del clima pareciera mantenerse, las variaciones vistas como frecuencias de lluvias intensas, días con períodos de altas temperaturas (olas de calor) o número de huracanes por temporada, tienen una tendencia a aumentar. Es decir, en un sólo día o en un cierto mes la precipitación podría concentrarse y ser considerado un evento extremo y provocar serias inundaciones, “toda la lluvia del periodo cayó en unas horas”, aunque para todo el periodo o todo el año, el promedio se mantenga.



**Gráfico 3.3.** a) Ciclo anual de las lluvias en Ocoatepec, Chiapas; b) Valores de precipitación acumulada en Ocoatepec, Chiapas para octubre entre 1990 y 2007.

**Fuente:** Landa et al, p. 208.

Sería el caso de los desastres experimentados por Tabasco en octubre del 2007 (figura 3.7<sup>27</sup>). Ahí se puede apreciar que en los meses de septiembre, octubre y noviembre es cuando más lluvia cae (gráfico 3.4 a), mientras que la tendencia es que en los meses de octubre se estén experimentando eventos extremos crecientes (gráfico 3.4 b), cuando se comparan con la historia de varios años (en este caso de 1990 a 2007).

Simultáneamente, podemos decir que estamos experimentando una resistencia social y de las instituciones públicas, así como un retraso de las instituciones académicas (sus investigadores) para documentar y explicar los fenómenos actuales en torno de epidemias, plagas, baja productividad del campo, erosión de la costa, etc., y su relación con el calentamiento global.

Por ello está emergiendo un nuevo concepto para probar la capacidad de la planeación de políticas o del desarrollo, de infraestructura, de edificaciones e incluso de la operación de ciertos instrumentos como las evaluaciones de impacto ambiental, o del ordenamiento ecológico del territorio, y sirve para preguntar si lo que están haciendo, planeando o diseñando es a “prueba del clima”. Así, las nuevas construcciones ya no podrían considerar el empuje del viento “normal” o promedio del pasado, como tampoco los registros de eventos extremos de otros periodos. Ahora estamos forzados a proyectar, bajo los nuevos escenarios del clima, nuevas amenazas, puesto que estamos viendo frecuencias e intensidades nunca vistas. Los rompeolas y estructuras de puertos y playas enfrentarán tormentas mayores entre otras causas por la elevación del nivel del mar y por un aumento en la intensidad de los huracanes. El diseño deberá integrar un nuevo factor de seguridad, a prueba del cambio climático. Lo mismo los cristales de los altos edificios, o las casas con riesgo de inundación; nuevos reglamentos de construcción deberán crearse, los atlas de riesgo deberán integrarse a los ordenamientos urbanos y territoriales. Las compañías aseguradoras ya están considerándolo, por ejemplo, las que aseguran la producción del campo (ver Agroasemex<sup>28</sup>).

<sup>27</sup> Tomada de Landa, R., V. Magaña y C. Neri. 2008. Agua y Clima: elementos para la adaptación al cambio climático. Semarnat-CCA-Unam. 133pp. [http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica\\_ambiental/cambioclimatico/Documents/aguayclimatico/cap%203.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Documents/aguayclimatico/cap%203.pdf)

<sup>28</sup> AGROASEMEX es una institución nacional de seguros que tiene como misión proteger el patrimonio y la capacidad productiva del sector rural. En su capital participa el gobierno federal de manera mayoritaria y es un instrumento de política pública que contribuye a la conformación de un sistema nacional de administración de riesgos para la protección integral del sector rural. <http://201.158.1.169/agroasemex/>

### 3.2.5 ¿Quién impulsa, quién convence? El discurso científico apropiable

Otra parte de este rompecabezas está en el tema de quién es o debiera ser el promotor de los procesos de institucionalización de las medidas de adaptación, y en cómo puede lograr convencer, educar y movilizar a la sociedad para lograrlo. Por supuesto si usted pertenece al gobierno (de cualquier sector o nivel) desde ese puesto lo intentará, con su margen de acción (presupuesto) y bajo el marco normativo (tanto como sea o lo deje hacer, lo posible). Si usted es académico o pertenece a una ONG, lo intentará igual, pero, ¿cómo?

### 3.2.6 Los discursos del clima y los riesgos

Nosotros hemos encontrado que la mejor manera es ilustrar la relación entre clima y riesgos. Y no sólo es una estrategia de captar la atención y donde los interlocutores visualizan el efecto directo sobre sus actividades o sobre la población donde viven, sino sobre todo, porque pueden encontrar un espacio de diálogo para actuar con los elementos de sus conocimientos y experiencias. Los mensajes deben estar codificados para que se establezca un diálogo, y por tanto unos a otros no pueden ser emitidos como una modalidad más de un discurso político o de moda (deben integrar el medio ambiente como una dimensión del riesgo y de la vulnerabilidad); todos hemos visto o experimentado lo que quiere decir el clima cuando se dispara un desastre o permite una buena cosecha. La operación de una medida de adaptación, tiene que tener un líder convencido, y el equipo y contrapartes de esta propuesta deben estar integrados en el presupuesto de todos: “todos ponen, todos ganan”. Y ese mensaje tiene un sólo propósito: la construcción de acuerdos y su institucionalización en un proceso de aprendizaje y ajuste. Los mensajes deben convocar a construir sobre las estructuras más fuertes y con acciones en desarrollo, en las que esas estructuras, esas organizaciones tengan liderazgo.

### 3.2.7 La traducción: resistencias de uno y otro lado y entre niveles de gobierno

Los manuales no explican que en la gestión cada uno de los impulsores de las estrategias debe buscar interlocutores neutros, si son del gobierno: ONG; si son agencias internacionales: alguna institución académica o

contrapartes gubernamentales, consultores, asociaciones civiles, de productores, o simplemente líderes. La pregunta que debe hacerse el promotor es qué cualidades debe contener su mensaje para evitar o reducir las resistencias. Puesto que el reto es complejo, las respuestas sociales y de gobierno deben ser complementarias entre los distintos sectores y niveles de gobierno, deben hacer sinergia, entre otras razones porque los recursos financieros y humanos siempre son escasos. Y como en toda estructura social las envidias emergen, puede surgir el boicot de las acciones de unos y otros. Esto es particularmente cierto cuando la designación de un jefe de área o de gobierno asigna las tareas de coordinación a una cierta sección del mismo. Estas resistencias requieren ser pensadas y trabajadas como una estrategia de comunicación y de operación hacia el interior del que promueve (gobierno, academia, ONG) y hacia afuera de la misma, es decir, con todos sus interlocutores. El reto es mayor en la academia si no se visualiza el largo plazo, y el trabajo se reduce a acabar el proyecto y entregar un informe.

### 3.2.8 Estrategias de comunicación: los foráneos, los locales

Generalmente, estas iniciativas se generan de arriba hacia abajo y de afuera hacia adentro, como sucede con la condición de los recursos externos y de agencias internacionales (Banco Mundial, BID, Cooperación Británica) que operan a través de una institución federal (arriba) y que a su vez intenta inducir y focalizar los proyectos en algún estado o municipio o región del país (abajo). Finalmente, en un proyecto de adaptación todos terminamos siendo foráneos y los locales deben apropiárselo, pero ¿cómo?, y cómo hacerlo de manera tal que en ausencia del foráneo y de los estímulos externos, los locales lo mantengan, mejoren y crezcan. Pero más allá de pensar en las capacidades y las alianzas necesarias, ¿cómo identificar y sumarse a las estructuras y líderes de la zona de interés? ¿Cómo lograr que el rechazo o poder de convencimiento del foráneo se vuelva una ventaja en la negociación? Se deben encontrar los equivalentes interesados y los motores internos para que los costos de transacción de la transferencia del conocimiento no sean en vano.

### 3.2.9 Del medio ambiente a la protección civil

Podríamos afirmar que estamos observando un lento pero importante movimiento pendular de los conceptos

y de las respuestas institucionales en México, una cierta migración conceptual y operativa con relación al medio ambiente y al tema de cambio climático<sup>29</sup>.

Digamos que el tema de cambio climático e incluso del manejo de ecosistemas y su restauración está moviéndose o trasladándose de las secretarías (o direcciones) de Medio Ambiente -sobre todo a nivel estatal- hacia las Secretarías de Protección Civil, donde los temas de las variaciones hidrometeorológicas son atendidas y vigiladas desde la óptica de protección-prevención-atención de desastres. Sería el caso del gobierno del DF y de Veracruz, donde recientemente crearon las secretarías de protección civil, entidades que vigilan y mantienen el sistema de alerta temprana, e incluso, desde donde se anunció el programa estatal de cambio climático (en Veracruz). El manejo de los incendios forestales, incluso la reforestación tiene este efecto. En el caso de la lluvia y las inundaciones, el manejo y reforestación de laderas empieza a cobrar importancia por lo que toca a mantener la infiltración y ganar tiempo en las escorrentías por su potencial de inundar las partes bajas de las cuencas.

### 3.2.10 Escalas temporales de la naturaleza vs la administración

Ya se sabe que los gobiernos locales, sean municipios o estados, tienen marcos temporales para planear y realizar acciones que los obligan a impulsar proyectos contundentes en muy cortos plazos, tres años en el primer caso y seis en el segundo. Por ello la idea de efectos o impactos del cambio climático que se expresa en esquemas temporales de 20, 50 o 100 años, deben ser traducidos en elementos que permitan a los gobiernos locales decidir y tomar iniciativas inmediatas, en este caso de adaptación que den nuevo sentido o enmarquen acciones relacionadas con el tema pero ya en desarrollo, y que sean aplicables en sus períodos de administración. Las propuestas relativas a disminuir los riesgos hidrometeorológicos en el ámbito de la protección civil, son en sí muy atractivas.

Este desacople es válido casi para cualquier fenómeno o proceso que experimente la naturaleza y las acciones de políticas públicas de gobierno. La recuperación de un ecosistema, la reforestación, el manejo pesquero, y en este caso los ciclos y fenómenos asociados a las variaciones del clima, requieren de una visión de largo plazo y de acciones e inversiones que trasciendan los períodos administrativos gubernamentales.

De ahí que las instituciones que atienden los riesgos deban tener una estructura que potencie los sistemas de alerta temprana como uno de los ejes principales de la adaptación. Tarde o temprano, esta convergencia temática e institucional llegará al diálogo para coordinar acciones y programas. Es aquí donde consideramos que se puede potenciar la respuesta institucional y la visión de largo plazo.

### 3.2.11 La heterogeneidad de capacidades o tiempos electorales

Toda acción que busque impulsar programas locales de adaptación al cambio climático se enfrentará a la enorme heterogeneidad de condiciones locales. Ya lo hemos experimentado, al interior del propio gobierno o a lo largo del país entre municipios de distintos estados, por ejemplo, en el caso de adaptación en los humedales costeros del Golfo de México.

Un operador que desee lograr iniciativas con cierta homogeneidad debe considerar las diferencias entre los actores destinatarios: al interior del gobierno local que se trate (capacidades e importancia o presupuesto entre secretarías o direcciones), y entre uno y otro gobierno.

Los municipios no son iguales, sea por su ubicación geográfica, por ser urbanos o netamente rurales, por ser puertos o simplemente por pertenecer a uno y otro estado. Todo esto implica que lo que puede funcionar muy bien en uno, no necesariamente sirve como estrategia en otro. Unos están con amplias capacidades para impulsar o proponer un proyecto, otros ni siquiera tienen computadoras capaces de desplegar una información que se les proporcione (por ejemplo un sistema de información geográfica con todos los atributos de su municipio o de la cuenca).

### 3.2.12 Trienios, sexenios; partidos e intereses

En un proyecto para un periodo dado, no sólo los periodos de gobierno influyen en las posibilidades de impulsar

<sup>29</sup> León, C. Inevitables dos cambios conceptuales asociados a la vulnerabilidad y riesgo: del manejo de recursos naturales a la restauración y del medio ambiente a la protección civil. Coloquio "Estudio y Gestión de Riesgos: Tendencias Actuales". VI Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo Habana, Cuba, 2 - 6 de julio del 2007.

los “programas municipales de adaptación al cambio climático”; las estrategias de comunicación con cada uno de estos liderazgos locales tiene que irse “acondicionando y modificando” conforme avanza el trabajo, como parte de la interacción que se mantiene con actores clave desde el principio del proyecto de adaptación.

Además de las condiciones geográficas de cada sitio que hacen que las amenazas climáticas principales fueran diferentes, y por tanto las respuestas sociales pudieran ser diferenciadas, la complejidad de la interlocución aumenta como consecuencia del balance de la dominancia de los partidos políticos. Estados de un partido con municipio de otro, o del mismo partido plantean un reto especial de comunicación. Municipios conurbados que abarcan incluso dos estados, municipios que recién acababan de tomar posesión, que estaban en plenas elecciones o por terminar su período (por lo que sus iniciativas podrían ser echadas abajo al inicio del otro periodo) implican que la coordinación institucional de esfuerzos de una secretaria de estado pudiera ser bien vista o no por el municipio y viceversa.

Aquí la relación trienio-sexenio, partidos políticos y diálogo para potenciar intereses que juegan a favor o en contra de la operación de la propuesta. La debilidad de instituciones ambientales en ciertas regiones requiere de la identificación de otros actores para impulsar la adaptación. Esto no es un trabajo simple y no existen textos que hayan incursionado en el complejo mundo de los intereses políticos y el desarrollo regional bajo cambio climático.

### **3.2.13 Vulnerabilidad diferenciada: ¿las ciudades primero? (rural-urbano)**

Hemos visto también que en los gobiernos locales podríamos apostar a iniciar el diálogo entre sectores y organizaciones para impulsar las medidas de adaptación primero en las ciudades, sobre todo si están en la cuenca baja.

Hasta ahora la idea de influir desde la ciudad del puerto (las lagunas costeras y puertos del Golfo de México) en las acciones que se realizan en la cuenca media y alta, tiene una alta receptividad. Lo mismo en cuanto a su capacidad de influir en las zonas rurales cercanas. Esto es importante para decidir por dónde empezar. El argumento es que en las ciudades en general existe más desarrollo institucional, y aunque es más complejo el sistema o es-

tructura organizacional, hay más profesionales con capacidad para movilizar sus recursos humanos y financieros.

Por otro lado es en las ciudades donde se concentran las representaciones de organizaciones empresariales y productivas. El diálogo con ellos sobre los impactos puede tener un gran eco. Desde ahí promover acciones hacia el campo y zonas rurales también se potencia.

### **3.2.14 Las fuentes de financiamiento nacional e internacional**

Más que los esquemas de monitoreo/seguimiento de las medidas de adaptación, el reto es garantizar los recursos de las propuestas que emergieron de este proceso. Las fuentes externas de financiamiento esperan que cada iniciativa encuentre fondos al interior de cada país una vez que inició o fue anunciada o publicada, en el mejor de los casos. No hay muchas garantías de esto. De aquí que la identificación de posibles fondos, programas o agencias de financiamiento para las medidas se vuelve parte del propio diseño de la estrategia de adaptación; casi cada medida debe tener identificada desde su diseño la fuente potencial de financiamiento. No puede haber mejor recomendación del monitoreo que la propuesta de una fuente de financiamiento. Por ejemplo, en el caso del sistema de alerta temprana el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (Fopreden) e incluso el programa Hábitat de la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) pueden ocupar ese lugar, puesto que el manejo o reducción de riesgos, se vuelve clave.

Se debe mencionar que las acciones de mitigación si bien son complementarias y muy diferentes de las acciones de adaptación, tienen en común que requieren asesoría altamente especializada. Para la mitigación se requieren técnicos especialistas de alto nivel para promover acciones que den alcance o utilicen los mercados de carbono, cuyo financiamiento por agentes internacionales pueden o no considerar la adaptación. Esta última, tiene un impacto inmediato primordialmente en la reducción y manejo de riesgo, y contiene más una perspectiva de diálogo entre el conocimiento existente en la región o en el sector, y la toma de acuerdos o consensos. Las propuestas de adaptación dependen principalmente del conocimiento asociado a la meteorología, implica desarrollo institucional y de capacidades asociadas a esta disciplina, y en nuestra experiencia no necesariamente existen los fondos necesarios disponibles.

### 3.2.15 Las ciudades y la resiliencia

La transición poblacional de México y de gran parte del mundo obliga a pensar en las ciudades como ejes de los procesos de adaptación al cambio climático. Los grandes riesgos o más precisamente hablando, las principales amenazas y vulnerabilidad se presentan en las ciudades. Lograr una sociedad capaz de recuperarse, resistir o bien amortiguar los efectos negativos de las variaciones del clima se ha vuelto una consigna de Naciones Unidas y desde luego de las agencias internacionales<sup>30</sup>. Cerca del 70 por ciento de la población de México vive en ciudades. Las relaciones entre el campo y las ciudades si bien ya no es de grandes migraciones, ahora es de una interdependencia muy compleja. La ubicación de los sistemas urbanos tiene determinaciones sobre grandes áreas rurales, y al mismo tiempo, sólo por aspectos de abasto de agua o de alimentos, las zonas rurales se vuelven determinantes del futuro de las ciudades.

En cuanto a los efectos del calentamiento global, las ciudades costeras empiezan a ver las implicaciones de la elevación del mar. La erosión de malecones y playas obligan a los gobiernos de esas ciudades a invertir cuantiosas cantidades en reponer la infraestructura<sup>31</sup>. Por supuesto están los efectos de huracanes o inundaciones como las de Tabasco en el 2007. Pero también las ciudades del altiplano, por ejemplo la ciudad de México, enfrentan grandes retos en materia de cambio climático. Hasta donde sabemos, de los planes estatales de cambio climático, sólo el gobierno del DF y el de Veracruz han propuesto acciones formales con estimaciones presupuestales y responsables de ejecución. Las medidas de adaptación publicadas por el DF tienen ya como eje principal el desarrollo de un sistema de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos, que si bien no está en funcionamiento, si aparece como un compromiso central.

Por ello, vuelve a emerger la discusión de cómo transferir o empatar el conocimiento científico, concentrado en las universidades, con el sistema de toma de decisiones. Las universidades deben integrarse y desarrollar mecanismos de respuesta ágiles y un diálogo institucional, más allá de que existan algunas personas con capacidad de asesorar a los líderes del gobierno, deben emerger nuevas estructuras académicas. Estas alianzas (casi imposibles) están dependiendo de la creatividad de los gobiernos y de las propias universidades. El reto es empatar necesidades y capacidades de unos y otros.

El riesgo es aplazar tanto este dialogo que termine en inmovilidad, y es precisamente en las grandes ciudades donde puede destrabarse.

Consideramos que tanto las organizaciones no gubernamentales como los consultores y las cúpulas empresariales tienen un rol importante. De otra forma, nuevamente los gobiernos locales intentarán resolver con grandes inversiones y a través de respuestas privadas los retos que no pueden postergar, pero cuya acción no siempre elimina el problema. Las ONG pueden realizar la gestión del conocimiento científico en el corto plazo, y ser los motores que acorten plazos y disminuyan los costos de transacción de la transferencia de tecnología de las universidades a los gobiernos.

Desafortunadamente, la agenda del manejo de riesgo está asociada a muy pocas organizaciones y la agenda verde (manejo de laderas, reforestación, restauración de ecosistemas –bosques, mangles, selvas-, conservación de la biodiversidad y áreas protegidas) que bien manejan las organizaciones, queda relativamente lejos de los intereses de las ciudades. Es en esta gran brecha donde estriban las posibilidades de educar a quienes toman decisiones y quienes hacen los programas gubernamentales, para que la agenda verde se vea como parte del dialogo de manejo de cuenca (la alta y sus efectos sobre la cuenca baja), donde la conservación de dunas y mangles proteja la infraestructura urbana y la resguarde de la erosión o de las inundaciones (los servicios ambientales), en fin donde coincidan las agendas de los sectores y de los distintos órdenes de gobierno. Los promotores de la adaptación tendrán que considerar seriamente un trabajo muy amplio con actores que realicen labor de puentes comunicadores entre ciencia y tomadores de decisiones.

Al final las medidas de adaptación no son otra cosa que este diálogo, ahora con un carácter impostergable, de restauración de nuestras condiciones ambientales, de manejo de riesgos y sin duda, de atender el mayor de los retos de esta sociedad.

<sup>30</sup> [http://siteresources.worldbank.org/EASTASIAPACIFICEXT/Resources/climatecities\\_fullreport.pdf](http://siteresources.worldbank.org/EASTASIAPACIFICEXT/Resources/climatecities_fullreport.pdf) Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities. 2008. World Bank- Global Facility for Disaster Reduction and Recovery-International Strategy for Disaster Reduction.

<sup>31</sup> Ver En Vallarta octubre 2002, huracán Kenna, [http://www.sectur.gob.mx/wb/sectur/sect\\_8891\\_boletin\\_127](http://www.sectur.gob.mx/wb/sectur/sect_8891_boletin_127) donde se invirtieron al menos 12 millones de pesos <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/14533.sin-concluir-restauraciondel-malecon-en-valle.html>.

## IV. Conclusiones

### 4.1 Conclusiones generales

Como se ha mostrado en este informe, el cambio climático no es una predicción sino un fenómeno real y sus impactos ya están dejándose notar en nuestro país. Según los más recientes datos científicos, el escenario en el que nos encontramos supera cualquiera de las previsiones anteriores y es evidente que la amenaza de impactos irreversibles es mucho más inmediata de lo que hubiéramos podido imaginar.

- Para 2020 se proyecta un incremento promedio de temperatura para el país que va entre 0.6°C y 1°C; y para 2050, entre 1.5°C y 2.3°C.
- Prácticamente, no existe un sólo sector de la economía, población, o región de México que quede liberada de los impactos del cambio climático.
- México se ubica entre los países con mayor vulnerabilidad, debido a que 15 por ciento de su territorio nacional, 68.2 por ciento de su población y 71 por ciento de su PIB se encuentran altamente expuestos al riesgo de impactos adversos directos del cambio climático.
- El cambio climático ya está afectando la biodiversidad de nuestro país y, debido a las alteraciones que provoca en los ecosistemas, algunas especies se ven obligadas a desplazarse a latitudes o altitudes más elevadas, mientras que para otras aumenta el riesgo de extinción. El aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación pluvial afectarán a los ecosistemas y especies más asociados con climas frescos y húmedos.
- Las proyecciones muestran que entre 20 por ciento y 46 por ciento de las superficies de los bosques de coníferas y encinos resultarán gravemente afectados entre los años 2020 y 2050. Cerca del 63 por ciento de la República Mexicana resultará afectada y las comunidades que presentarán los mayores impactos climáticos serán los matorrales y pastizales en 77 por ciento de su cobertura, aproximadamente.
- El fenómeno del cambio climático tenderá a agudizar aún más la crisis de agua, debido –entre otros factores– a la disminución de la precipitación pluvial, dando por resultado que más regiones hidrológico-administrativas tengan problemas intermitentes de escasez de agua; en el caso extremo del Valle de México, el problema podría llegar a ser insostenible.
- Los fenómenos hidrometeorológicos de los años 1998, 2003, 2005 y 2007 ocurridos en las regiones Altos, Sierra, Costa y Soconusco, en Chiapas, han demostrado que el daño ambiental, sanitario, económico, cultural y social está latente entre los diferentes grupos de asentamientos humanos en muchas zonas rurales del país.
- Respecto a la agricultura, se puede concluir que la pérdida económica en la producción agrícola puede ir del orden de los \$16 a los \$22 mil millones de pesos. Es decir, si se toma en cuenta que el valor de la producción de cultivos importantes como caña de azúcar, frijol, maíz, café, trigo y naranja, es del orden de los \$39 mil millones, la pérdida en la producción debido al cambio climático está entre el 42 y 57 por ciento.
- Entre los impactos del cambio climático en los ecosistemas marinos de nuestro país es importante el efecto de la acidificación del agua de mar sobre los arrecifes coralinos, ecosistema que producen numerosos servicios ambientales y del cual dependen grandes regiones costeras, sobre todo, la costa maya del Caribe mexicano. La acidificación, debida al incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub>, tendrá efectos devastadores sobre los corales.
- Numerosos grupos humanos y comunidades en diversas regiones del mundo serán desplazados por motivos relacionados con el cambio climático. El nivel de riesgo al que se expondrán estas poblaciones ante diversos eventos dependerá del grado de vulnerabilidad y de las condiciones de su entorno<sup>1</sup>. Un resultado esperado es que aumenten los movimientos migratorios de las poblaciones afectadas tanto dentro como entre regiones y países. La población irá reconociendo con mayor claridad razones ambientales para sus decisiones migratorias, incluso antes de verse forzada a convertirse en desplazado ambiental.
- En México, se ha observado que en el Distrito Federal, Veracruz y Mexicali se han intensificado las olas de calor en años recientes y es previsible que se intensifiquen aún más conforme se vaya acentuando el incremento de la temperatura asociado con el cambio climático global.

<sup>1</sup> México se ubica entre los países más vulnerables, debido a que 15% de su territorio nacional, 68.2% de su población y 71% de su PIB se encuentra altamente expuesto al riesgo de impactos adversos del cambio climático. (PECC, p. 22)

- Algunas enfermedades respiratorias y alergias ya se han visto agravadas como consecuencia de las alteraciones que está sufriendo nuestro clima y, con él, nuestro entorno. Los efectos en la calidad del aire, principalmente en las zonas urbanas es un tema de gran interés y preocupación, pues el aumento en la temperatura puede agravar la contaminación por ozono. Esta contaminación se ha asociado con un incremento en las admisiones hospitalarias por infecciones respiratorias de vías bajas y el asma en niños.
- Debido al aumento de la temperatura de la superficie marina, la temperatura mínima y la precipitación, los ciclos de transmisión de dengue se verán incrementados en algunas áreas del Golfo de México. Para el norte del país, se registra una relación significativa entre la temperatura y la mortalidad por golpe de calor.
- Una de las contradicciones estructurales más graves y profundas del sistema económico actual es sin duda la que existe entre el equilibrio ambiental necesario para la vida en nuestro planeta y la continua y creciente transformación y degradación de las condiciones ambientales por las prácticas de producción y consumo que imperan en el mundo contemporáneo. El cambio climático es uno de los principales procesos que surgen como consecuencia de esto, cuya magnitud apenas alcanzamos a vislumbrar.
- Los impactos en la economía mexicana podrían alcanzar hasta el 40 por ciento del PIB para fines de siglo. Los costos económicos al 2100 serán al menos tres veces superiores que los costos de mitigación de 50 por ciento de nuestras emisiones<sup>2</sup> para 2050, que se calculan entre 0.70 por ciento y 2.21 por ciento del PIB. El riesgo de la proliferación de catástrofes naturales como inundaciones u olas de calor y el aumento de grandes incendios forestales lleva asociado, además de los impactos ambientales, graves consecuencias económicas, así como la posibilidad de tener que hacer frente a daños en la salud de las personas e incluso, al riesgo de pérdida de vidas humanas.
- A pesar de que el cambio climático básicamente es causado por una sobre acumulación de GEI en la atmósfera, su interrelación con los diversos procesos de deterioro y de explotación medioambiental que lo generan y que este fenómeno ya está produciendo y producirá, es evidente. Es aquí donde se van construyendo los conflictos sociales y no solamente en los eventos más dramáticos que relacionamos con el fenómeno (incremento de intensidad y frecuencia de los huracanes, inundaciones o sequías). Los procesos que el cambio climático genera son progresivos y los eventos de crisis son apenas una oportunidad para hacerlos más evidentes. Es por esto que en la mayoría de los conflictos relacionados con dicho fenómeno, no encontraremos demandas que denuncien explícitamente su dependencia hacia este fenómeno, pero no por eso debemos considerarlos ajenos a éste. Estos conflictos se dan principalmente por tierra, territorio, y recursos naturales.
- Considerando las demandas de la mayoría de los conflictos ambientales de los pasados tres años (tenencia de la tierra, 34 por ciento; defensa de la biodiversidad, 17 por ciento; en defensa de bosques y selvas, 14 por ciento; contra la contaminación generada por algún particular, 13 por ciento; en denuncia de actividades mineras y petroleras contaminantes, 10 por ciento y en defensa del agua y contra de su privatización, el 10 por ciento), no debemos titubear al considerar a las comunidades como la verdadera cara de la lucha contra el cambio climático, como los verdaderos defensores del planeta, los auténticos ambientalistas de hoy.
- La vulnerabilidad de la sociedad y de los ecosistemas también va en aumento. Las amenazas climáticas, en combinación con el aumento de la vulnerabilidad, son la clave para entender algunos de los desastres recientes. Sólo los impactos del fenómeno El Niño dan muestra de la incapacidad para enfrentar condiciones anómalas en el clima. De igual forma, las sequías, las lluvias torrenciales y los huracanes son fenómenos que repetidamente experimenta México generando riesgo.
- Si bien hay un desarrollo institucional que ha surgido como respuesta a dichas amenazas (leyes de protección civil y programas de gobierno), el conocimiento científico no ha logrado instalarse en dicho proceso de forma que se desarrollen programas o sistemas de monitoreo y alerta ante El Niño, las sequías, las inundaciones, aún sabiendo que un Sistema de Alerta Temprana ante huracanes constituye uno de los pilares del Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc).

---

<sup>2</sup> *Ibidem*, p. 6.

- Parte del problema para llevar a la ciencia del clima a la gestión de riesgo ante condiciones meteorológicas extremas es la existencia de un sistema meteorológico incapaz de dar respuesta a las crecientes necesidades de monitoreo, pronóstico y alerta para la planeación en agricultura, desarrollo urbano, o la protección civil adecuado a la modernidad y a los cambios y necesidades de un país tan heterogéneo.
- Tenemos que abandonar el paradigma naturalista del desastre, reduciendo la vulnerabilidad entre otras formas, a través de mejor información climática.
- El tema de la adaptación como esquema de reducción de la vulnerabilidad de la sociedad a cambios en el clima requiere de un desarrollo de capacidades en diversos ámbitos, entre otros el científico y técnico. Implica el desarrollo de nuevas instituciones y relaciones entre academia, gobierno, y sociedad.

Éste es el presente del cambio climático en México y no deberíamos esperar a conocer el futuro de primera mano.

El cambio climático es una realidad que aún estamos a tiempo de combatir pero que hay que afrontar cuanto antes. Podemos detener el avance de este fenómeno y evitar un aumento de la temperatura peligroso.

#### 4.2 Demandas de Greenpeace

El cambio climático representa el mayor desafío ambiental al que se ha enfrentado nunca la humanidad y, si bien aun no es tarde para evitar sus peores efectos, no hay tiempo que perder.

Hoy sabemos que un incremento en la temperatura global de tan sólo 1.5 grados centígrados provocará impactos irreversibles, y que con 2 grados los efectos serán catastróficos. Necesitamos con urgencia una estrategia internacional que establezca un punto máximo de aumento de la temperatura global y un límite de tiempo lo más cercano posible, y a partir de ahí, regresar a niveles más bajos. En septiembre de 2007, los países industrializados firmantes del Protocolo de Kyoto reunidos en Viena consensaron la necesidad de reducir las emisiones de GEI entre el 25 y el 40 por ciento respecto a los niveles de 1990, para el año 2020. Más tarde, en diciembre del mismo año, en la cumbre mundial de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático celebrada en

Bali, Indonesia, reiteraron estas cifras, en consonancia con los datos recogidos en los informes científicos más recientes de los expertos en la materia. Pero estas declaraciones de intenciones no son suficientes.

La lucha contra el cambio climático requiere acciones globales, profundas y ambiciosas. La próxima cumbre mundial de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático que se celebrará en noviembre y diciembre de 2010 en México es la oportunidad de definir las. Es necesario que, en el acuerdo internacional resultante tanto los países desarrollados como los que están en desarrollo se comprometan a alcanzar los objetivos de reducción de emisiones necesarios para salvar el clima.

Para evitar un aumento de la temperatura peligroso, el acuerdo internacional que se alcance debe asegurar que las emisiones de GEI globales alcancen su punto de inflexión en el año 2015 y luego descendan tan rápido como sea posible hasta alcanzar niveles cercanos a cero para mediados de siglo.

En consonancia con lo anterior, Greenpeace pide a los líderes políticos del mundo que se comprometan para alcanzar los siguientes objetivos:

Para los países desarrollados: como responsables históricos de la crisis climática y principales emisores actuales de GEI, ellos deben liderar el proceso negociador y asegurar a los países en desarrollo el apoyo que necesitan para hacer frente a esta crisis. Deben comprometerse a alcanzar una reducción conjunta mínima de emisiones del 40 por ciento para 2020 (tomando como referencia los niveles de 1990). Para alcanzar este objetivo, las tres cuartas partes deberían cumplirse sólo con medidas internas en estos países, lo que significa que el grupo de países industrializados debe asumir una reducción por lo menos 23 por ciento de sus emisiones, durante el periodo 2013-2017.

Además, los países desarrollados deben ofrecer el apoyo financiero que los países más pobres requieren para hacer frente a esta crisis. En este sentido, los países desarrollados deben aportar, en su conjunto, un mínimo de 140 mil millones de dólares de fondos públicos para permitir a los países menos favorecidos económicamente abordar los siguientes retos:

- 40 mil millones de dólares, para detener la deforestación en todos los países en desarrollo para 2020 y

alcanzar la meta de cero deforestación para 2015 en áreas prioritarias, tales como la Amazonia, la Cuenca del Congo y los Bosques del Paraíso, y para el 2020 en otras regiones forestales, incluido México.

- 50 mil millones de dólares, para impulsar una [r]evolución energética mediante el financiamiento de la investigación, la transición hacia tecnologías limpias en países en desarrollo y las políticas y medidas de mitigación de esos países. Sería posible financiar sistemas de tarifas de consumo energético en países en desarrollo, lo que crearía las condiciones para el aprovechamiento a gran escala de energías renovables.
- 50 mil millones de dólares, para implementar las estrategias de reducción de desastres y las medidas de adaptación necesarias para mitigar aquellos efectos del cambio climático que ya son inevitables.

Los fondos que se requieren de los países industrializados a estos efectos deberían ser únicamente públicos, generarse mediante un mecanismo automático y predecible y gestionarse adecuadamente bajo la supervisión del marco estructural de la ONU.

Los países en desarrollo: pese a tener menor grado de responsabilidad histórica en la crisis climática, también deben contribuir con este esfuerzo global en la medida de sus posibilidades. Para alcanzar las reducciones de emisiones que garanticen que el aumento de la temperatura global no supere niveles peligrosos, es indispensable que estos países moderen entre un 15 y un 30 por ciento sus previsiones de aumento de emisiones para 2020, e implementen, por su cuenta, las medidas que estén a su alcance sin necesidad de ayuda externa. Dada la heterogeneidad de los países en desarrollo, es necesario definir diferentes niveles de compromiso que permitan exigir a cada país el grado de responsabilidad adecuado atendiendo a su desarrollo y responsabilidad. En este sentido, algunos de los países que se están desarrollando a mayor velocidad deberían, incluso, comprometerse a reducir sus emisiones (y no sólo a desviarse de la tendencia de crecimiento esperable) para el periodo 2018-2022. Además, los países en desarrollo con mayores posibilidades deberían quedar fuera del ámbito de aplicación del Mecanismo para un Desarrollo

Limpio (MDL) a partir del 2012 y establecer para ellos nuevos mecanismos capaces de incentivar su evolución hacia un sistema bajo en carbono. Con esta medida se conseguiría ir más allá de la simple compensación de las emisiones de los países industrializados y potenciar el verdadero desarrollo sustentable de los países capaces de asumirlo. Debe garantizarse que los proyectos susceptibles de incluirse en el MDL se rijan por los criterios de sostenibilidad adecuados y que, en todo caso, queden fuera de su aplicación los proyectos basados en las falsas soluciones al cambio climático –la energía nuclear, la captura y almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> y otras tecnologías insostenibles–, que tampoco deben considerarse a efectos de transferencia tecnológica en apoyo a los países en desarrollo.

Un acuerdo climático internacional que contemple los requisitos anteriores es la herramienta que el planeta necesita urgentemente para detener el avance de la mayor amenaza ambiental a la que se ha enfrentado nunca la humanidad. El cambio climático, como cualquier crisis, puede significar una oportunidad. La oportunidad de abandonar los combustibles fósiles que impulsaron la revolución industrial y de impulsar una nueva revolución, basada en las energías renovables que son las únicas capaces de salvar el clima y de generar los empleos tan necesarios en un contexto de crisis económica.

Llegados a este punto, surgen nuevas preguntas y las respuestas deben venir de los tomadores de decisiones: ¿con qué instrumentos y con qué recursos protegerán de los efectos del cambio climático a los millones de personas que representan?, ¿con qué acciones concretas van a asumir la responsabilidad que tienen? ¿cómo van a lograr el acuerdo global, justo, ambicioso y obligatorio que necesitamos para salvar el clima? ¿cómo van a trabajar en los espacios regionales y locales para minimizar los impactos del cambio climático sobre la gente y para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero?

El cambio climático requiere voluntad política, visión de largo plazo, compromiso con los bienes comunes. No es sólo una discusión de capitales, no es sólo una cuestión de quién tiene más o menos poder, más o menos culpa: es, simple y sencillamente, asegurar la viabilidad de la vida de nuestros hijos.

## Compilación

María José Cárdenas

## Revisión editorial

Cecilia Navarro

Angélica Simón

## Diseño

Atzin Aguilar

Greenpeace es una organización global, ambientalista, no gubernamental e independiente política y económicamente. Actúa para proteger el medio ambiente, promover la paz, la justicia social y ambiental y para cambiar actitudes y hábitos. Trabaja mediante campañas para: promover las energías limpias y mitigar el cambio climático; defender los océanos de la sobreexplotación y la contaminación; proteger los bosques y a las personas que viven en ellos; evitar la liberación de transgénicos al ambiente y promover una agricultura sustentable; crear un futuro libre de tóxicos.

Fotografía de portada:  
Inundaciones, Tabasco 2009 © Jaime Ávalos

## Greenpeace México

Santa Margarita 227, Col. Del Valle,  
C.P. 03100, México, D.F.

Más información en:  
[www.greenpeace.org.mx](http://www.greenpeace.org.mx)

Escríbenos a:  
[greenpeace.mexico@greenpeace.org](mailto:greenpeace.mexico@greenpeace.org)

Únete a Greenpeace llamando a los teléfonos:  
5687 8780 / 5687 8869

Impreso en papel con 50% de fibras recicladas, no derivadas de madera o provenientes de bosques con manejo sustentable, blanqueado sin cloro y libre de ácidos.

Junio 2010

