

**México ante el Cambio Climático**  
*Resolviendo Necesidades Locales con Impactos Globales*

**Documento de Trabajo**

**Enero de 2010**

**Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.**

**Alberto Salazar, Omar Masera**



# Índice de contenido

Posición de la UCCS ante el Cambio Climático.....	5
Introducción.....	8
I. Contexto Mundial.....	9
El fenómeno del cambio climático.....	9
Las evidencias.....	9
Consecuencias e impactos.....	10
Influencia de la actividad humana.....	11
Escenarios climáticos futuros.....	11
Proyecciones.....	12
La necesidad de actuar.....	13
Estrategias generales para enfrentar el cambio climático.....	14
Adaptación.....	14
Mitigación.....	14
Las oportunidades de mitigación.....	14
Las transiciones necesarias.....	16
Situación actual de las emisiones.....	16
Sectores.....	16
Países.....	17
La negociación a nivel mundial.....	17
El Protocolo de Kyoto.....	18
Los acuerdos de Bali.....	19
Los acuerdos de Copenhague.....	19
II. Contexto Nacional.....	21
Contribución de México a las emisiones globales.....	21
Emisiones actuales.....	21
La vulnerabilidad climática.....	22
Escenarios de Cambio Climático en México.....	23
III. Hacia una Estrategia Nacional ante el Cambio Climático.....	26
Políticas Públicas Actuales.....	26
Ante el exterior.....	26
Hacia el interior de México.....	27
Una Estrategia Integral para Abordar el Cambio Climático.....	27
La premisa de sustentabilidad.....	27
Sinergia entre adaptación y mitigación.....	28
Medidas de adaptación.....	29
Escenarios futuros de emisiones para México.....	31
Estudio MEDEC:.....	32
Agencia Federal del Medio Ambiente (Alemania).....	32
Agencia McKinsey.....	33
Revolución Energética (GreenPeace) México:.....	33
Potenciales de mitigación en los sectores emisores clave.....	34
Energía.....	34
Forestal y uso de suelo.....	35
Agricultura.....	35
IV. El cambio climático y la implementación de la sustentabilidad: los retos y oportunidades.....	36
La sinergia con el desarrollo local sustentable.....	36
Desarrollo regional.....	37

Cambios estructurales .....	37
Estilos de vida, transporte y modelo urbano .....	38
Barreras, requisitos, reglas .....	39
Referencias.....	41
Apéndice I: Escenarios de mitigación a nivel mundial.....	42
Escenarios Convencionales (IEA).....	42
Escenario de Revolución Energética (GreenPeace).....	42

# Posición de la UCCS ante el Cambio Climático

## Un Fenómeno Complejo

El cambio climático es una arista muy visible de la crisis ambiental y energética planetaria, y una manifestación de los límites del modelo de desarrollo económico actual. Es un proceso en curso, con distintos grados de complejidad, en el que inciden factores económicos, tecnológicos, sociales y ambientales. Por lo tanto, debe ser abordado desde una perspectiva interdisciplinaria e integral.

## Las manifestaciones del cambio climático

La superficie de la tierra se ha calentado 0.74° C durante el siglo veinte, y tan sólo en las últimas cuatro décadas la temperatura se ha incrementado 0.52° C. Esto ha provocado otros cambios profundos: el nivel medio del mar ha subido más de 10cm, y su tasa de aumento se ha duplicado en los últimos 12 años; el grosor de las capas de hielo y nieve en glaciares y polos ha disminuido constantemente desde hace 30 años, llevando a una pérdida de casi el 10% de su volumen. El calentamiento de la tierra y los cambios en los patrones de precipitación están provocando cambios en las áreas de distribución de las comunidades vegetales; algunas se están desplazando hacia lugares más altos y otras se están contrayendo, mientras que unas más están en proceso de expansión. El calentamiento del océano ha causado el blanqueamiento de corales, mientras que en los continentes son evidentes tanto los cambios en los periodos de floración y fructificación de varias especies vegetales, como modificaciones relevantes en los ciclos de vida de una gran variedad de especies animales (insectos polinizadores, aves, etc.), lo cual afecta las diversas interacciones entre especies y el funcionamiento de los ecosistemas.

## Las causas

Los niveles de dióxido de carbono —el gas que más ha contribuido al cambio climático— han aumentado 70% respecto a la era pre industrial; otros gases de efecto invernadero como el metano y óxido nitroso han aumentado también significativamente sus concentraciones en la atmósfera en el último siglo. Existen hoy evidencias científicas suficientes para afirmar que: a) la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera es la causa principal de los cambios observados; b) esta acumulación está asociada principalmente a actividades económicas: generación de energía y transporte con combustibles fósiles, la deforestación, el mal manejo de los desechos, los cambios de uso de suelo y la agricultura intensiva.

## Graves Impactos Esperados

Se han planteado escenarios a futuro para estimar la magnitud del calentamiento esperado y los impactos de éste. Los efectos proyectados para este siglo incluyen aumentos de temperaturas promedio que pueden ir desde 1.8 hasta 4.0 °C, dependiendo del tipo de desarrollo que adoptemos a nivel mundial (por lo que no se descarta llegar hasta 6.4 grados) y un aumento global en el nivel del mar entre 0.18 y 0.59 m (debido a la expansión de los océanos al calentarse) y desde 0.5 hasta 2m considerando el acelerado derretimiento de las capas de hielo. Se esperan además cambios significativos en los patrones pluviales; mayor incidencia de extremos en temperatura y precipitación, ciclones tropicales y ondas de calor cada vez más intensos, e inundaciones; sequías prolongadas cada vez más frecuentes; pérdida de zonas costeras; dificultad para el suministro de agua potable y aumento de las zonas de influencia de las enfermedades tropicales como la malaria. Todos estos fenómenos repercutirán a su vez en la economía nacional y regional, y tendrán impactos graves sobre todo en las poblaciones y sectores sociales más vulnerables, debido a la pobreza y marginación. Como consecuencia de la prolongada permanencia en la atmósfera de varios de los GEI, la concentración de estos gases, la temperatura y el nivel medio del mar seguirán subiendo durante varios siglos después de que se reduzcan las emisiones. En los próximos veinte años se espera un aumento de temperatura superficial de 0.4 °C en el mundo, independientemente del escenario económico que sigamos; más aún, debido a la lenta respuesta de los océanos al calentamiento, incluso si en estos momentos se estabilizaran las tasas de emisiones de GEI en los niveles del año 2000, cabría esperar un calentamiento entre 0.3 y 0.9 °C en el largo plazo.

## Estrategias para enfrentarlo

Dada la inercia climática, mientras más tiempo tardemos en reducir las emisiones de GEI -que han aumentado 70% entre 1990 y el 2004- se volverán más urgentes tanto las medidas de adaptación como las de reducción de vulnerabilidad, y al mismo tiempo, más estrictas tendrán que ser las medidas de mitigación requeridas para estabilizar las concentraciones de estos gases en niveles que nos permitan evitar los riesgos más graves (económicos, sociales y ambientales), sin causar efectos irreversibles en el planeta.

La UCCS considera que para hacer frente a esta problemática es urgente tomar acciones locales concretas, y al mismo tiempo emprender una acción conjunta y coordinada a nivel internacional, basada en el principio de responsabilidades comunes, pero diferenciadas entre los países y sectores sociales. Es vital que todas las naciones contribuyamos proporcionalmente para reducir globalmente las emisiones de GEI en 50% durante los próximos 25-30 años para salvar esta crisis. Las medidas de adaptación y mitigación están ampliamente justificadas por el principio precautorio, según el cual es mucho más efectivo actuar preventivamente que tratar de remediar los efectos una vez que el calentamiento del planeta se haya acentuado.

## México ante el Cambio Climático

Tomando en cuenta la problemática descrita anteriormente, consideramos lo siguiente:

1. **POLÍTICAS PÚBLICAS** El cambio climático requiere una estrategia de estado. México debe tener una política pública proactiva para enfrentarlo, con metas claras y planes coherentes, además de contar con fondos y presupuestos propios para garantizar su cumplimiento. Es fundamental que exista una coordinación efectiva de dependencias gubernamentales y la planeación de un desarrollo sustentable. Debido a su gran diversidad ecológica, la baja disponibilidad de agua, y la alta dependencia de la agricultura de temporal, así como por la distribución tan desigual de la riqueza, México es altamente vulnerable a los impactos del cambio climático. Por otra parte, ocupa el lugar 14 entre los países emisores de gases de efecto invernadero, debido a que nuestra actividad económica depende fuertemente del uso de los combustibles fósiles y enfrentamos altas tasas de deforestación. Este es un problema estratégico, pues causa presiones cada vez mayor sobre la base productiva y los recursos naturales, que son nuestro patrimonio nacional.
2. **ESTRATEGIA INTEGRAL.** Una estrategia integral ante el cambio climático comprende prácticas de adaptación, reducción de vulnerabilidad y mitigación. La primera requiere una planeación del desarrollo económico en función de los cambios climáticos esperados; la segunda consiste en tomar acciones específicas para prevenir daños; la tercera comprende introducir medidas, políticas y tecnologías para evitar más emisiones. Se deben buscar sinergias entre las distintas estrategias climáticas y las necesidades sociales y ambientales de desarrollo en nuestro país. Por una parte, las estrategias de adaptación y mitigación deben aplicarse simultáneamente, y no consecutivamente, buscando la integración de sus elementos para optimizar nuestra respuesta ante el cambio climático, y al mismo tiempo disminuir los riesgos (sociales, económicos, tecnológicos). Por otra parte, si bien las acciones ante el cambio climático se apoyan en la reducción de la vulnerabilidad, la transición energética y la conservación de los sumideros naturales de carbono, no se trata sólo de resolver problemas técnicos: nuestros esfuerzos deben ser parte de un modelo de desarrollo integral, a largo plazo, hacia una sociedad sustentable.
3. **ADAPTACIÓN Y VULNERABILIDAD.** La mayor presión debida al cambio climático en México será sobre la disponibilidad de agua, lo que aumentará la vulnerabilidad de las zonas áridas y semi-áridas, y las de agricultura de temporal, además de las zonas costeras y bajas. Además de ciclones y huracanes, los principales riesgos de desastres son las inundaciones y deslaves (centro, sureste y Golfo) y las sequías (norte y noroeste). Es necesario además a) señalar y proteger las zonas y localidades más vulnerables (regiones inundables, deltas de ríos y zonas secas), b) los ecosistemas amenazados (bosques templados y fríos, pastizales, arrecifes y manglares) incluyendo las comunidades y la biodiversidad; c) optimizar el aprovechamiento de agua, tanto en agricultura de temporal como en zonas urbanas; d) evaluar la posible afectación tanto de los recursos hidrológicos como de los energéticos (especialmente en la zona del Golfo). Se requiere además la participación de expertos en centros regionales y tecnológicos que puedan elaborar proyecciones de la productividad y riesgos bajo los escenarios del cambio climático, para los distintos sectores económicos, asentamientos urbanos, cultivos, climas regionales, recursos hidrológicos, zonas vegetales, zonas costeras, balances de energía, entre otras. Para reducir la vulnerabilidad social, se debe proteger la infraestructura y desarrollar los medios de producción de los medios básicos de subsistencia, en recursos como energía, alimentación y agua. Es especialmente urgente identificar las principales áreas de recarga de los mantos acuíferos y los procesos que ocasionan su deterioro, para tomar acciones inmediatas de conservación o restauración.
4. **MITIGACIÓN DE EMISIONES.** La transición hacia un modelo económico de bajas emisiones de gases de efecto invernadero es urgente. Esto implica promover transiciones en los sectores energético, agrícola y forestal, integrando en ellas, como un aspecto fundamental, el desarrollo social.

**Sector Energético y Transportes.** Debemos desarrollar políticas para la construcción de una base energética limpia, segura y más equilibrada para el futuro del país. Por una parte, las medidas de eficiencia y conservación de energía a gran escala representan el potencial de mitigación más importante y costo efectivo en el corto plazo. De continuar y fortalecerse, estas medidas podrían reducir hasta en 20-50% la demanda de energía proyectada para 2030-2050. Por otra parte, contamos con el potencial para cubrir el 35-60% de la demanda resultante en 2030-2050 con energías renovables (ER). Para lograr estos objetivos se requiere de apoyo institucional, reformas y esquemas flexibles que permitan diversificar las escalas, las tecnologías y los actores, así como descentralizar el suministro. Se requieren además incentivos fiscales y fórmulas de financiamiento e inversiones estables para apoyar la eficiencia energética, los métodos anticontaminantes, los proyectos de autogeneración y el desarrollo tecnológico de ER. En el transporte, es necesario promover el uso de vehículos más eficientes y mejores combustibles, pero al mismo tiempo se deben evitar los subsidios directos e indirectos al uso de combustibles fósiles. La promoción de programas energéticos con renovables deberá atenerse a criterios estrictos de sustentabilidad. Por ejemplo, en términos de contratos con poseedores de los recursos naturales, o en el caso de agrocombustibles, asegurando que no deterioren la seguridad alimentaria ni provoquen mayores impactos ambientales en su expansión en gran escala.

**Sectores Forestal y Agrícola.** La conservación de la cobertura vegetal y de la integridad de suelos en la agricultura son estrategias fundamentales. Debemos apoyarnos en las comunidades y trabajar las estrategias económicas y ecológicas sustentables, para detener la deforestación, que actualmente alcanza 500,000 hectáreas al año. Fortalecer el manejo sustentable de bosques y selvas, así como un nuevo modelo agrícola, asegurarán la captura de carbono y detener la degradación de suelos. Existe el potencial de habilitar 280 mil hectáreas al año mediante proyectos de restauración y reforestación en plantaciones forestales comerciales, para restaurar suelos degradados y producir bioenergéticos, combinando con actividades alimentarias y cultivos mixtos cuando sea posible. La agroindustria y la ganadería son cada vez más dependiente de fertilizantes y de mayores insumos de agua y energía para mantener su rendimiento. Se deben promover las estrategias agroecológicas, métodos de labranza mínima, prácticas agroforestales, sistemas locales de insumo-producto, entre otras medidas.

5. **CAMBIOS ESTRUCTURALES.** Se requieren cambios estructurales para reducir de manera efectiva la vulnerabilidad de nuestro país al cambio climático, así como para lograr una reducción sustancial de las emisiones de gases de invernadero. Esto significa optar por otro modelo de desarrollo. Por ejemplo, es necesario hacer efectivo el ordenamiento urbano; hacer esfuerzos de planeación e ingeniería y regular el crecimiento de la infraestructura de las ciudades; elaborar normas de eficiencia para el rediseño y mantenimiento de edificios y complejos devoradores de energía (centros habitacionales, hoteles, centros comerciales). Es crucial además disponer de un transporte público limpio y eficiente, y dar viabilidad dentro de la estructura de transporte en las ciudades tanto a ciclovías como rutas peatonales. Se necesitan optimizar la movilidad, redistribuir tanto localizaciones como horarios y reducir el radio de desplazamiento medio, así como modificar los patrones individuales de consumo (evitando el dispendio). Requerimos desde luego mejorar la gestión de las cuencas hidrológicas e implementar un programa de manejo integral de la basura y de los rellenos sanitarios, incluyendo reciclaje, reducción de volumen, combustión controlada, producción de compostas y generación biogás. Es clave tener sistemas alimentarios basados en el abasto de productos locales y con un menor dispendio de materiales y energía en el transporte, procesado y empaque.
6. **SOBERANÍA.** El Estado Mexicano debe mantener la soberanía sobre los recursos naturales. Al mismo tiempo, la gestión del Estado debe contemplar la diversidad de los actores involucrados y descentralizarse. Se deben buscar modelos innovadores y esquemas flexibles que permitan potenciar la participación de los distintos sectores sociales, garantizando el acceso equitativo a las opciones de mitigación y adaptación y marcos regulatorios apropiados.
7. **CIENCIA.** Los científicos e investigadores tenemos mucho que decir ante el Cambio Climático; debemos ejercer una ciencia abierta y responsable de sus resultados; mostrar un compromiso social, orientando nuestras investigaciones y definiendo los problemas de estudio con base en las necesidades de los distintos sectores del país. Es importante nuestra participación en grupos de estudio nacionales e internacionales, tanto para mejorar el entendimiento del origen de este problema, las consecuencias para México, así como para identificar las opciones de mitigación más viables y con impactos sociales positivos, así como las tecnologías más seguras y asimilables para detonar un desarrollo tecnológico sustentable. Debemos mantener informado al público respecto a los resultados de nuestros estudios, pues en muchos casos proporcionarán información clave para la toma de decisiones.

# Introducción

La Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS) ha elaborado este documento con el fin de ofrecer los elementos fundamentales para el entendimiento del fenómeno del cambio climático (o calentamiento global) así como las estrategias básicas para enfrentarlo. El cambio climático es el problema ambiental más importante que enfrentaremos en todo el planeta, al menos durante el presente siglo, y cuyos efectos más graves se pueden prevenir. Los efectos ambientales, sociales y económicos que tendrá este fenómeno en el país son graves. Más aún, la falta de acción inmediata a este respecto implica costos mayores, y al mismo tiempo, limitará el alcance de las medidas para contrarrestarlo en el futuro. El análisis de las políticas nacionales e internacionales más recientes, muestra que el cambio climático es ya un tema prioritario en las agendas de los gobiernos. Se ha propuesto un conjunto de medidas a nivel mundial, tanto de adaptación como de mitigación de emisiones; no obstante, muchas de éstas medidas adquieren prioridades distintas en el contexto particular de cada país. En este estudio se evalúan, por una parte, el grado de vulnerabilidad que existe en las distintas regiones de México y las capacidades de adaptación que deben desarrollarse; por otra parte, se analizan las prácticas de reducción de emisiones más viables así como sus potenciales de mitigación.

La UCCS considera que enfrentar el cambio climático requiere un enfoque sistémico e interdisciplinario, en las que se incorporen las esferas económica, social y ambiental. Entre las múltiples medidas climáticas se deben identificar aquellas cuyo desarrollo tendría impactos positivos sobre la seguridad alimentaria, la creación de empleos, la organización social, el desarrollo tecnológico, la conservación de los recursos naturales, la suficiencia energética y la salud pública, entre otras. En otras palabras, debemos buscar que las estrategias y políticas nacionales ante el cambio climático nos conduzcan hacia una sociedad más sustentable, más equilibrada y con menores riesgos en su desarrollo.

El presente trabajo consta de cuatro partes. En la primera, se exponen las bases científicas del calentamiento global causado por el hombre, y se muestran los escenarios climáticos mundiales a futuro, haciendo énfasis en la necesidad actuar de inmediato. Se describen las estrategias generales de adaptación y mitigación, y se concluye con la síntesis de las negociaciones que se han realizado hasta la fecha a nivel internacional, para establecer los compromisos y las metas concretas de los países frente a este fenómeno. En la segunda parte se estudia el cambio climático en el contexto nacional. Se analiza el papel del país y sus respuestas, tanto al exterior como al interior del país. Se hace un recuento de los aspectos de vulnerabilidad más importantes y se presenta un resumen de los escenarios climáticos de México para el presente siglo. En la tercera parte, se exponen las estrategias nacionales ante el cambio climático. Se enumeran los principales actores y las acciones de adaptación más urgentes. Se revisan los estudios de mitigación de emisiones disponibles para México, y se presentan los potenciales de mitigación de las medidas más viables, así como una estimación de los costos, comentando las barreras presentes para su puesta en práctica. En la parte final de este documento, se discuten diversos aspectos de carácter sistémico, como la necesidad de hacer cambios estructurales en el modelo de desarrollo, en estilos de vida y se enfatiza la necesidad de buscar sinergias con el desarrollo sustentable. Se incluye un apéndice donde se comparan los distintos escenarios mundiales de reducción de emisiones.

# I. Contexto Mundial

## ***El fenómeno del cambio climático***

El cambio climático es una de las manifestaciones más visibles de la crisis ambiental y energética que vive nuestro planeta desde hace algunas décadas. Es un fenómeno complejo, que se presenta en distintas escalas y con distintos grados de complejidad, y que requiere abordarse mediante una perspectiva interdisciplinaria e integral. Existe ya un amplio reconocimiento de que el calentamiento global y sus demás efectos climáticos son debidos a los efectos no previstos de diversas actividades económicas que están basadas en la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), tales como la generación de energía y el transporte, aunadas a la deforestación, el manejo inadecuado de los desechos y la degradación de suelos. Dichas actividades, que comenzaron a generalizarse a partir de la revolución industrial y agrícola de los siglos XVIII a XIX, continúan hasta nuestros días en proporciones que año tras año se muestran cada vez más insostenibles. Desde hace aproximadamente dos siglos, se ha venido sosteniendo este modelo de desarrollo económico, basado en la explotación de los recursos naturales, sin previsión sobre sus diversos efectos ambientales y sociales. En el sistema climático, la energía recibida principalmente en los trópicos circula por todo el planeta a través de la atmósfera y los océanos: esto regula la temperatura mundial, cuyo valor promedio oscila entre los 15 y 18 °C. Sin embargo, durante el siglo XX hemos observado un proceso de calentamiento de la atmósfera, en cual ha sido posible distinguir efectivamente la influencia de la actividad humana. Desde hace algunas décadas se han venido presentando a este respecto una gran cantidad de resultados climatológicos y científicos en general, los cuales han sido documentados por el IPCC a iniciativa de las Naciones Unidas (1995-2006). Los reportes del IPCC [IPCC, AR4] han dado como resultado el contar un cuerpo de evidencias sólidas, en base a las cuales se ha llegado a un consenso internacional respecto al proceso de calentamiento del planeta así como de sus causas.

Los principales agentes que influyen en el calentamiento global son los llamados gases de efecto invernadero (GEI). Estos gases son emitidos a la atmósfera como subproductos de diversas actividades económicas (procesos industriales, transporte, generación de energía, deforestación y cambio de uso de suelo), y se han acumulado debido a sus largos tiempos de vida atmosféricos, a grado tal que sus concentraciones actuales son 70% mayores respecto a su valor al inicio de la era industrial. Las altas concentraciones de GEI han alterado de forma significativa los ciclos naturales del carbono y de absorción de energía del planeta, provocando el aumento en las temperaturas promedio del planeta y con ella graves perturbaciones a todo el sistema climático.

La superficie de la tierra se calentó 0.74° C durante el siglo veinte, y tan sólo en las últimas cuatro décadas la temperatura se ha incrementado 0.52° C. Esto ha provocado otros cambios profundos: el nivel medio del mar ha subido más de 10cm, y su tasa de aumento se ha duplicado en los últimos 12 años; el grosor de las capas de hielo y nieve en glaciares y polos ha disminuido constantemente desde hace 30 años, llevando a una pérdida de casi el 10% de su volumen. El calentamiento está provocando cambios en las áreas de distribución de las comunidades vegetales; algunas se están desplazando hacia lugares más altos y otras se están contrayendo, mientras que unas más están en proceso de expansión. El calentamiento del océano ha causado el blanqueamiento de corales, mientras que en los continentes son evidentes tanto los cambios en los periodos de floración y fructificación de varias especies vegetales, como modificaciones relevantes en los ciclos de vida de una gran variedad de especies animales (insectos polinizadores, aves, etc.), lo cual afecta las diversas interacciones entre especies y el funcionamiento de los ecosistemas. Aunque se han planteado varios escenarios posibles para estimar *la magnitud* de este calentamiento global para las próximas décadas, se tiene ya la suficiente certeza científica de que el calentamiento global es un proceso en curso, cuya tendencia de aumento en la temperatura es inequívoca.

### **Las evidencias**

Los informes publicados por el IPCC reúnen una gran cantidad de evidencias científicas, las cuales han sido comprobadas independientemente entre sí, y que concuerdan todas con el calentamiento del planeta (Ver Figura 1):

- el aumento de los promedios mundiales de temperaturas de aire y océanos de 0.74±1.8 °C desde 1906, con un pronunciado aceleramiento de +0.52 °C en los últimos 30 años.
- la disminución constante del grosor de las extensiones de nieve y las capas de hielo en los glaciares y polos, de 2.7±0.5% por decenio desde 1978.
- el aumento en el nivel medio del mar, a una tasa de 1.8±0.5 mm anuales entre 1961 y 2003; la tasa entre 1993-2003 fue mayor, de 3.1±0.7 mm anuales.
- el blanqueamiento de los corales; el adelgazamiento de las capas superiores de los suelos congelados; los recorrimientos geográficos y/o los cambios en los ciclos de vida de diversas especies animales y vegetales.

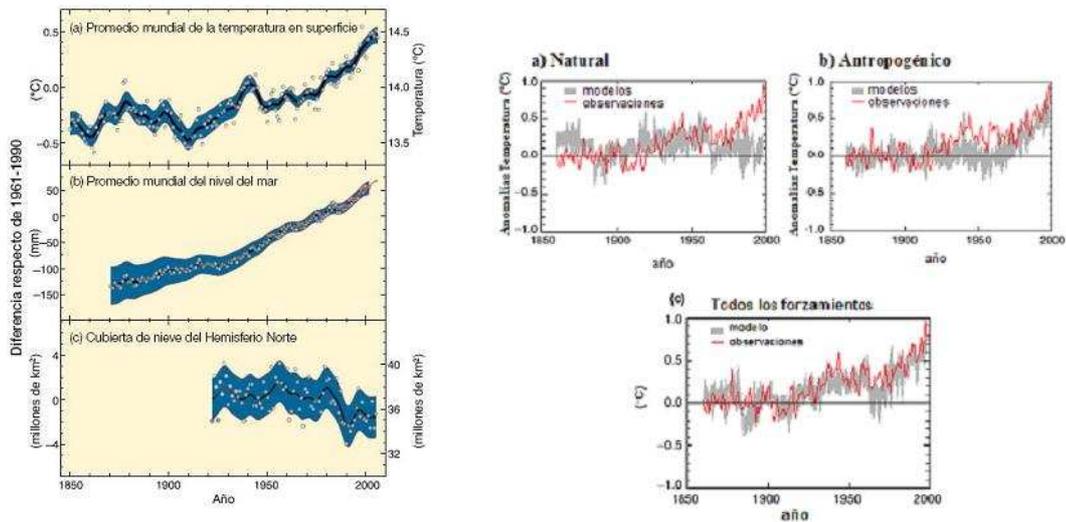


Figura 1 Se muestran (izquierda) los cambios en la temperatura (a) de la superficie del planeta, (b) promedio mundial del nivel del mar y (c) de las cubiertas de nieve en el hemisferio norte, obtenidas de [IPCC, AR4]. En la parte derecha se comparan los resultados de los modelos climáticos para reproducir la tendencia de la temperatura global en el siglo XX. Como puede apreciarse, solamente al tomar en cuenta en los modelos la influencia de la actividad humana (c) es posible reproducir las observaciones atmosféricas.

## Consecuencias e impactos

Hasta ahora está suficiente entendido que los cambios y tendencias observadas en el sistema climático global tienen un impacto directo sobre la biodiversidad y los ecosistemas marinos y terrestres, los mantos acuíferos, la agricultura y los asentamientos humanos; y que estos tienen, a su vez, efectos sobre el desarrollo económico y la salud pública.

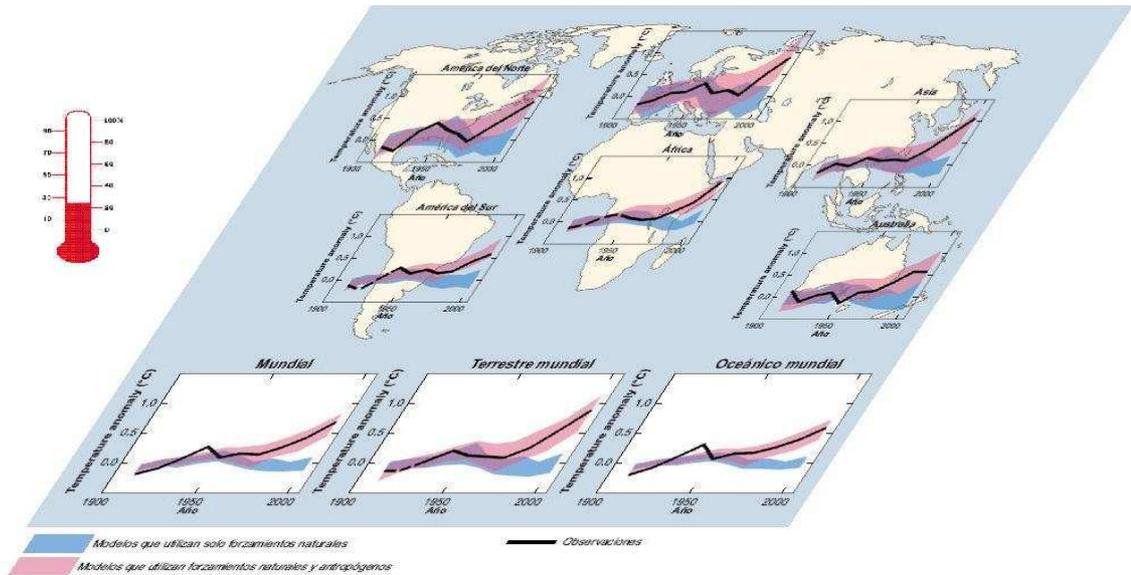
En todos los continentes, y en la mayoría de los océanos, existen evidencias de impactos en muchos ecosistemas especialmente amenazados (zonas polares, de alta montaña y costeros) por cambios climáticos regionales, asociados al aumento de temperaturas [AR4, WGI]. En particular, existe amplia certeza de que están teniendo lugar cambios marcados -- tanto en el comportamiento de los ecosistemas como en las propiedades del terreno -- en los ambientes naturales de hielo, de nieve y en suelos congelados. Existe también amplia certeza de que hay varias formas de afectación en los recursos hidrológicos debidas al calentamiento: mayores deslaves, deshielo temprano o en invierno, calentamiento de lagos y ríos (cuya agua ha cambiado en estructura y en calidad). Hay cambios en los periodos de floración, migración y deposición de huevos de flora y fauna; desplazamientos hacia los polos y a mayores alturas de especies de montaña; mayor duración de la estación de crecimiento de vegetales, asociada al calentamiento.

Algunos fenómenos meteorológicos han cambiado su frecuencia y/o intensidad notablemente en últimos cincuenta años. Es muy probable que los días fríos y con escarcha en el territorio se hayan vuelto ya menos frecuentes que los días calurosos; es probable que las ondas de calor sean más frecuentes y duraderas, y que la proporción de lluvias intensas haya aumentado; es probable también que las elevaciones repentinas del nivel del mar estén aumentado. En particular, la frecuencia e intensidad de ciclones y huracanes en los trópicos ha aumentado en las últimas décadas, lo cual parece indicar un aumento en la actividad ciclónica; sin embargo, la variabilidad de estos fenómenos, y la calidad de los registros disponibles, hacen difícil ahora determinar si existe o no una tendencia marcada, a largo plazo.

En los ecosistemas acuáticos y marinos, se ha observado un proceso de acidificación del océano<sup>1</sup> causado por el aumento en las concentraciones de CO<sub>2</sub>; éste representa una amenaza seria a las pesquerías comerciales y los arrecifes de coral. Lo anterior implica además cambios en la abundancia de algas y zooplancton en océanos y lagos de latitudes altas, además de cambios en los patrones de migración en peces de río.

Los suelos permanentemente congelados del Ártico (que contienen grandes cantidades de carbono) se están calentando con mayor rapidez de lo previsto [IPCC, ScDev-AR4]; aunque no se sabe cuánto se va a acelerar este proceso, el peligro radica en que las emisiones del metano contenido causarán un gran efecto de amplificación en el calentamiento global.

<sup>1</sup> Se ha medido un aumento en la acidez de los océanos, con un decrecimiento promedio del pH de 0.1. En general, existen cambios prominentes en las cubiertas de hielo, en salinidad del agua, niveles de oxigenación y de circulación, asociados al aumento de temperaturas.



**Figura 2** Cambios en la temperatura mundial así como los respectivos cambios a nivel continental. En cada gráfica se incluye una comparación entre los cambios en la temperatura promedio, obtenidos con modelos climáticos que sólo utilizan forzamientos naturales (azul) o bien forzamientos naturales y antropogénicos en conjunto (en rosa claro) [IPCC, AR4].

## Influencia de la actividad humana

De acuerdo al análisis de datos acumulados desde 1970, la actividad humana ha tenido una *influencia discernible* en los cambios que se han observado, pues al aumentar las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se ha alterado el equilibrio energético del sistema climático. Hay cuatro líneas de evidencia que apuntan en este sentido

1. el aumento en temperaturas es debido al aumento en las concentraciones de GEI
2. en una multitud de casos estudiados, los cambios climáticos observados concuerdan con el aumento de temperaturas observado.
3. hay concordancia espacial (regional) entre los sitios donde se han observado dichos cambios y donde ha habido aumentos de temperaturas; *es muy improbable* que estos cambios se deban sólo a la variabilidad natural de los sistemas;
4. en muchos modelos climáticos y ecológicos estudiados, sólo es posible reproducir los cambios climáticos al incluir la influencia antropogénica respecto al aumento de concentraciones de GEI.<sup>2</sup>

## Escenarios climáticos futuros

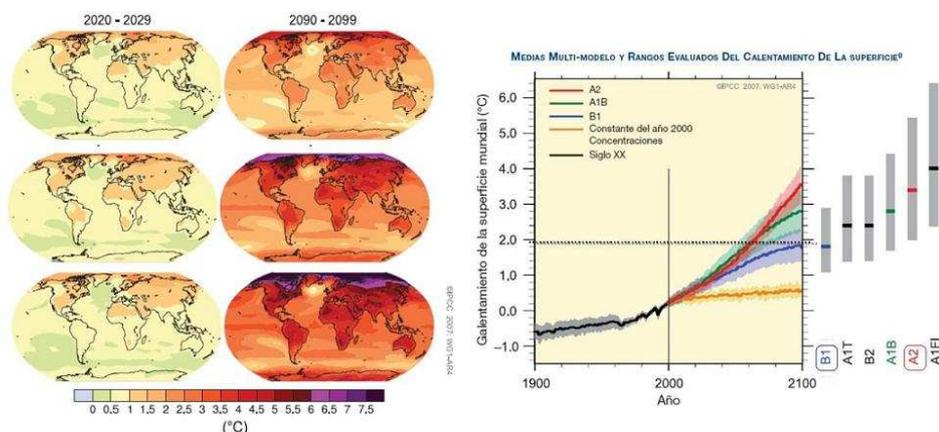
Actualmente la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es de 387 ppm<sup>3</sup>. Las concentraciones anuales de GEI han presentado un aumento progresivo en el planeta desde los inicios de la revolución industrial, y dicho aumento se ha venido acelerando en los últimos lustros. En el periodo de 1955 a 2005, las concentraciones de CO<sub>2</sub> aumentaron en 22%, mientras que el aumento correspondiente al periodo de cincuenta años anteriores (1900-1950) fue de sólo 14%. Ahora, debido a la creciente demanda global de energía, y al suministro de combustibles (fósiles) asociado a ella, se espera que las concentraciones de GEI sigan aumentando:

- por una parte, la demanda energética en las regiones en desarrollo aumenta en cerca del 3% anual;
- por otra parte, la alta demanda en los países desarrollados aumenta también, cerca del 1.2% anual.

<sup>2</sup> No es fortuito los efectos climáticos observados, así como el aceleramiento de los procesos mismos que se ha observado en el último medio siglo, coincida con el mayor auge económico y de negocios en la historia. A la llamada *influencia de la actividad humana* debemos entenderla como el efecto de las actividades económicas dominantes en el modelo de desarrollo urbano-industrial actual, cuya generalización ha causado el calentamiento del planeta. Dicho modelo favorece la explotación de los recursos exponencialmente; así, el aumento de nivel de ingreso de millones de personas implica, por ejemplo, un mayor uso del automóvil; el crecimiento de las ciudades implica más agricultura intensiva para alimentación, más consumo energético, etc.

<sup>3</sup> La abreviación ppm: *partes por millón*. La concentración de CO<sub>2</sub> actual, de 387 ppm, equivale aproximadamente a unas 1,970 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (1970 MtCO<sub>2</sub>) en la atmósfera.

Así pues, si estas tendencias actuales en las tasas de emisiones continúan, las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> y demás GEI seguirá aumentando; en consecuencia, con un grado de confianza muy alto (90%), se puede afirmar que las temperaturas aumentarán también. En el Informe Especial del IPCC sobre los distintos escenarios mundiales de emisiones (IEEE, 2000)<sup>4</sup> se proyecta un aumento de las emisiones de GEI de entre 25% y 90% (ver **Figura 3**), dependiendo del escenario económico. En particular, las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al uso de energía aumentarían entre un 40% y un 110% en el mismo periodo. Los escenarios a futuro más difundidos se han elaborado bajo el supuesto de que los combustibles de origen fósil mantendrán su posición dominante en el conjunto mundial de fuentes de energía, hasta 2030 como mínimo. En la **Figura 3** se muestran las distintas proyecciones para el presente siglo respecto a las temperaturas globales, situadas en un rango entre 1.8 y 5.4 °C, bajo los distintos escenarios de emisiones. En cuanto al aumento en el nivel medio del mar para 2090-2099 (respecto al valor de 1980-1999), en los modelos mencionados B1 y A2 las estimaciones son de 0.28 ±0.1 m y 0.37±0.14 m, respectivamente. El rango más amplio de las proyecciones de aumento del nivel del mar del IPCC en [IPCC, AR4] para el s. XXI va desde 18 hasta 59 cm. Ahora bien, debido al avance reciente en la observación y modelación de la dinámica de derretimiento de los hielos, en junio de 2009 el IPCC actualizó sus proyecciones respecto al aumento del nivel del mar en 2100, estimando un intervalo que va desde 0.5 hasta 2m para el año 2100 [IPCC, SciDev-AR4].



**Figura 3** Proyecciones de aumento en la temperatura en los distintos escenarios de emisiones del IPCC. Como puede observarse en la gráfica de la derecha, aun si las concentraciones de GEI se mantuviesen constantes en su valor del año 2000, los modelos indican que existiría un aumento en la temperatura a fin de siglo de  $0.6 \pm 0.3$  °C. La estimación esperada, del escenario B1 (más optimista), indica un incremento de 1.8 °C en un rango de 1.1 - 2.9 °C, mientras que en el escenario A2 (más pesimista) el aumento esperado es cercano a 3.3 °C, en un rango de 2.0 - 5.4 °C. [IPCC, AR4].

## Proyecciones

En los próximos veinte años se espera un aumento de temperatura superficial del planeta de 0.4 °C, *independientemente del escenario económico que sigamos*; más aún, debido a la lenta respuesta de los océanos al calentamiento, incluso si en estos momentos se estabilizaran las tasas de emisiones de GEI en los niveles del año 2000, cabría esperar un calentamiento de entre 0.3 y 0.9 °C. Aun cuando a partir de ahora se mantuvieran constantes todas las concentraciones de GEI, cabrá esperar un calentamiento adicional cercano a 0.1 °C por década. El IPCC proyecta un calentamiento mayor sobre tierra firme, acrecentado en las latitudes septentrionales, con calentamiento más bajo en los océanos del hemisferio sur, cerca de la región antártica y en algunas partes del atlántico norte. Se espera una asimismo una contracción general de todas las capas de nieve, y aumento de los volúmenes de deshielo en la mayoría de las regiones de suelo congelado, así como una retracción de los hielos del ártico y del antártico.

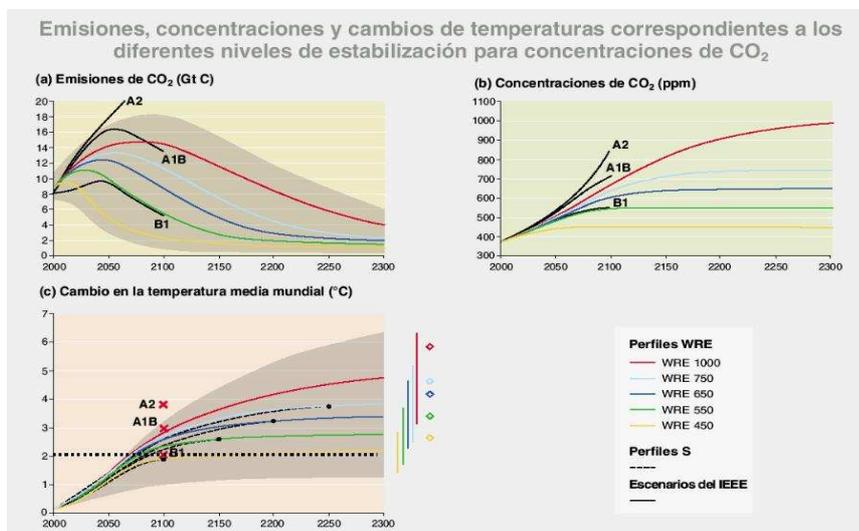
Como causa del aumento en las temperaturas, es muy probable que aumente en número e intensidad las ondas de calor drásticas, así como las precipitaciones intensas durante el presente siglo; habrá también mayor probabilidad de ciclones y huracanes tropicales, con máximos en velocidades de viento e intensidades de precipitación más acentuados. Las trayectorias de las tempestades fuera del trópico progresarían hacia los polos, con el consiguiente cambio en los patrones de viento, temperatura y lluvia en latitudes altas, así como una disminución de hasta 20% en los patrones pluviales en las regiones subtropicales.

<sup>4</sup> Los escenarios IE-EE están agrupados en cuatro familias (A1, A2, B1, B2) que exploran vías de desarrollo alternativas para el futuro e incorporan, junto con las emisiones de GEI resultantes, toda una serie de ingredientes o forzamientos: demografía, economía, tecnología, etc.

## La necesidad de actuar

Las acciones conjugadas y la movilización de recursos que son necesarias para enfrentar el calentamiento global todavía no han alcanzado ni la magnitud ni la planeación que se requerirían en estos momentos para hacer frente a los riesgos climáticos más graves.

Existe una necesidad urgente de actuar. En primer lugar, existe una amenaza real, pues las consecuencias del cambio climático, especialmente en los límites superiores de las predicciones, pueden ser muy costosas. En segundo lugar, el sistema climático posee una inercia, determinada por las escalas temporales de los procesos atmosféricos<sup>5</sup>, por lo cual un efecto dado (la estabilización de las emisiones, el calentamiento, la subida del nivel del mar) puede continuar por décadas o siglos después del momento en que han cesado su causa (aumento en las emisiones de GEI). Más aún, existe un umbral natural para el aumento en la temperatura de unos 2 °C, más allá del cual no estamos seguros de lo que podría pasar en el sistema climático global, y perderíamos la capacidad de influir en los procesos climáticos como lo hemos hecho hasta ahora [Lynas, 2008]. La última vez que el planeta tuvo temperaturas promedio de 3°C mayores que las actuales fue en el periodo conocido como el Plioceno. En ese entonces, el nivel del mar era 25 metros mayor que el nivel actual. El principio precautorio nos dice: *la ausencia de certeza absoluta sobre un daño inminente no justifica la ausencia de acciones para prevenirse del mismo.*



**Figura 4** Se muestran, en los distintos escenarios del IIEE hasta 2300, a) las emisiones de CO<sub>2</sub> b) las concentraciones de CO<sub>2</sub> en ppm. c) el aumento correspondiente en las temperaturas [IPCC, AR4].

Los cambios climáticos antropogénicos tales como el calentamiento global y los cambios en la precipitación pluvial pueden tener efectos irreversibles<sup>6</sup>. Es un hecho que las temperaturas mundiales en décadas sucesivas no disminuirán en cientos o miles de años: esto traerá impactos sobre los recursos naturales y sobre amplios segmentos de nuestra vida organizada. Se ha estimado un valor umbral para evitar las consecuencias más desastrosas del calentamiento global: las concentraciones de CO<sub>2</sub> no deben rebasar el valor de 450 ppm a nivel mundial [Mastrandrea, 2004], [Hadley, 2005]. Emisiones adicionales, que nos llevarán más allá de este umbral<sup>7</sup>, se vuelven extremadamente riesgosas [Han, 2007]. Más aún, incluso el umbral actual aceptado por el IPCC de 450ppm podría ser demasiado alto [Han, 2008], [Rock, 2009].

Ahora, la forma en la que se eviten más emisiones durante este periodo determinará el valor de equilibrio que alcanzarán las concentraciones, y las temperaturas atmosféricas, durante los próximos siglos (ver gráfica en la **Figura 4**). Entre más baja sea la temperatura de estabilización deseada, más rápidamente se debe alcanzar el máximo histórico de emisiones. Así, para evitar aumentos de temperatura peligrosos en este siglo, se necesita llegar al máximo y luego disminuir drásticamente las emisiones en las próximas dos o tres décadas. Necesitamos reducir nuestra tasa de emisiones a la mitad de su valor actual, entre 30 y 60% durante los próximos veinte o cuarenta años, y continuar

<sup>5</sup> Entre dichos procesos están la circulación atmosférica, la difusión del calor en las aguas oceánicas y la dilatación correspondiente al aumento de temperatura, entre otros.

<sup>6</sup> Se han identificado impactos climáticos cuyos riesgos potenciales son de hecho muy grandes tales como la aceleración del proceso de derretimiento de las capas de hielo continentales y la desaparición del hielo ártico; la posible desaceleración de las corrientes oceánicas; la liberación masiva del metano en los suelos congelados; incluso, la generalización de la anoxia en los mares.

<sup>7</sup> Las estimaciones hechas por el grupo del Centro de Ciencias de la Atmósfera (UNAM) nos dicen también que el nivel tolerable para las regiones tropicales puede ser de hecho *menor* que los valores mundiales.

reduciéndolas aún más hasta el año 2100. Entonces habríamos alcanzado el pico máximo de las emisiones antes del año 2050 y las concentraciones se estabilizarían en aproximadamente 520 ppm. En la **Figura 4**, el modelo B1 es el que contempla menos emisiones, y resulta en un cambio de temperatura ulterior de 2.5 °C. El escenario B1 es, además, el único con el que alcanzaríamos el máximo de emisiones en menos de 50 años, con lo que las emisiones se estabilizarían en algo así como 540 ppm/año.

## **Estrategias generales para enfrentar el cambio climático**

El cambio climático representa una crisis ambiental, energética y económica de dimensiones planetarias. Para hacer frente a esta crisis se han desarrollado dos estrategias generales básicas, a saber, **la adaptación y la mitigación**. La adaptación consiste en articular mecanismos de respuesta ante los cambios, así como acciones orientadas a reducir nuestra vulnerabilidad ante los efectos de la crisis. Ésta requiere de recursos económicos y técnicos, así como habilidades locales para actuar de acuerdo a los cambios, incluso de manera drástica o urgente, como respuesta ante los desastres. Por su parte, la mitigación consiste en buscar eliminar las causas de la crisis; esto es, respecto al calentamiento global, reducir las emisiones de GEI. Para ponerla en práctica debemos modificar procedimientos, usar otras tecnologías, limpias y eficientes, así como prácticas ecológicas, sea para compensar o evitar más emisiones de carbono.

*Para que las estrategias de adaptación y la mitigación sean efectivas, deben trabajarse simultáneamente, y no consecutivamente, incluyendo además un cambio de nuestra perspectiva ética ambiental.*

### **Adaptación**

La capacidad de adaptación permite reducir la vulnerabilidad ante los cambios climáticos; ésta deriva de la fortaleza de las instituciones, de los recursos disponibles y de la capacidad de generar una respuesta anticipada y coordinada por parte de la sociedad y sus instituciones. En muchos casos requiere de esfuerzos importantes en cuanto a la planeación, logística e ingeniería para la protección o modificación de las actividades y los recursos que puedan verse afectados. La adaptación es desde luego una actividad preventiva esencial, y puede incluso ser benéfica tanto a corto como a largo plazo. Los escenarios climáticos generales han sido ya planteados, y por tanto las estrategias de adaptación pueden ser planificadas considerando estos escenarios, para enmarcarse dentro de los planes de desarrollo sectorial, social y económico, ya sea en ámbitos nacionales, regionales o locales [AR4, WGII]. Es cada vez más importante hacer las estimaciones climáticas a nivel regional, y de proyectos, en sectores tales como: agricultura, energía, recursos hidrológicos, planeación urbana, turismo o comercio. Con base en estudios de este tipo se pueden identificar las acciones con una alta relación beneficio/costo, las cuales en muchos casos puede maximizarse con una adaptación temprana. Ahora bien, tanto la aplicación como la efectividad de las medidas de adaptación pueden ser limitadas o potenciadas por factores de orden financiero, tecnológico, cognitivo, político, cultural, social o institucional. Por su parte, la vulnerabilidad ante los desastres naturales puede verse acrecentada por otros factores concomitantes como la pobreza, la desigualdad de recursos, los giros en la economía mundial y los mercados o los servicios de salud pública.

### **Mitigación**

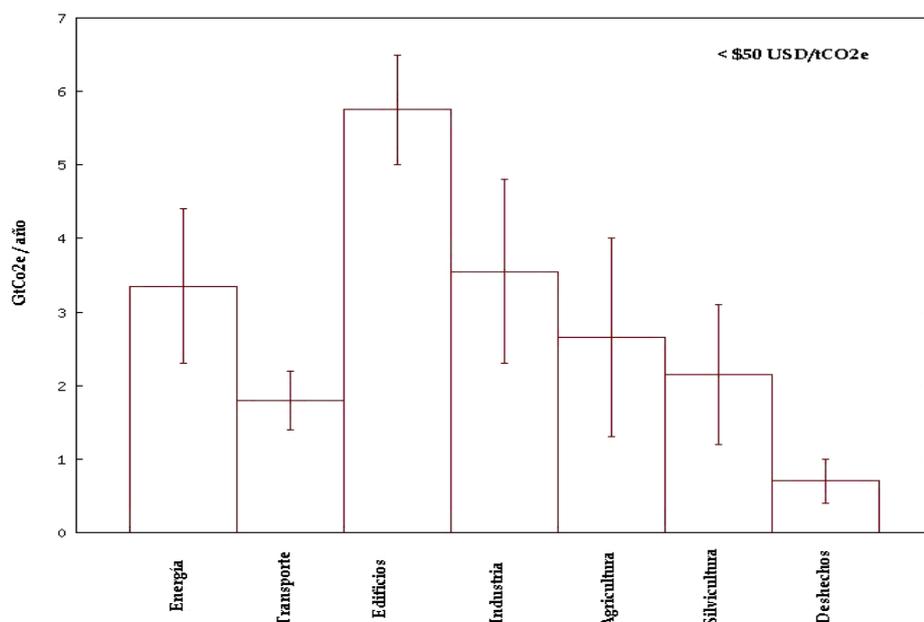
Las medidas de mitigación pueden reducir la velocidad con que aumentan las concentraciones actuales de GEI y por consiguiente reducir los impactos del calentamiento; a nivel mundial, la estrategia es conducirnos hacia una estabilización de las emisiones. Entre las medidas más importantes están

1. **la reducción de emisiones:** mediante la sustitución de energías convencionales por tecnologías limpias, desde fuentes renovables; promover el ahorro y la eficiencia energética; desarrollo de tecnologías de reducción y captura de emisiones en la industria y en el transporte;
2. **la conservación y ampliación de las zonas boscosas y vegetación:** las emisiones desde los ecosistemas por combustión de materia orgánica y degradación de suelos se reducen al contener la deforestación, mediante programas de manejo, prácticas agroforestales o plantaciones comerciales forestales. Además de incrementar la captura de CO<sub>2</sub>, es conveniente la sustitución de combustibles fósiles por bioenergéticos para usos locales y regionales, y la implementación de estrategias económicas ecológicas de desarrollo social.
3. **el cambio de patrones de consumo y estilo de vida:** los hábitos de millones de personas generan toneladas de carbono al año, principalmente mediante el transporte y el uso de energía eléctrica; se puede reducir significativamente las emisiones reduciendo la demanda de electricidad de edificios, mediante el manejo integral de la basura y con una menor intensidad del uso de autos particulares.

## **Las oportunidades de mitigación**

Estamos actualmente ante una *ventana crítica de oportunidad* de unos 25-30 años como máximo para actuar en la mitigación del cambio climático. Durante este tiempo, es necesario que alcancemos el máximo histórico de emisiones para luego comenzar su reducción y estabilizar las concentraciones en valores aceptables.

En principio, los niveles de estabilización de GEI requeridos para evitar las consecuencias más desastrosas del cambio climático son todavía alcanzables, pero no se darán por sí solos. Para ello es impostergable la implementación de un conjunto de prácticas y tecnologías limpias que han sido desarrolladas ya, y que se encuentran actualmente disponibles, o bien, que previsiblemente serán comercializadas en el próximo decenio si se activan y maximizan los flujos de tecnología e inversión necesarios. Los principales potenciales de mitigación a corto plazo se encuentran en las medidas de eficiencia energética, el consumo y la generación de energía, así como la sustitución de combustibles fósiles; a mediano y largo plazo están las energías renovables a gran escala, el manejo agrícola sustentable, la optimización del transporte y la captura de carbono mediante la silvicultura.



**Figura 5** Se muestra el potencial económico global de las opciones de mitigación con costo menor a 50 USD por tonelada de CO<sub>2e</sub> estimado en el año 2030 (comparado con los valores de referencia de los usos actuales respectivos en los distintos sectores). Como puede observarse, en el ramo de construcción y operación de edificios (usos estacionarios) es el área con el mayor potencial en el mediano plazo. Elaboración propia, datos tomados de [IPCC, AR4].

En todas las regiones analizadas por el IPCC, los resultados obtenidos para los distintos escenarios indican que el potencial de mitigación económico mundial (que incluye tanto condiciones de mercados como los costos y beneficios sociales tras el aumento de emisiones) es sustancial para los próximos decenios, y que en general aumentará a medida que aumenten las emisiones, con lo cual se podría compensar el aumento de emisiones que se tiene proyectado de no cambiar la vida económica actual. Esto es, existe una gran cantidad de medidas de mitigación de emisiones de GEI en diversas escalas que son en sí costo efectivas [AR4, WGIII], es decir, que deberían aplicarse aún sin tener en cuenta el cambio climático. Por ejemplo, las medidas anticontaminantes, muchas de las cuales implican reducciones de GEI, podrían tener co-beneficios sustanciales que compensarían una fracción de las medidas de los costos de mitigación. Según los estudios económicos del IPCC, las medidas de mitigación que significan un ahorro neto reducirían las emisiones en aproximadamente 6 mil MtCO<sub>2e</sub> de aquí al 2030. Se considera que para que las emisiones de GEI en 2030 no rebasen los valores actuales se necesitan aplicar todas las opciones de mitigación con un costo hasta 50 USD/tCO<sub>2e</sub>. Como puede apreciarse en la **Figura 5**, el mayor potencial de estas medidas se encuentra en los usos estacionarios, como las medidas de eficiencia energética en los edificios, seguidas de industria y generación de energía [AR4, WGIII]. De acuerdo con el IPCC, las medidas de mitigación con un costo menor a \$100 USD/t CO<sub>2e</sub> permitirían reducir las emisiones de GEI entre 16-31 mil MtCO<sub>2e</sub>/año. Ahora, para que las emisiones en el año 2030 se reduzcan en 50% respecto a lo proyectado, se necesitan aplicar todas las opciones cuyos costos de mitigación lleguen hasta \$200 USD/tCO<sub>2e</sub>.

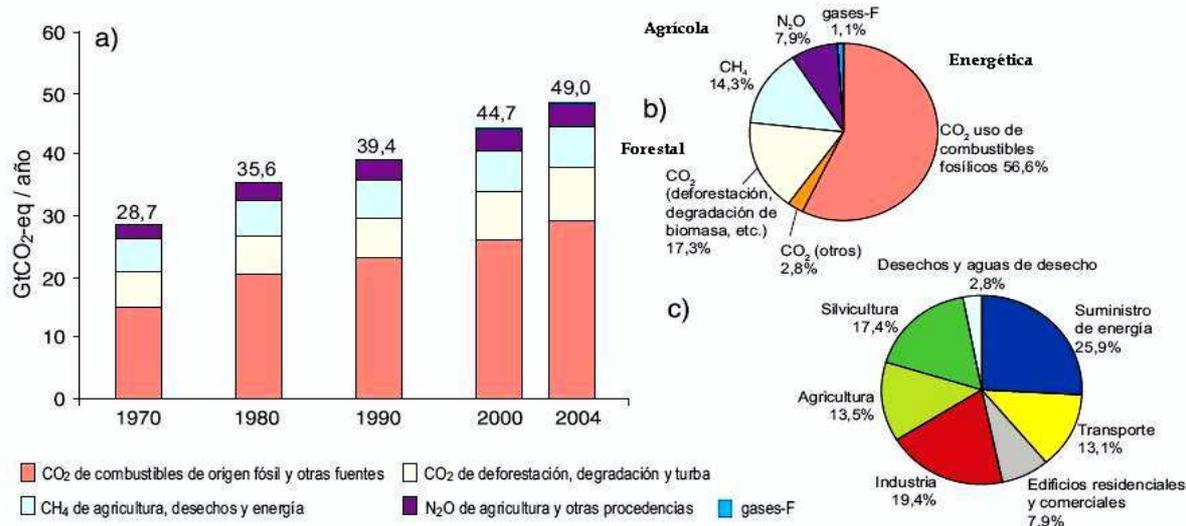
Pero es importante notar que los costos de las medidas de mitigación se vuelven mayores, en cuanto proceden de escenarios de más emisiones. Más aún, *si la aplicación de estas medidas se demora, se pueden perder una serie de oportunidades clave* para poner en práctica opciones de mitigación y adaptación. Esto es, que mientras más tiempo tardemos en actuar decisivamente, nos veremos en la necesidad de tomar medidas más drásticas, y más costosas.

A nivel internacional, se supone todavía que las acciones de los países del Anexo I de la Convención de las Naciones Unidas del Clima (aquellos que están obligados a hacer reducciones de emisiones) marcarán la pauta sobre la economía mundial y los estilos de vida, y que posiblemente serán ellos quienes podrán establecer un precio implícito del carbono emitido para canalizar inversiones hacia tecnologías limpias. Pero en temas como la energía, la educación ambiental, la práctica profesional y la formación de recursos humanos la responsabilidad no es tan diferenciada. Más aún, las ventajas de implementar opciones de sustentabilidad como estrategia climática son en muchos casos mayores comparativamente

para las economías emergentes y para las regiones geográficas *del sur*, como la nuestra, donde buena parte de la infraestructura está en construcción y es posible explotar el potencial agrícola y forestal.

## Las transiciones necesarias

Es importante reconocer que el fenómeno del cambio climático no es sólo algo que vemos ocurrir *afuera* en la atmósfera; ni algo cuyas consecuencias se esperan para un futuro lejano. Este fenómeno incluye todo el contexto de la vida, la economía y la sociedad mismas, las cuales están además marcadas por una creciente asimetría en el desarrollo, tanto en el contexto internacional como al interior de nuestros países.



**Figura 6.** Emisiones mundiales de GEI causadas por actividades humanas. a) Emisiones anuales entre 1970 y 2004; b) partes proporcionales de los diferentes GEI antropogénicos en la emisiones totales en el año 2004, en términos de CO<sub>2</sub> eq. c) partes proporcionales de los diversos sectores económicos en GEI antropogénicos de la emisiones totales del año 2004, en términos de CO<sub>2</sub> eq. Tomada de [IPCC, AR4]

Así pues, para salvar esta crisis *de una forma permanente*, debemos actualizar y reorientar nuestras políticas de desarrollo económico y social hacia escenarios de bajas emisiones de GEI. Para ello es necesario activar una serie de transiciones conjuntas para los sectores básicos: a) transición **agrícola**; hacia una agricultura ecológica y sistemas alimentarios basados en una mayor integración local de las cadenas insumo-producto; b) transición **energética**; basada en la optimización de los sistemas energéticos, con énfasis en los recursos renovables y la eficiencia energética; c) transición **forestal**, hacia la conservación, el manejo sustentable y la restauración de nuestros bosques y selvas.

## Situación actual de las emisiones

Las emisiones agregadas de los gases de invernadero en el planeta han causado un aumento de 70% en las concentraciones respecto a la era preindustrial (1790); sólo entre 1970 y 2004, éstas han aumentado 24%. En 2004, la contribución total de GEI en el planeta (ver **Figura 6**) fue de aproximadamente 49 mil millones de toneladas anuales en CO<sub>2</sub> eq. [IPCC, AR4]; el 56.6% de éstas fue CO<sub>2</sub> emitido por el uso de combustibles, mientras que 17.3% corresponde a CO<sub>2</sub> por deforestación y descomposición de materia orgánica y 2.8% es CO<sub>2</sub> de otras fuentes; 14.3% corresponde a metano, 7.9% N<sub>2</sub>O y 1.1% a gases fluorocarbonatados. Las emisiones aumentaron entre 1970 y 2004 alrededor de un 80% (y un 28% entre 1990 y 2004). En particular, las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2004 representaban el 77% del total de emisiones de GEI de origen humano.

## Sectores

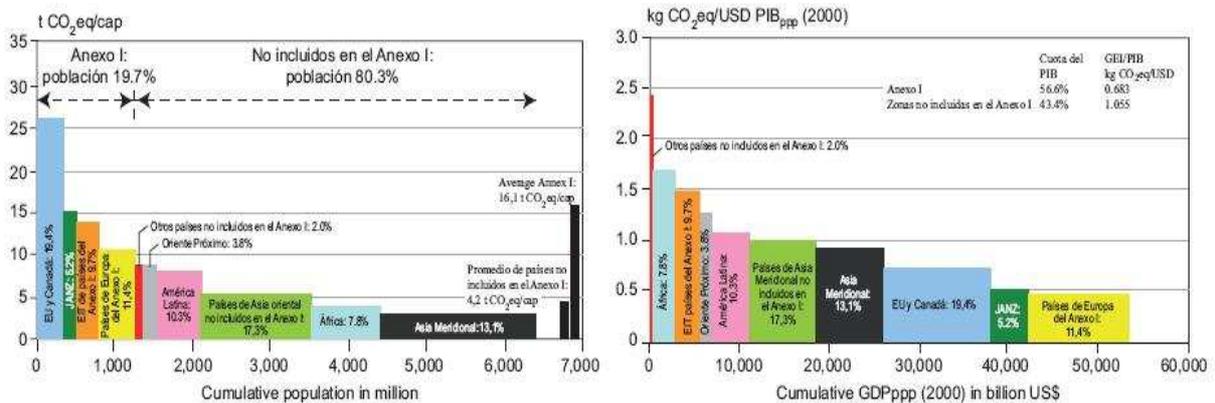
El mayor crecimiento en las emisiones de GEI (entre 1970 y 2004), ocurrió en el sector de suministro/generación de energía (con un incremento de 145%); el incremento en emisiones directas del sector de transportes en este período fue de un 120%; en la industria un 65% y de los usos del suelo, cambio de usos del suelo y silvicultura (USCUSS) un 40%. Entre 1970 y 1990 las emisiones directas de la agricultura crecieron un 27% y las de las construcciones un 26%; estas últimas han permanecido en los niveles alcanzados desde 1990. Sin embargo, el sector de la construcción presenta un alto nivel de uso de electricidad, y por ello el total de emisiones directas e indirectas en este sector es mucho mayor (75%) que el de emisiones directas. En a) de la **Figura 6**, se muestra la cronología entre 1970-2004 de las emisiones de GEI, distribuidas por gas y por sectores.



**Figura 7** Entre los sectores emisores del GEI más importantes están la generación de energía y la actividad industrial, el transporte, la destrucción de ecosistemas y el mal manejo de desechos.

## Países

La mayor parte de las emisiones mundiales viene de las regiones donde se asientan las economías más industrializadas y/o de las zonas más pobladas: Estados Unidos, China, Rusia, India y Europa. Los países desarrollados ocupan los primeros lugares en emisiones per cápita (Japón Alemania, Gran Bretaña y otros, aunque los primeros lugares son los países árabes productores de petróleo, seguidos de Australia, Estados Unidos y Canadá, que ocupan los lugares 5,6 y 7, respectivamente); en estos países, las emisiones por USCUS no son significativas.



**Figura 8.** En la gráfica a la izquierda, se muestra la distribución de las emisiones regionales de GEI per cápita en las poblaciones de diferentes regiones o grupos de países en 2004. La cifra que está dentro de las barras indica el porcentaje de las emisiones globales para esa región; a la derecha, se muestra la distribución de las emisiones regionales de GEI por \$US de PIBppa sobre el PIBppa de los diferentes grupos de países en 2004.

En contraste, en países en desarrollo como Indonesia o Brasil las emisiones por USCUS representan una porción grande de sus emisiones totales. En el caso de México, las emisiones de este sector son también significativas. En cuanto al criterio de intensidad de emisiones (emisiones por unidad de PIB), se presentan variaciones sustanciales entre los países industrializados (Ucrania, Francia, EUA), pero en los países en vías de desarrollo no se presenta una variación notable. Estos distintos criterios han hecho difícil la negociación internacional para adquirir compromisos, en particular en los casos de China y Estados Unidos.

## La negociación a nivel mundial

**La Convención Marco de las Naciones Unidas ante el Cambio Climático (CMNUCC ó UNFCCC**, por sus siglas en inglés), fue convocada en 1992 con el fin de prevenir los efectos adversos provocados por la intervención humana en el sistema climático mediante las emisiones de GEI. En la convención se hizo patente la gravedad del problema y los riesgos implicados por el aumento en las concentraciones de GEI en la atmósfera; se planteó como uno de sus objetivos lograr su estabilización hasta niveles adecuados, en un tiempo suficiente para la adaptación de los ecosistemas, sin comprometer la seguridad alimentaria, y permitiendo que el desarrollo económico continúe bajo la premisa de sustentabilidad. En principio, la convención adjudicaba a los países industrializados (Anexo I) un mayor grado de responsabilidad por la crisis, y les requería adoptar medidas de mitigación y realizar Inventarios de Emisiones regularmente, tomando 1990 como el año base de las tabulaciones. Cada miembro de la CMNUCC se comprometió a emitir Comunicados Nacionales dando a conocer los avances en la materia. La convención reconoció además la vulnerabilidad de los países en desarrollo ante el cambio climático y llamó a tomar esfuerzos extraordinarios para prevenir las consecuencias; en los artículos 4.88 y 4.9 se toma especial consideración de los países más vulnerables y de

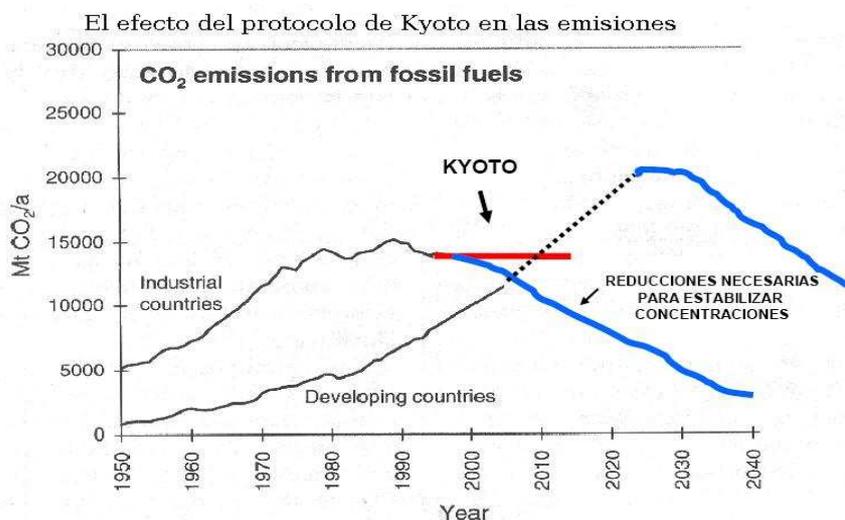
aquellos que podrían verse afectados por las políticas energéticas y de los países industrializados, por ejemplo, respecto a la reducción del consumo de petróleo.

## El Protocolo de Kyoto

**El Protocolo de Kyoto** fue formulado en 1997 por la CMNUCC con el propósito de establecer compromisos más claros para reducir las emisiones globales de GEI en los países del Anexo I de la CMNUCC, que conforman el Anexo B del protocolo de Kyoto. Los adherentes se obligan a cumplir metas concretas de reducción. Después de arduas negociaciones, el protocolo fue adoptado por la mayoría de los países industrializados, así como por países centro europeos en transición hacia la economía de mercado. En 2004 Rusia ratificó su compromiso, mientras que Estados Unidos y Australia decidieron no ratificarlo.

**Las metas de Kyoto.** El acuerdo consiste en una serie de compromisos legales para reducir las emisiones de GEI entre 6 - 8% por debajo de los niveles reportados por cada país, lo cual permitiría, a partir de las de las emisiones en el año base 1990, una reducción global de **5.2%** hasta 2008-2012. A la Unión Europea correspondería un 8% de reducción; a Japón un 6%; Rusia, Ucrania y Nueva Zelanda se estabilizarían; Noruega, Australia e Islandia tenían incluso la posibilidad de aumentar, respectivamente, 1, 8 y 10% sus emisiones. El resto de los países del mundo no asumió cantidades específicas, a pesar de la insistencia de muchos de los industrializados de que los grandes países en desarrollo (China, India) también debían adoptar un compromiso. Por esta razón los Estados Unidos, que habrían requerido comprometerse a reducir 7% sus emisiones, no ratificó los compromisos; ninguno de los gobiernos (Clinton-Bush) discutieron la firma de estos acuerdos.

En las negociaciones en el año 2000 (La Haya-Bonn) se formularon una serie de mecanismos de flexibilidad, para facilitar el cumplimiento de las metas. Tales son el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL o CDM por sus siglas en inglés), que permite a los países industrializados financiar la reducción de emisiones en los países en desarrollo, como alternativa para reducir sus propias emisiones; cabe mencionar que el MDL estipula que serán aprobados solamente aquellos proyectos que, además de demostrar efectiva la mitigación de emisiones o captura de carbono, vayan acompañados de claros beneficios ecológicos y sociales. Esta es la llamada premisa de sustentabilidad. Otros instrumentos de Kyoto son la Implementación Conjunta IC (JI, por *Joint Implementation* en inglés), que facilita inversiones entre países industrializados para proyectos de mitigación y transferencia de tecnologías, y el Comercio de Bonos de emisiones, que autoriza a los países del anexo B el derecho de emitir CO<sub>2</sub> como un bien canjeable, con precio de mercado, beneficiando principalmente a las empresas que reduzcan sus emisiones.



**Figura 9.** El efecto del protocolo de Kyoto en las emisiones mundiales hasta el año 2012, tendiente a estabilizar las emisiones de los países industrializados.

**Resultados de Kyoto.** Estrictamente hablando, los resultados del protocolo de Kyoto comenzaron a evaluarse en noviembre de 2008 y terminarán en 2012. Casi todos los países del Anexo I de la CMNUCC han elaborado ya su correspondiente 4ª Comunicación Nacional ante la convención. De acuerdo a los datos de los Inventarios Nacionales, el total de las emisiones agregadas de GEI, excluidas las emisiones/absorciones del sector uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS), los países del Anexo I disminuyeron sus emisiones un **2.8%** entre 1990 y 2005 (un 4.6% en el caso de las emisiones de GEI, incluyendo el sector USCUSS). Los países del Anexo I que son economías en transición, las emisiones de GEI disminuyeron un **35.2%** (un 36.2% con el sector USCUSS). En lo que respecta a las partes del Anexo I que no son economías en transición, las emisiones de GEI la emisiones aumentaron un **11.0%** (con USCUSS aumentaron 10.0%).

*Teniendo en cuenta que en las próximas décadas las emisiones deberían reducirse en cerca de 50%, o más incluso para los grandes países emergentes, es evidente que los compromisos de Kyoto resultan insuficientes para frenar el cambio climático. Sin embargo, a pesar de ser incipiente, el protocolo de Kyoto ha sentado una base para las negociaciones futuras en cuanto a reducción de emisiones de GEI.*

## **Los acuerdos de Bali**

El plan de acción de Bali se enfocó sobre acciones más directas ante el Cambio Climático, con el fin de implementar una segunda fase de acuerdos posteriores al protocolo de Kyoto en 2012. La meta es lograr reducciones de 50% para el año 2040. En el periodo 2013-2017, los países industrializados tendrían que reducir sus emisiones en **18%** respecto a 1990, y **30%** entre 2018-2022. Los acuerdos tienen como objetivo profundizar en los compromisos de los países desarrollados (Anexo I de la CMNUCC) y al mismo tiempo incluir esquemas financieros y acuerdos de cooperación internacional más ambiciosos que permitan ampliar la participación de países en desarrollo como México.

En Bali se reabrió el debate respecto a la importancia de los bosques y selvas como regiones de captura y reservas vivas de carbono, bajo los rubros de uso de suelo y cambio de uso de suelo, así como la relevancia de las prácticas forestales. Además se comenzó a hablar más en claro respecto a los instrumentos de financiamiento y transferencia de tecnologías para implementar las estrategias de adaptación.

## **Los acuerdos de Copenhague**

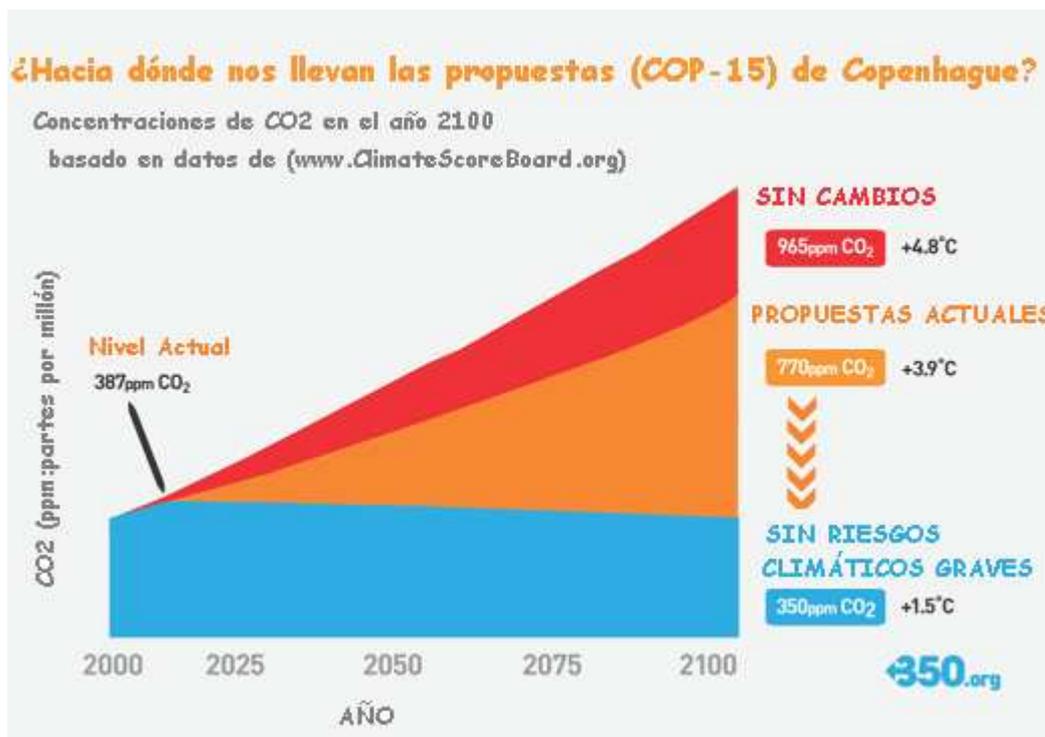
La última cumbre de cambio climático de la ONU se realizó en Copenhague (COP-15) en diciembre de 2009. La conferencia culminó con un perfil muy débil respecto a un esperado acuerdo global de medidas *post*-Kyoto para reducir las emisiones de gases de invernadero e implementar las necesarias acciones de adaptación para los años venideros. El acuerdo final de la COP-15 resultó ser una especie de cortocircuito, quedando lejos de lo que muchos países (ricos y pobres) esperaban.

En primer lugar, el acuerdo COP-15 no es un acuerdo legal, sino un acuerdo político. Quedan a partir de ahora meses de negociaciones, y resistencias por venir, para lograr acuerdos con más certidumbre hacia la siguiente reunión, en México, a final de 2010.

En segundo lugar, aunque el llamado acuerdo de Copenhague hace un reconocimiento general de un planteamiento científico básico: el evitar un aumento de la temperatura mundial mayor a 2C durante este siglo para evitar los grandes riesgos climáticos, el documento carece de los compromisos de reducción de emisiones necesarios para evitar este hecho. El acuerdo fue formulado principalmente por los EE.UU., China, Sudáfrica, la India y Brasil, bajo el principio de "responsabilidades compartidas, pero diferenciadas" para enfrentar el calentamiento global. Aunque fue llamado por muchos funcionarios un acuerdo "significativo", incluso el presidente Obama de los EE.UU. declaró: "Este avance no es suficiente." La negociación de fondo está entre los EE.UU. y China; en este sentido, el acuerdo de COP-15 es un primer paso, pero hay mucho trabajo por hacer para obtener un acuerdo mínimo, jurídicamente vinculante (como Kyoto).

En el texto final de la COP-15 no se incluyó ninguna alusión al hecho de no sobrepasar los 2C de aumento en la temperatura global durante este siglo; además, también fue quitada del texto final la meta anterior para 2050 de reducir en 80% las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Es notable que el acuerdo incluya una sección especial para la silvicultura, de la cual se espera una reducción efectiva de emisiones, evitando la deforestación y la degradación de suelos (REDD). Lo anterior es importante para un país forestal como México. En el mismo documento, a los países que de acuerdo a la convención de la ONU deben hacer reducciones de emisiones (Anexo 1) se les llama a establecer sus metas cuantitativas para 2020 al final de enero de 2010; los países no obligados hasta ahora (no-Anexo 1) fueron llamados a listar las líneas de acción o las estrategias que proponen emprender.

En tercer lugar, el acuerdo plantea crear un fondo de 30 mil millones de dólares anuales para la adaptación de los países pobres en los próximos dos años, y de 100 mil millones de dólares a partir de 2012 y hasta 2020. Al parecer la cumbre de Copenhague no estuvo orientada tanto hacia el fenómeno de calentamiento del planeta, ni a los riesgos climáticos que esto implica, sino al tema de los financiamientos. Un logro realmente concreto en el acuerdo de Copenhague parece haber sido la perpetuación de las reglas de Kyoto que ha creado los "negocios verdes".



**Figura 10** Esta gráfica muestra la insuficiencia de las propuestas actuales de reducción de emisiones consideradas en la COP-15 para evitar problemas climáticos serios en este siglo. Suponiendo que todas las medidas propuestas que existen se cumplieran (muchas de ellas son consideradas aún como aportaciones de carácter voluntario), tendríamos a fin de siglo un planeta más caliente en casi 4°C. Este aumento propiciaría sin duda la liberación de millones de toneladas de dióxido de carbono y metano que están contenidas en los suelos permanentemente congelados del Ártico (principalmente en Siberia), con lo cual el proceso de calentamiento se amplificaría, causando cambios irreversibles en el planeta.

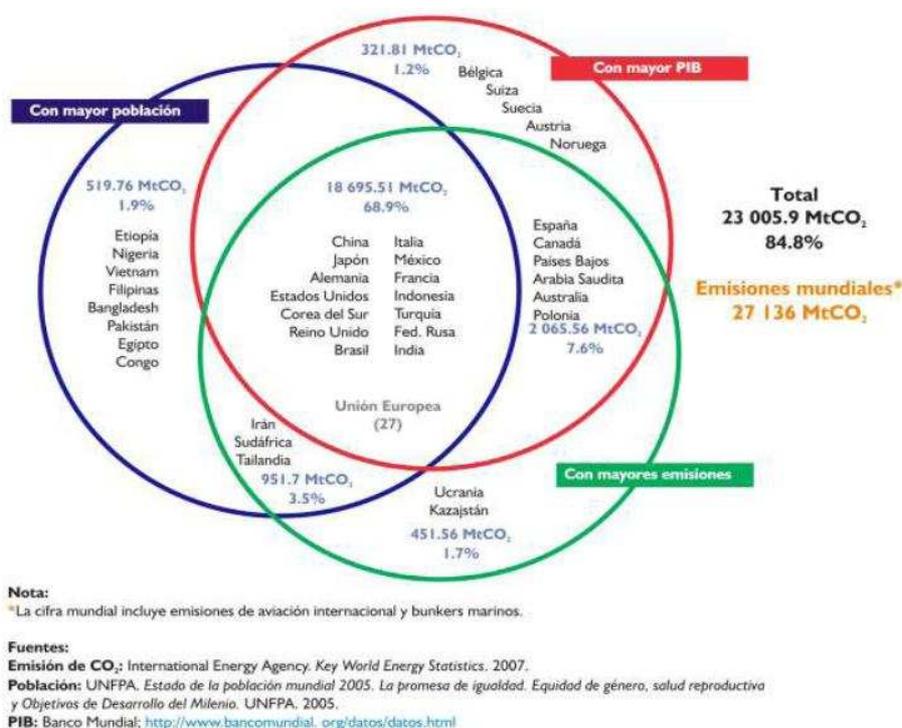
En las condiciones actuales, la probabilidad tener un aumento global de 4°C hacia el final de siglo son de hecho altas. En la gráfica de la Figura 10 se muestra que, con las medidas de mitigación propuestas hasta ahora, el planeta alcanzaría 3.8C de calentamiento adicional en 2100. No obstante, sabemos que el cambio climático es un proceso potencialmente devastador. Este aumento provocaría la desaparición total del hielo en el Ártico y pondría en riesgo el abasto de agua para casi la mitad de la población del planeta. Una cifra de 4C global incluye calentamientos locales muchos más pronunciados, con lo cual es posible la destrucción de la mayor parte de los bosques en la Amazonia y de las costas, la expansión dramática y acelerada de los desiertos en África y América, así como la extinción de al menos la mitad de las especies animales y vegetales. Más aún, debido a la inercia del sistema climático, y a sus efectos no lineales, el aumento de 4°C marca un punto de *no retorno*: donde perderemos la opción para poder influir sobre el clima planetario como lo hemos hecho hasta ahora.

Las rondas mundiales de negociaciones sobre cambio climático que se realizan en la ONU. tienen una importancia vital para México debido al tamaño de su economía y de su población, así como a la gran variedad de condiciones climáticas y geográficas del territorio. Por una parte está el grado de vulnerabilidad del país. Los factores sociales y ambientales hacen que los impactos climáticos potenciales sean graves. Por otra parte está el potencial de reducción de emisiones. Como se verá en detalle más adelante, en toda la vida económica del país existe una amplia gama de medidas de adaptación y mitigación posibles para sectores como el transporte, la agricultura, la eficiencia energética y el desarrollo regional, que deberían aplicarse por los beneficios económicos y sociales que representan.

## II. Contexto Nacional

### Contribución de México a las emisiones globales

México se encuentra en un lugar intermedio entre los emisores de carbono a nivel mundial, ocupando el lugar 14 entre los países con más emisiones de GEI. Su contribución es actualmente cerca del 1.5% de las emisiones mundiales. En cuanto a emisiones *per cápita*, de acuerdo al último inventario de emisiones, en México se emitieron en promedio 5.89 toneladas de GEI en CO<sub>2</sub> eq. por habitante en 2004; nuestro país ocupaba el lugar 32 en emisiones por habitante en el año 2000 (93 por unidad de PIB). Ahora, aunque el país ha crecido, se ha observado que las emisiones *per cápita* han permanecido constantes aproximadamente desde 1990. En cuanto a emisiones totales, México es el primer lugar de emisiones en América Latina, con cerca del 25% del total de emisiones de esta región. En la gráfica de la Figura se comparan las emisiones totales y las emisiones *per cápita* por país, a nivel mundial.



**Figura 11** Distribución de los países respecto a las emisiones totales, per cápita, y con mayor población. A nivel internacional, los factores que más influyen en las emisiones totales son el tamaño de la población y el nivel de ingreso por habitante. Tomado del Programa especial de Cambio Climático (PECC, 2008).

### Emisiones actuales

La contribución en 2002 de las emisiones de los GEI fue de 643 millones de toneladas en términos de CO<sub>2</sub> equivalente [INE, 2006a], lo cual representa un aumento de 25% con respecto al año base de 1990. De las diferentes **categorías**, la energía representó el 61%; ésta incluye 24% en generación, 18% de transporte, 8% construcción, 6% de emisiones fugitivas y 5% del sector residencial-comercial. Le siguen en importancia las categorías de USUCCS con 14%; desechos 10% (muy por arriba de la media mundial); procesos industriales 8% y agricultura 7%. Las emisiones de GEI **por tipo de gas** se dividen de la manera siguiente: 74% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), proviniendo principalmente de la generación de energía, transporte, industria y cambio de uso de suelo; 23% metano (CH<sub>4</sub>), proviniendo principalmente del sector petrolero, agricultura y desechos; 2% de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); el restante 1% se compone de hidrofluorcarburos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). A continuación se describen los principales sectores emisores.

**1. Energía y transporte.** El paradigma del petróleo está fuertemente anclado en todas las directrices del desarrollo nacional, incluyendo la industria y los programas de varias secretarías de estado. Para la generación de energía en México, la cual es mayoritariamente de carácter estatal, el criterio nacional dicta que el país debe crecer al menor costo: este criterio nos lleva a la fuerte dependencia en los hidrocarburos debido a que no se han incluido las *externalidades*.

De acuerdo con el último inventario de emisiones, los principales componentes de la producción de energía fueron: 90.6%, los hidrocarburos; 4.1%, la electricidad primaria (hidroenergía, núcleo y geoenergía, energía eólica); 3.4%, biomasa; 1.9%, carbón. Como puede advertirse, el **93.5%** de la energía nacional proviene de **combustibles fósiles**. La quema de combustibles fósiles se lleva a cabo, en orden de importancia, para la generación de energía eléctrica, transporte, el uso doméstico y comercial, agropecuario, manufactura y construcción. En el sector energía, el 89% de las emisiones consistió de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); 10.4% metano (CH<sub>4</sub>) y 0.6% de óxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El carbón se consume casi exclusivamente en las termoeléctricas, mientras que el gas natural tiene uso tanto residencial como en generación de energía eléctrica (ej. las plantas de ciclo combinado) y es el hidrocarburo cuya demanda crece a la mayor tasa. Las emisiones fugitivas corresponden principalmente a la producción, transmisión, distribución y almacenamiento de combustibles fósiles. Incluyendo el transporte, el consumo de energía representa el 60.6% de las emisiones del país. Dentro del sector transporte, el uso de gasolina para automóviles representa la mayor fuente de emisiones; un solo litro de gasolina en un motor típico libera cerca de 240 gr. de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

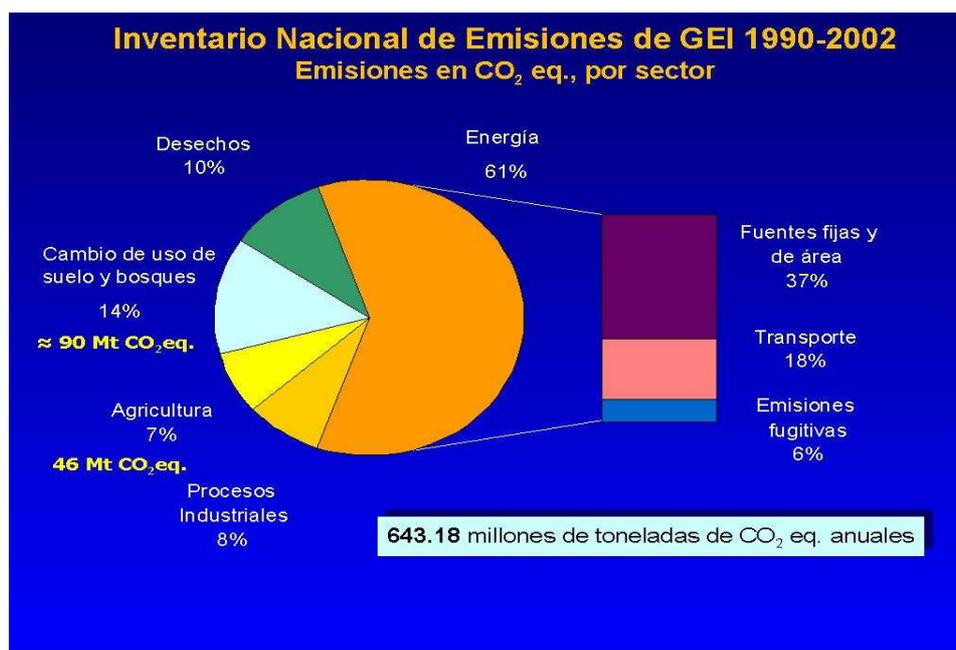


Figura 12. Distribución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por sectores, de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones [INE, 2004].

**2. Bosques y procesos de cambio de uso del suelo.** Un tercio de las emisiones de México durante los últimos cincuenta años han provenido de la destrucción de ecosistemas<sup>8</sup>. En el último inventario nacional de emisiones, la emisión de GEI desde los ecosistemas en 2002 fue cercana a los 90 MtCO<sub>2</sub>e, de hecho la segunda categoría más importante a nivel nacional (14%), después de la energía. Durante el periodo de 2000 a 2005 hemos perdido por lo menos 260 mil hectáreas de cobertura vegetal al año [INE, 2006b]. En el continente Americano, estas cifras de deforestación sólo están por debajo de las de Brasil. Dependiendo del tipo de bosque, cada hectárea de bosque o selva tropical que cambia su uso de suelo lleva asociada una pérdida de entre cien y doscientas toneladas de carbono en los primeros cinco años [Maser *et al.*, 1997]. Ahora bien, la cobertura vegetal existente tiene la capacidad de capturar el carbono que emiten otros sectores, o países, y compensar así sus emisiones. Hasta ahora, hemos perdido al menos la mitad de los bosques y selvas originales del territorio del país [Conde, 2007]. Es por esta razón que se han articulado estrategias de mitigación tales como la emisión de bonos de emisiones y los pagos por servicios ambientales.

**3. Desechos.** En México la basura es la tercera fuente de emisiones en orden de importancia, con 64.3 MtCO<sub>2</sub>eq en 2002. Esta cifra corresponde a un porcentaje del 10% de las emisiones nacionales, el cual es muy superior a la media mundial (3.6%). En México, menos del 20% de los rellenos sanitarios operan bajo las normas oficiales, y aproximadamente el 30% de la basura permanece fuera de rellenos, a cielo abierto.

## La vulnerabilidad climática

Los efectos del cambio climático se están haciendo sentir de distintas maneras en cada región del país, dependiendo de su latitud, geografía y nivel socioeconómico. México es un país multicultural y diverso, tanto en regiones naturales como en los distintos niveles de desarrollo de la población. Esta diversidad lo hace altamente vulnerable ante el aumento de temperaturas y ante la alteración de los ciclos hidrológicos, así como a la incidencia de sequías e

<sup>8</sup> Notemos que este mismo periodo ha estado marcado por el avance de la urbanización y la industrialización.

inundaciones severas. Se han hecho estudios de los impactos sociales y económicos debidos a desastres como inundaciones y sequías en los estados que se consideran los más vulnerables, como Veracruz, Tabasco, Campeche, Tamaulipas y Yucatán, seguidos de Chiapas, Oaxaca y Chihuahua [CCA, 2006]. Sabemos que, de manera directa, se ven amenazadas: la integridad de las zonas costeras, playas, pesquerías, arrecifes y manglares; nuestra riqueza en biodiversidad (hasta el 40%); el suministro de servicios agua, especialmente en el centro del país y en las zonas desérticas y semi-desérticas; la productividad del sector agropecuario (especialmente el de siembra de temporal); la producción petrolera; el suministro regional de energía (cuya demanda es creciente); la economía del sector turístico.



**Figura 13** El cambio climático está causando que las precipitaciones pluviales fuertes sean más frecuentes por tanto aumentan las inundaciones en temporada de lluvias. Aquí se muestra una imagen aérea de las inundaciones en Veracruz, 2009.

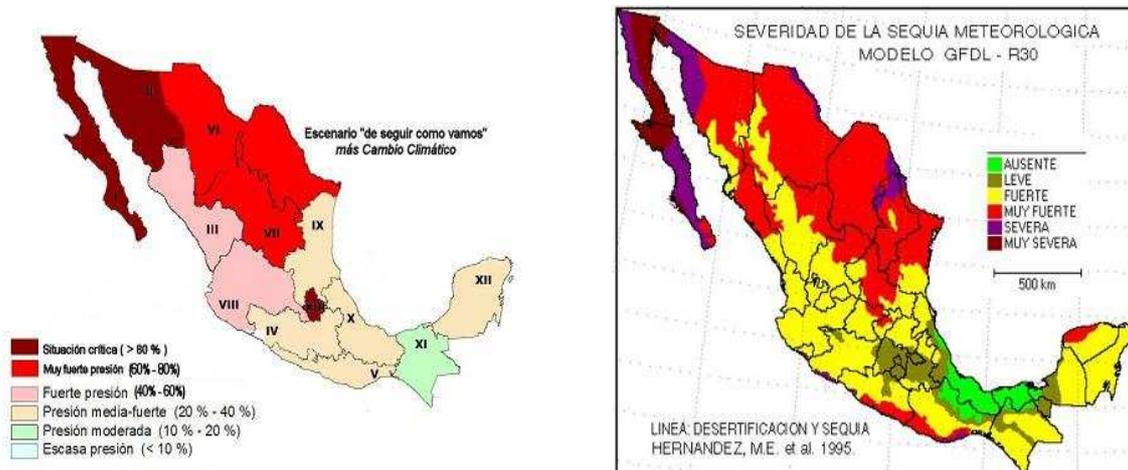
En las zonas costeras y bajas, la vulnerabilidad está asociada al aumento en el nivel medio del mar y a los desbordes e inundaciones. En muchas de estas zonas se localizan tanto poblaciones de rápido crecimiento como una buena parte de las instalaciones energéticas, las terminales de abastecimiento y de distribución de hidrocarburos, las pesquerías y los desarrollos turísticos. Para todos estos casos los impactos económicos de los riesgos debidos al cambio climático son evidentes; por ejemplo, basta considerar que después de los ingresos petroleros, los ingresos del turismo están entre los más importantes a nivel nacional. Por otra parte, el aumento del nivel del mar combinado con el aumento de la temperatura podría causar la pérdida de los humedales, manglares y arrecifes coralinos, con lo cual se verían removidas del territorio las barrera naturales contra las tormentas y los ciclones, además de implicar una pérdida de biodiversidad irrecuperable.

Otro aspecto que es necesario resaltar es la vulnerabilidad social del país. Por ejemplo en el medio rural, tras la posible extinción de tierras de cultivo y la menor disponibilidad de agua. Sabemos que el 86% de la tierra cultivable en México es de temporal (cuyo rendimiento depende principalmente de las condiciones climáticas), especialmente para granos básicos, y tanto el 77% de la población como 2/3 de las actividades productivas del país están situadas en las zonas donde el suministro de agua es difícil. Considerando estos dos aspectos, es de esperar que el cambio climático impacte con dureza a las regiones más pobres del país, donde se invierte poco en los cultivos (fertilizantes, sistemas de riego, etc.) y que esto acreciente la crisis de alimentos. Cabe considerar además que, después del petróleo, las mayores exportaciones del país vienen del sector agrícola.

## ***Escenarios de Cambio Climático en México***

De acuerdo con la tercera Comunicación Nacional [INE, 2006a], se espera que el clima de México será más cálido para el 2020, 2050 y 2080, principalmente en los estados del norte del país, donde la temperatura puede aumentar entre 2 y 4 °C; mientras tanto, la temperatura de la superficie del mar en el Caribe, Golfo de México y Pacífico Mexicano, podría aumentar entre 1 y 1.5 °C.

En las distintas regiones del país, el incremento de temperaturas causará mayor humedad en la atmósfera y menor humedad en el suelo, con lo cual se modificará el ciclo hidrológico: en el sur la evaporación aumentará, con lo que aumentará el número de tormentas severas e inundaciones; por otro lado, en norte y noroeste la humedad disminuirá, con lo que habrá más ondas de calor y se intensificarán los periodos de sequía. En el norte, noroeste y centro, habrá disminuciones importantes en distribución de la lluvia (menos 15%), así como recorrimientos en su distribución temporal e intensidad, con respecto al escenario base de 1961-1990.



**Figura 14** Impactos potenciales del cambio climático en México. A la derecha, se muestra la presión proyectada sobre los recursos hidrológicos y a la izquierda el grado de sequía meteorológica de acuerdo a los escenarios climáticos, [CCA, UNAM].

En general, se estima que habrá 10-20% menos humedad en el país, y cerca de 40% en las regiones húmedas del Golfo. De acuerdo con los estudios, los recursos hidrológicos pasarán a una situación crítica en todo Sonora y Baja California, con una fuerte presión sobre la disponibilidad de agua en Sinaloa, en las cuencas hidrológicas del centro y del Lerma, e incluso zonas del sur de México y Yucatán, las cuales sufrirían una presión media. Debido a factores demográficos, las regiones del centro y sur se verían afectadas en cuanto a la morbilidad y al menor consumo de agua por habitante.

Dado que la precipitación media anual muestra una tendencia a la disminución en prácticamente todo el país, los distintos escenarios para 2050 apuntan hacia una reducción de la tierra apta para el cultivo de maíz (de temporal) y con una baja en el rendimiento de la agricultura (**Figura 14**). Recordemos una vez más que, si bien en una buena parte del país se siembra maíz, en la mayoría de los casos se practica el autoconsumo, con una productividad que en la mayoría de las tierras sembradas es menor a 2 ton/ha. Por otra parte, la producción agrícola se realiza con semillas criollas, que están especialmente adaptadas a los climas locales y que son vulnerables ante los climas extremos. La seguridad alimentaria está en riesgo debido a que el maíz es la base de la alimentación de la mayoría de los mexicanos.

Los costos de adaptación a las nuevas condiciones climáticas serían particularmente altos para las zonas bajas y las zonas de playa, donde están expuestos a riesgos ambientales: las instalaciones de generación y distribución de energía; las carreteras y líneas de transmisión; las zonas de riego; los asentamientos urbanos y los complejos turísticos; los puertos: aéreos y marítimos.

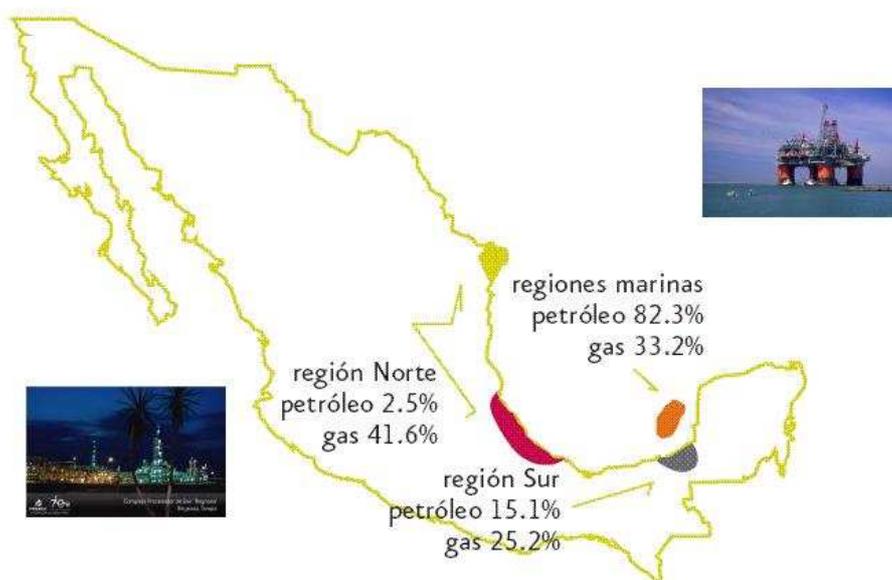


**Figura 15** Se muestran las regiones más vulnerables del Golfo de México ante el aumento del nivel medio del mar [CCA, UNAM].

Como resultado de un posible aumento en el nivel del mar, destaca la vulnerabilidad por daños en la infraestructura en la costa del Golfo de México, el área geográfica donde se realizan la mayor parte de las operaciones de producción de energéticos, generación eléctrica, extracción de petróleo y gas, así como de refinación y otros procesos petroquímicos.

Las zonas costeras con mayor vulnerabilidad están en Tamaulipas (desembocadura del río Bravo), Veracruz (Laguna de Alvarado, río Papaloapan), Tabasco (complejo deltaico Grijalva-Mezcapala-Usumacinta), Yucatán (los Petenes) y Quintana Roo (bahía de Sian Kaán y Chetumal); en algunos lugares el agua podría introducirse hasta 40 km tierra adentro. Los riesgos de inundación se extienden para todas las poblaciones situadas en cauces de ríos, planicies inundables y llanuras costeras en estados como Chiapas, Nayarit, Oaxaca. En la región centro del país, el sector energía e industria también presenta índices altos de vulnerabilidad, la cual está asociada con los requerimientos de abasto de agua y la coexistencia con las zonas urbanas y de agricultura de riego.

En cuanto a la biodiversidad, los ecosistemas más amenazados ante el cambio climático son los bosques templados y fríos (que en algunos escenarios climáticos tienden a desaparecer), los pastizales semicálidos y los que se sitúan en las zonas costeras. La cobertura vegetal del país se podría ver reducida hasta en 50%, especialmente en cuanto a los bosques y pastizales templados; estos ecosistemas son quienes actualmente presentan la menor afectación como resultado de la actividad humana. Los bosques tropicales secos y espinosos podrían ocupar mayores superficies que en la actualidad, mientras que algunas selvas húmedas podrían ser beneficiadas ligeramente por el aumento en la precipitación. Para muchos ecosistemas clave, como los bosques, selvas y manglares, los cambios en el clima representan una presión mayor para la fauna y flora que los habita. Estos sistemas clave proveen servicios ambientales fundamentales, como la captura de carbono, la recarga de los mantos acuíferos o la protección contra el clima extremo. Son de particular atención las zonas con gran densidad de especies endémicas cuya distribución es limitada.



**Figura 16** Principales regiones productoras de hidrocarburos (participación porcentual). Fuente: Balance Nacional de Energía [SENER, 2006].

Los cambios proyectados en los periodos de las estaciones, cambios en el ciclo hidrológico y variaciones en las condiciones de humedad y del suelo, traerán efectos negativos sobre la agricultura, la ganadería y la silvicultura; además se espera una baja en la disponibilidad del agua y una mayor susceptibilidad de desertificación; pueden aparecer ciclos más favorables para enfermedades y plagas; y un mayor riesgo de incendios forestales (combustión de biomasa). Se prevé que los costos económicos asociados a estos impactos afectarían tanto la productividad como el ingreso. Se sabe que, al igual que los ciclos estacionales, la distribución de especies domésticas y silvestres cambiará, con consecuencias sobre la economía. En la ganadería se tienen riesgos ante el cambio en la distribución de las zonas ganaderas. Por su parte, la productividad pesquera está en riesgo, pues una buena parte de ella depende de la conservación de lagunas, estuarios, manglares y arrecifes: el cambio climático podría dar lugar a desplazamientos de poblaciones importantes de especies comerciales.

En el sector forestal los principales efectos identificados están en el cambio de nivel de precipitación media y alteraciones de la biodiversidad; en especial, alteraciones del proceso de crecimiento de las especies comerciales. Entre las industrias más afectadas estarían la alimentaria, textil, pesquera, del tabaco, de madera, celulosa y del papel. En el sector de comunicaciones y transportes, el clima extremo representa riesgos de dañar la infraestructura de caminos, puentes y medios de comunicación, además de limitar la movilidad de personas y la viabilidad de muchos negocios.



**Figura 17** Proyección de las zonas potencialmente aptas para el cultivo de maíz de temporal en México de acuerdo a los escenarios climáticos [INE, 2004].

Como se ha mencionado antes, en el ámbito social y de salud la vulnerabilidad mayor está asociada al grado de marginalidad que existe en muchas regiones naturales, en los grupos sociales con baja disponibilidad de recursos, con baja eficiencia en su práctica agrícola y ganadera, donde predomina la economía de subsistencia y de cultivos de temporal. De seguir el mismo curso las emisiones de gases de efecto invernadero, las previsiones anteriores se podrían volver incluso más alarmantes en el futuro.

### III. Hacia una Estrategia Nacional ante el Cambio Climático

#### **Políticas Públicas Actuales**

El reconocimiento mundial de la problemática del calentamiento global, así como la creciente documentación científica de sus evidencias, sus causas y la evaluación de los impactos asociados, han dado como resultado la conformación gradual de un régimen internacional de metas concretas, compromisos y acciones acordadas para cada país ante el Cambio Climático. Ante este proceso, México ha respondido ante mediante diferentes acciones.

#### **Ante el exterior**

**Convención Marco sobre Cambio Climático (CMNUCC)** En 1992, México se suscribió a la CMNUCC de las Naciones Unidas, y ratificó los acuerdos el año siguiente. Con ello el país se comprometió a tomar acciones voluntarias para reducir las emisiones de GEI, sin comprometer su desarrollo económico. La convención entró en vigor en 1994, y desde entonces forma parte de la legislación mexicana. En la consulta pública integrada en el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), el gobierno mexicano ha considerado que para desacoplar los procesos productivos de los hidrocarburos en los acuerdos posteriores a 2012, serán necesarias estrategias de cooperación a gran escala, asociadas a esquemas financieros apropiados.<sup>9</sup>

**Protocolo de Kyoto.** En 1997, México fue país signatario del protocolo de Kyoto, mismo que ratificó en 2000. El protocolo entró en vigor en febrero de 2005, y desde entonces forma parte de la legislación mexicana, con lo que México se ha obligado a realizar Inventarios Nacionales de Emisiones. A la fecha, México es el único país fuera del Anexo I que ha entregado tres Comunicaciones Nacionales, cada una de las cuales incluye un Inventario de Emisiones. Dentro de la Estrategia Nacional de Acción Climática (ENACC) de mayo de 2007, México presentó su posicionamiento ante el Cambio Climático y planteó algunos puntos para la estrategia en el periodo posterior a Kyoto.

<sup>9</sup> Aunque esto se afirma especialmente en los países en desarrollo, donde las tasas de crecimiento son altas, también es cierto para las economías emergentes.

**Comunicados e Inventarios Nacionales.** Como consecuencia de la CMNUC, en 1997 se llevó a cabo en México un primer Inventario de Emisiones de GEI y se elaboró la primera Comunicación Nacional ante la convención. En 2001, se elaboró la 2ª Comunicación Nacional y se realizó un inventario de emisiones (1994-1998). En 2003 se publicaron los avances en la materia entre 2001-2002, y al año siguiente el INE publicó la visión de los expertos nacionales al respecto. En cumplimiento a los acuerdos internacionales, en 2006 se realizó el Tercer Inventario Nacional de emisiones y se elaboró la 3ª Comunicación Nacional ante la CMNUCC [INE, 2004]. La cuarta Comunicación Nacional será elaborada en 2009.

**Mecanismo de Desarrollo Limpio** Uno de los instrumentos creados por la CMNUCC es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que consiste en proyectos financiados por los países desarrollados a cambio de certificados de mitigación de emisiones. Hasta ahora México tiene participación en algunos proyectos, notablemente en la captura de biogás en centros con altas cargas orgánicas, como granjas y establos, donde hay cerca de 143 proyectos inscritos, y en 14 rellenos sanitarios, que representan mitigaciones de 5.5 Millones de tCO<sub>2</sub> anuales; existen además proyectos en generación eólica e hidroeléctrica que están tomando impulso. Sin embargo, considerando el potencial nacional, en rubros como el manejo de desechos orgánicos, las energías renovables y la eficiencia energética y el ahorro, el país no ha desarrollado al máximo su potencial. Los proyectos de MDL conllevan un trabajo administrativo considerable, y adolecen todavía en reflejar las necesidades vitales de los proyectos en los países en desarrollo.

## Hacia el interior de México

**Estrategia Nacional de Acción Climática.** En 1997 varias secretarías elaboraron el Plan de Acción de Cambio Climático, en el cual se propuso, entre las principales medidas: aumentar el uso de gas natural para generación de electricidad, mejorar la calidad de los combustibles; uso de las energías renovables viables económicamente; aumentar el ahorro y la eficiencia energética. En el año 2000, la entonces SEMARNAP presentó la primera Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. En 2005 se presentó una iniciativa para una nueva Estrategia Nacional. Con el propósito de instrumentar políticas y estrategias de cambio climático, en abril de ese mismo año se creó la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC)<sup>10</sup> la cual publicó en 2006 un documento preparatorio para la Estrategia Nacional. El Plan Nacional de Desarrollo de 2007 incluyó propiamente una Estrategia Nacional de Cambio Climático. Dentro de ésta se contempló la elaboración de un Programa de Cambio Climático.

**Programa Especial de Cambio Climático (PECC)** El Programa Especial de Cambio Climático (PECC) fue integrado mediante una consulta pública donde intervinieron los programas de diversas secretarías de estado. En este programa se intenta diseñar y ordenar las políticas públicas de adaptación y de reducción de emisiones. Para el primero objetivo, las estrategias comprenden desarrollar escenarios climáticos regionales; evaluar la vulnerabilidad y los impactos en distintos sectores económicos y ecosistemas; incluir la gestión de riesgos en la administración de la producción en el sector agropecuario, incluir la adaptación dentro de los procesos de planeación en los distintos sectores y promover la difusión de esta información. Para el segundo objetivo, se incluyen estrategias como promover normas de ahorro de energía en el uso doméstico, industrial, agrícola y para transporte; impulsar la eficiencia energética y las tecnologías limpias (incluyendo renovables como eólica y biocombustibles) en la generación de energía; contar con transporte público eficiente e introducir los biocombustibles. Los programas sectoriales de 11 secretarías de estado contienen medidas que directa o indirectamente están relacionadas con el cambio climático. Se enumeran muchos de los planes de mitigación en el sector público se pueden inscribir como proyectos MDL. Si bien el PECC menciona en qué rubros se debe actuar, en la mayoría de los casos no menciona costos ni presupuestos ni propone una calendarización del plan de acción climática.

## Una Estrategia Integral para Abordar el Cambio Climático

### La premisa de sustentabilidad

En un país como México es imprescindible establecer un vínculo entre las acciones climáticas y la construcción de la sustentabilidad ambiental y social. Consideramos que esta es una premisa completamente necesaria para el país dadas sus condiciones actuales; notando además que la crisis climática misma es un reflejo de la crisis del modelo de desarrollo dominante. Nuestro país tiene una necesidad urgente de atender tanto la desigualdad social creciente como la degradación ambiental. Por tanto, cuando la política climática se convierta en acción efectiva, la condición sobre los resultados finales será el obtener un mejor balance sistémico. Esto es, las acciones climáticas deben estar en consonancia con el orden ecológico y con la interdependencia temporal y espacial que existe entre los distintos sectores de la sociedad.

---

<sup>10</sup> SAGARPA, SEMARNAT, SCT, SEDESOL, SENER, SE y SRE.



**Figura 18** Además del calentamiento global, nuestra sociedad enfrenta una difícil realidad económica y ecológica, por lo cual ante el cambio climático se debe trabajar conjuntamente en la construcción de la sustentabilidad ambiental y social.

Disponemos ya de un cuerpo de conocimientos suficiente sobre el cambio climático y los escenarios futuros para este siglo, así como una amplia variedad de conocimientos y tecnologías apropiadas con las cuales se pueden tomar las decisiones apropiadas ante esta crisis. No obstante, a la par del calentamiento global, que afecta directamente las bases materiales de muchos de los sistemas productivos, en México debemos atender una realidad social, ecológica y económica difícil para una porción muy significativa de la población en muchas regiones. Por una parte, sabemos que muchos factores de vulnerabilidad climática están asociados con la marginación social y el desarrollo urbano desordenado. Por otra parte, sabemos que existe una relación directa entre las emisiones por habitante de cada país y el aumento del ingreso de los ciudadanos, que está ligado a un cierto estilo de vida<sup>11</sup>; ahora, en el otro extremo de la red social, los sectores que viven en extrema pobreza y con escasa educación, en su apetito (o necesidad) por acceder a otro modelo de vida *mejor*, generan o facilitan la devastación de la naturaleza.

*Dadas la asimetría y la centralización actuales, evitar el calentamiento global no debe verse como un fin meramente técnico de reducir emisiones, sino como un medio necesario para evitar que las condiciones de vida de millones de personas se vuelvan más difíciles en el futuro. Estas condiciones de vida pueden de hecho mejorarse respecto a las condiciones actuales. Para ello es necesario que las acciones climáticas formen parte de un plan de desarrollo integral, a largo plazo, que nos conduzca hacia una sociedad sustentable.*

## Sinergia entre adaptación y mitigación

La planeación estratégica de infraestructura urbana o energética toma décadas en implementarse y requiere de recursos financieros importantes, además del concurso de varios sectores y de regulación adecuada. Por ello es necesario ahora salir de la disyuntiva entre adoptar estrategias de adaptación o de mitigación: ambas estrategias son necesarias para enfrentar la crisis climática efectivamente; éstas pueden y deben complementarse, pues sabemos que tanto la magnitud de los cambios climáticos como la rapidez con que sea necesario adaptarse a estas condiciones, dependerá del éxito de las medidas para reducir las emisiones. En otras palabras, si las emisiones continúan aumentando, la adaptación se volverá cada menos viable y más costosa, e incluso existe el riesgo de que esta actividad se vea desbordada.

Se ha adquirido ya buena comprensión de que es necesario tomar medidas de adaptación a nivel nacional para reducir los impactos negativos de los cambios climáticos que han sido proyectados. No obstante, esto debe llevar a acciones efectivas, que se deben precisar mucho más a nivel local en todas las regiones del país. Por ejemplo, cualquier planeación de la producción, de obras o proyectos nuevos, debe tener viabilidad bajo los nuevos escenarios climáticos. Ahora, se entiende que al mismo tiempo habrá *algunas ventajas* tras adoptar medidas preventivas prontamente, tanto de mitigación como de adaptación. Por ejemplo, mientras que en principio algunos cultivos (arroz, trigo, cereales) podrían beneficiarse del aumento en la concentración de CO<sub>2</sub>, otros como la caña y el maíz (cuya importancia económica y

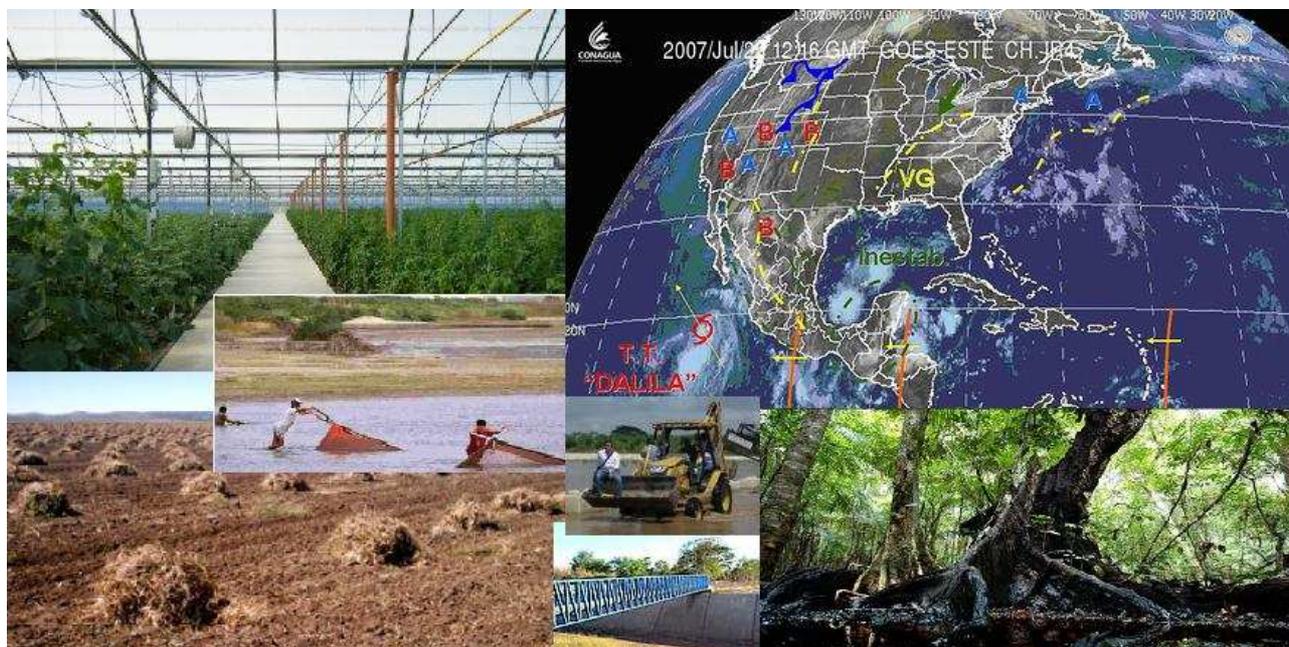
<sup>11</sup> En el estilo de vida típico de un país industrializado, o bien en las clases privilegiadas de los países en vías de desarrollo, cada persona tiende a disponer de todos los recursos a su alcance de manera exclusiva, aumentando dramáticamente la demanda del sistema.

alimentaria nacional es mayor) se beneficiarían mínimamente. Además, considerando limitantes como la menor precipitación pluvial y los costos de adaptación, aún en las condiciones actuales el balance podría resultar en muchos casos negativo para la agricultura si no se modifica al mismo tiempo el nivel de emisiones.

*Las estrategias climáticas deben abordarse de forma coordinada. No es de esperar que la adaptación permita hacer frente a todos los efectos del cambio climático que han sido proyectados, con independencia del tipo de medidas de mitigación que se adopten en los próximos dos o tres decenios<sup>12</sup>.*

## Medidas de adaptación

Es importante conocer las condiciones climáticas a las cuales hemos de adaptarnos. En los próximos años, se requiere la participación de expertos de centros regionales, tecnológicos y asociaciones civiles para elaborar estudios e informes sobre los riesgos y oportunidades bajo los escenarios del cambio climático, en áreas como agricultura, manejo de cuencas, energía, recursos forestales y conservación de suelos; se necesita profundizar en estudios, modelos y proyecciones para los distintos sectores económicos, estado de los recursos hidrológicos, cultivos, zonas vegetales, ordenamiento de asentamientos urbanos, climas regionales, balances de energía, etc. Se debe incluso informar sobre los patrones favorables de migración y de empleos, pues en general una población mejor distribuida aumenta la capacidad de adaptación. Desde luego es muy importante buscar prácticas de adaptación con la participación activa de la gente, y establecer canales estables de información climática con acceso público.



**Figura 19** Algunas medidas de adaptación necesarias comprenden evaluaciones económicas en agricultura y acuicultura, sistemas de alerta temprana y construcción de infraestructura ante los desastres naturales.

Es necesario avanzar en la construcción de capacidades de adaptación para reducir la vulnerabilidad de las grandes infraestructuras, poblaciones, cuencas hidrológicas y sitios donde se producen alimentos. Además evaluar la vulnerabilidad social y de la biodiversidad en las zonas que se encuentran notoriamente bajo mayores riesgos y en los ecosistemas clave (bosques templados y fríos, pastizales, manglares, arrecifes y selvas tropicales). Es necesario implementar sistemas de emergencia y alerta temprana ante desastres. Es imprescindible además desarrollar un sistema de información meteorológico con actualizaciones periódicas, en particular para las zonas agrícolas y costeras, las regiones inundables y aquellas con sequías u ondas de calor potenciales.

Recursos hidrológicos. La falta de agua pone en riesgo la viabilidad del desarrollo de nuestra sociedad en el mediano plazo. Las zonas de alta densidad urbana y de agricultura, se encuentran especialmente bajo presión en los cuanto a la disponibilidad de agua debido al cambio climático. Más aún, en todas las regiones donde las inundaciones y crecidas de ríos son frecuentes, es importante que los cauces de ríos y sistemas de presas cuenten con canales de alivio, y que se establezcan zonas de descarga para proteger las zonas habitadas, redes de comunicación y cosechas vulnerables ante desbordamientos; ante esto se debe contar con cauces con suficiente capacidad de conducción y con recursos de almacenamiento. Dependiendo de la región, se necesitará construir infraestructura, diques contra la subida del mar, programas de reforzamiento de bordos o sistemas de bombeo de agua.

<sup>12</sup> Una práctica de adaptación cotidiana cuyo consumo de energía implicara un aumento de emisiones de GEI sería, a largo plazo, contraproducente.



**Figura 20** Entre las medidas de adaptación más importantes está el evaluar y asegurar el suministro de agua, energía y alimentos para las próximas décadas, especialmente en las zonas y sectores sociales más vulnerables.

Es necesario evaluar el abasto de agua. En general la información de los gobiernos sobre los recursos hidrológicos es imprecisa, poco actualizada e incluso poco accesible. Según estudios avalados por la ONU, en 2015 habrá 8.4 millones de mexicanos sin abasto seguro de agua potable. Por lo general, la demanda de agua por habitante aumenta en las poblaciones más grandes; además el consumo por habitante es mayor en las zonas más cálidas (Chihuahua, Coahuila, Quintana Roo) y en las zonas tropicales (Veracruz, Tamaulipas, Tabasco), o sub tropicales (Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Jalisco, Nayarit). Las autoridades deben regular y administrar los usos sociales del agua, pero también deben impulsar con fuerza las medidas que tiendan a modificar las prácticas de la población, evitando el desperdicio.

En los litorales no se cuenta con una cifra confiable mínima respecto al aumento del nivel del mar para la construcción y desarrollo de infraestructura. Se debe trabajar en la protección de manglares, lagunas, esteros, deltas de ríos y arrecifes de coral; como se ha mencionado estos ecosistemas son fundamentales, tanto por las actividades económicas que sustentan como por ser los obstáculos naturales existentes ante inundaciones, tormentas y erosión marina.

Es necesario elaborar una estrategia planificada de seguridad alimentaria considerando los escenarios climáticos, sobre todo para los cultivos básicos de los sectores con menos recursos. En agricultura, ganadería y silvicultura son necesarias, tanto proyecciones de la disponibilidad de agua (especialmente en las zonas áridas, costeras y semiáridas, así como en zonas agrícolas de temporal), como estudios de potenciales productivos y las condiciones favorables o desfavorables para distintas semillas y especies animales. Se necesitan modelos de predicción locales para ajustar las fechas de siembra y/o la variedad de cultivos. Entre otras acciones que se recomiendan de inmediato están la recolección, reutilización y bombeo de agua; la práctica de conservación de suelos, elaboración de compostas y fertilizantes orgánicos; la eficiencia de riego y el desarrollo las tecnologías agrícolas bajo ambiente protegido de invernaderos. Aunque en principio un aumento de la precipitación pluvial podría hacernos suponer una mejora de productividad de ciertos cultivos, la erosión que causaría su mayor intensidad puede volverla contraproducente, haciendo necesaria la aplicación de más fertilizantes.

En lo posible, las actividades de restauración y conservación se deben combinar con actividades alimentarias, buscando métodos de cultivos mixtos y perennes, la práctica de la agroforestería, etc. Dado que aproximadamente la mitad de los suelos útiles están degradados por deforestación o sobre uso, la recuperación de zonas degradadas mediante el establecimiento de plantaciones comerciales forestales es una medida oportuna y benéfica tanto para la adaptación como para la captura de carbono.

En salud, es importante fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica e incrementar el tratamiento de aguas, especialmente en las grandes ciudades y las zonas costeras. Se deben elaborar planes de acción y vigilancia para las poblaciones menos protegidas ante golpes de calor, epidemias y enfermedades que se transmiten por vector, como el dengue, el paludismo o la malaria, o bien infecciosas como el cólera y la fiebre tifoidea.

Debido a la demanda creciente de recursos básicos como el agua y la energía, es necesario introducir nuevos criterios para el ordenamiento territorial, ecológico y urbano, así como medidas novedosas de diseño bioclimático e ingeniería ambiental en los nuevos desarrollos y en las prácticas de mantenimiento. Se deben promover los programas de vivienda sustentable e incorporar nuevos criterios en las normas de construcción y de mantenimiento en todo el país para

optimizar los requerimientos energéticos de los edificios, el aprovechamiento de agua. En los estudios se recomienda reforzar las instalaciones energéticas más vulnerables y diseñar sistemas descentralizados de suministro a escala local; e incluso planear nuevos trazados de drenaje en caminos y poblaciones.

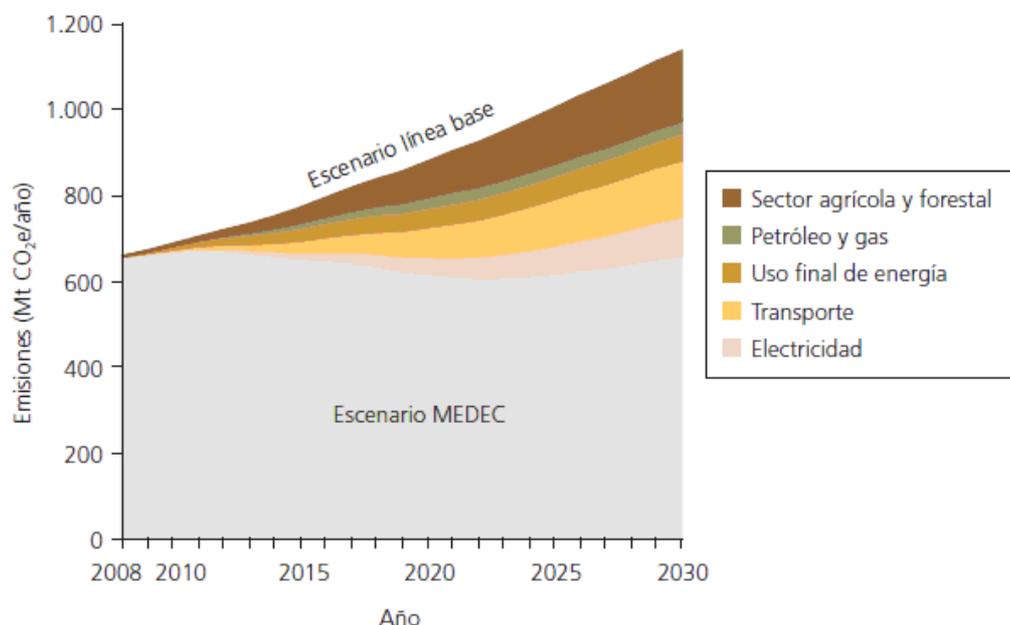
*Una sociedad más sustentable, más equilibrada y con mayor capacidad de generar sus recursos es más adaptable y menos vulnerable ante el calentamiento global. Para fortalecer el desarrollo social, se debe enfatizar la solidaridad y la cooperación, especialmente para los sectores sociales y las regiones más pobres. El imperativo es asegurar la integridad de los medios de subsistencia básicos: alimentos, energía, salud y agua.*

## Escenarios futuros de emisiones para México

Dado que la vida económica del país tiene una dependencia casi exclusiva de los insumos fósiles (tanto en el suministro de energía como en el transporte, y en la agricultura intensiva), de no tomar acciones inmediatas las emisiones nacionales de GEI continuarán creciendo de forma acelerada en las próximas décadas. En el contexto de los escenarios desarrollados por la Agencia Internacional de Energía (AIE)<sup>13</sup>, las emisiones acumuladas del sector energético en México habrán rebasado las 1130 MtCO<sub>2</sub>, llegando a tasas de emisiones (anuales) de unas 920 MtCO<sub>2</sub>eq en 2030 (790 MtCO<sub>2</sub>) [Islas *et. al.*, 2007].

No obstante, hay razones importantes para acelerar en México la *disminución* de las emisiones de GEI. Por una parte, está el grado de vulnerabilidad del país ante el cambio climático, como se ha expuesto antes. Por otra parte, los distintos estudios de mitigación de país que se han realizado hasta la fecha enumeran un número importante de medidas de reducción de emisiones que resultarán benéficas para el desarrollo económico del país. Más aún, muchas de estas medidas aportarán co-beneficios en otros sectores como el energético (en eficiencia y fuentes renovables), de salud pública, en seguridad alimentaria, en transporte y en el desarrollo regional. Por último, se sabe que en el futuro próximo la existencia de programas de bajas emisiones de carbono aportarán un aspecto de competitividad esencial en la inversión y en el financiamiento de programas públicos a nivel internacional.

Se cuenta actualmente con varios estudios de mitigación detallados que describen los escenarios futuros de emisiones para México considerando las diversas opciones viables de mitigación. Describimos los resultados principales de los estudios más importantes a continuación.



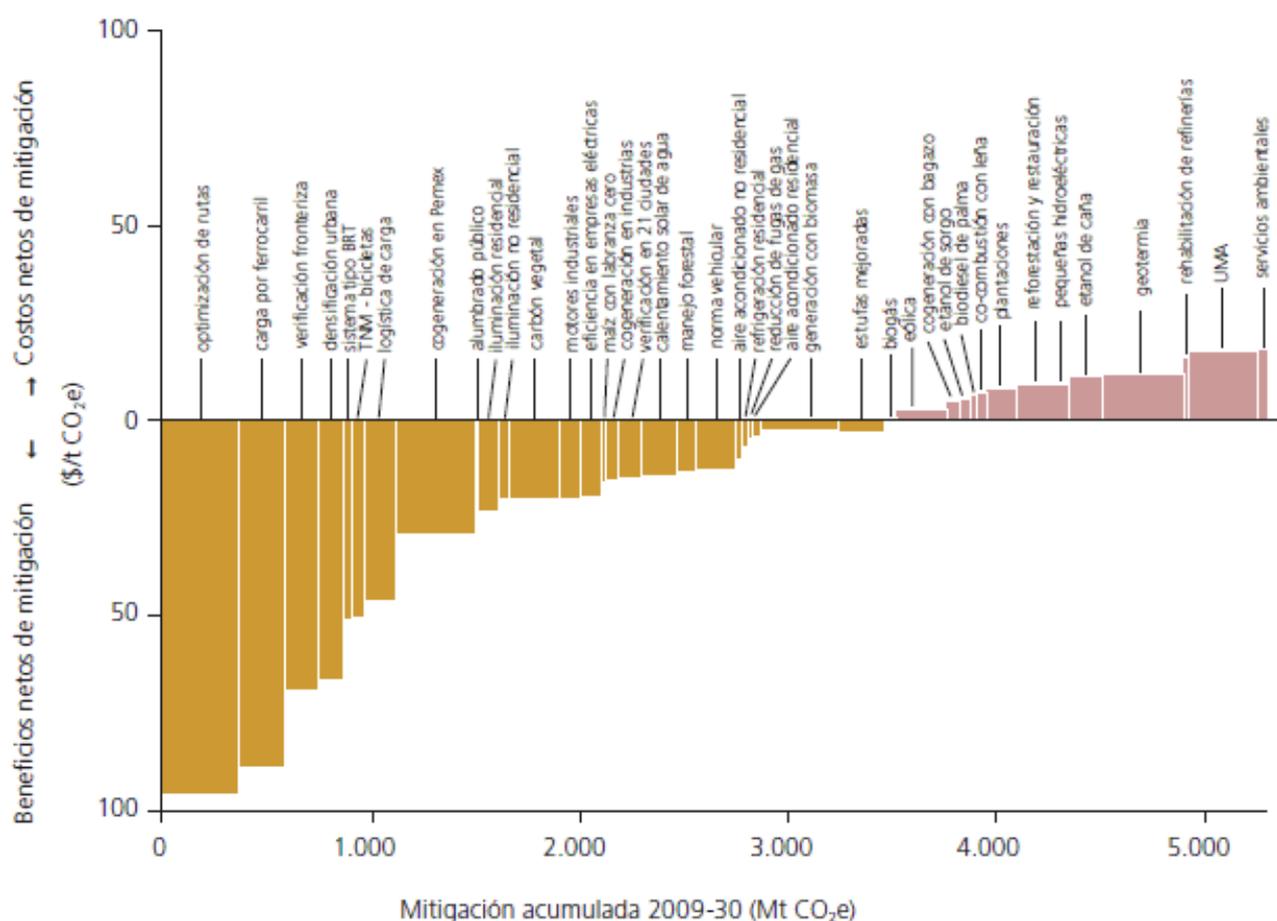
**Figura 21a** Línea base y emisiones de GEI proyectadas según el escenario MEDEC, por sector, entre 2008-2030. La reducción de emisiones acumulada hasta el 2030 en el escenario MEDEC es comparado con el escenario base (tomado de [MEDEC, 2009]).

<sup>13</sup> A nivel mundial la Agencia Internacional de Energía (AIE) ha desarrollado un escenario de emisiones según el cual la demanda mundial de energía entre 2005 y 2030 se incrementará un 38%. En el escenario de la AIE, las fuentes renovables aportarían algo así como el 23% de la oferta energética; para ello, la reducción de emisiones se apoya en la energía nuclear y la captura de carbono la generación de electricidad y para la industria. En 2009, la AIE incluyó en sus estudios el esperado pico en la producción petrolera, a más tardar en 2030 (para México en 2015-2020).

## Estudio MEDEC:

El proyecto MEDEC (*México: Estudio para la Disminución de Emisiones de Carbono*) es un análisis económico de país, detallado, donde se consideran las áreas potenciales de mitigación de emisiones más importantes (electricidad, hidrocarburos, eficiencia, transporte, agricultura y silvicultura). El estudio fue elaborado a iniciativa del Banco Mundial por un grupo interdisciplinario de expertos e investigadores de distintos centros de investigación nacionales. En el proyecto MEDEC se estudia el efecto y la penetración de unas cuarenta medidas de mitigación en los principales sectores económicos<sup>14</sup> con importantes co-beneficios para México, en rubros de eficiencia energética, cogeneración, energías renovables y bioenergía, entre otras [MEDEC, 2009]. En el estudio se ponderan las opciones de acuerdo a su potencial de mitigación, bajo costo y factibilidad en un plazo razonable.

De acuerdo con los resultados de este estudio, el potencial de mitigación del país con todas las opciones se estima cercano a las **5300 MtCO<sub>2</sub>e** (ver **Figura 21a**); de estas opciones, unos 3,500 MtCO<sub>2</sub>e corresponde a medidas que tendrían un costo negativo (es decir es más beneficios realizarlas que no hacerlas), mientras que para las opciones con costo de hasta 20 US\$/tCO<sub>2</sub>e, el potencial de reducción hasta 2030 es de unos 2,000 MtCO<sub>2</sub>e adicionales (ver **Figura 21b**).



**Figura.21b.** Costos marginales de abatimiento de emisiones. Se muestra el conjunto de opciones de mitigación para México consideradas en el estudio MEDEC. El eje vertical indica el beneficio/costo económico de cada medida de mitigación, mientras que el eje horizontal representa la reducción de emisiones acumulada en 2009-2030. Tomado de [MEDEC, 2009].

## Agencia Federal del Medio Ambiente (Alemania)

La Agencia del Medio Ambiente del gobierno federal de Alemania, a través de la consultora ECOFYS y el Instituto Wuppertal, ha elaborado una propuesta de mitigación para el periodo posterior a Kyoto para las economías emergentes: Brasil, China, India México, Sudáfrica y Corea del Sur. Las medidas son propuestas con el propósito general de lograr que las emisiones mundiales sigan una trayectoria que mantenga al planeta por debajo del umbral de 2°C de calentamiento [AFMA, 2008]. En el capítulo dedicado a México, este estudio se estima que para 2020 es posible una reducción de las emisiones anuales de hasta 186 MtCO<sub>2</sub>e en el sector energético, 111 MtCO<sub>2</sub>e en el sector transporte y 41 MtCO<sub>2</sub>e en la industria, dando un potencial de mitigación para el país (en los

<sup>14</sup> Generación de electricidad, petróleo y gas natural, usos estacionarios de energía, transporte y agrícola-forestal.

sectores mencionados) de **417 MtCO<sub>2</sub>eq**; esto representaría emisiones 39% menores respecto al escenario de referencia considerado, en el cual se consideran 1055MtCO<sub>2</sub>eq/año en 2020.

## Agencia McKinsey

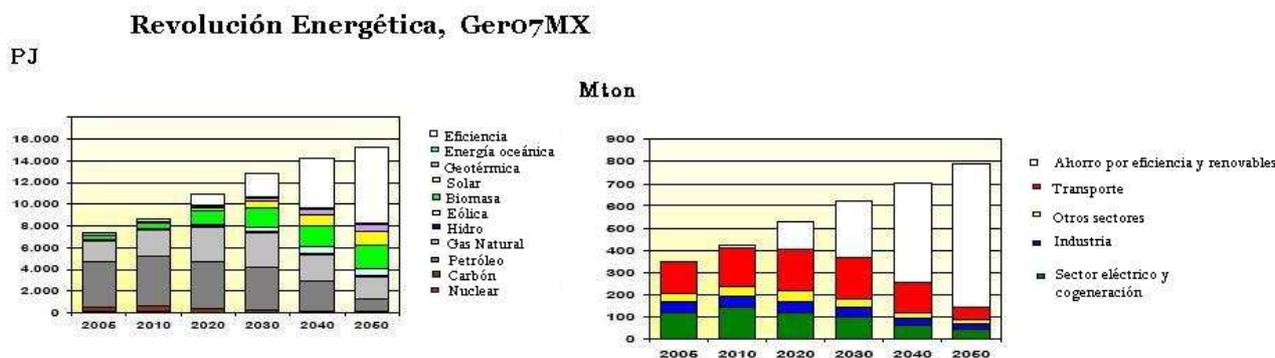
La consultora McKinsey, en colaboración con varias instituciones públicas y de investigación, ha llevado a cabo varios estudios macroeconómicos a nivel país para identificar las estrategias de mitigación que ayudarán a evitar las consecuencias más desastrosas del cambio climático en el mundo. México es uno de los modelos de los grandes países en vías de desarrollo, donde estas estrategias tienen un potencial de implementación particularmente alto. Aunque McKinsey reconoce la existencia de muchos programas gubernamentales que ayudarán a un desarrollo bajo en emisiones de carbono, se hace énfasis en el hecho de que, dado que México se halla en un proceso de construcción y consolidación de una buena parte de su infraestructura, estamos ahora ante una *ventana de oportunidad* para actuar de manera más agresiva y oportuna ante esta crisis global. Esto quiere decir que actuar ahora traerá beneficios, y retrasar las acciones de mitigación resultará más costoso a la larga.

En general, se estima que las emisiones per cápita del país deberían reducirse en 2.2% anualmente. Se hace énfasis, por ejemplo, en la necesidad de aprovechar la capacidad de generación eléctrica que no está comprometida aún para las próximas décadas. El estudio considera opciones que representan ahorro<sup>15</sup> o bien opciones cuyo costo está entre US\$10-90/ton de CO<sub>2</sub>eq<sup>16</sup>. Considerando todas las medidas de mitigación, el potencial de mitigación total del país se estima en unas **500 MtCO<sub>2</sub>eq** anuales para 2030. Las principales áreas donde se recomienda *acción inmediata* son: i) eficiencia energética, ii) fuentes renovables y transporte sustentable; iii) agricultura ecológica y manejo forestal; iv) reciclaje y aprovechamiento energético de los rellenos sanitarios; v) adopción de nuevas tecnologías sustentables.

## Revolución Energética (GreenPeace) México:

El estudio sobre la Revolución Energética, elaborado por Greenpeace para México [GER07Mx], presentando un ambicioso escenario energético extendido hasta el año 2050; en dicho escenario, las emisiones energéticas aumentan de 348 MtCO<sub>2</sub> anuales en 2005 hasta 417 MtCO<sub>2</sub> en 2015, para luego decrecer hasta 141 MtCO<sub>2</sub> en 2050 – 60% menos que las emisiones nacionales por consumo de energía en 2005 (ver Fig. 14).

Las emisiones de GEI por habitante (que actualmente son cerca de 6 tCO<sub>2</sub>e/cap) serían entonces de sólo 1.1 tCO<sub>2</sub>e/cap., con una participación de las fuentes renovables de 60%, una porción mucho más grande respecto a las proyecciones basadas en las tendencias y políticas energéticas nacionales actuales.



**Figura 22** Escenarios para el consumo primario de energía y las emisiones del sector energético hasta 2050 de acuerdo a la Revolución Energética de Greenpeace. La curva envolvente de los rectángulos en blanco indica el escenario energético de referencia tomado de [SENER, 2006].

- *Para que los escenarios de bajas emisiones que se han identificados se hagan realidad, se requiere acción política para eliminar barreras, encausar recursos y facilitar la organización de actores sociales, estatales, empresariales o académicos. Los beneficios pueden rebasar incluso los temas estrictamente técnicos de reducción de emisiones o ahorro de energía: su implementación puede tener implicaciones socioeconómicas y ecológicas directas. Por ejemplo una eclosión de actores en las distintas medidas de mitigación representa la oportunidad de generar empleos, autosuficiencia regional, desarrollo tecnológico propio y descentralización.*

<sup>15</sup> Como son: eficiencia energética, gas de rellenos sanitarios y rastros, pequeñas hidroeléctricas, biocombustibles, plantas geotérmicas.

<sup>16</sup> Tales como: manejo de bosques, técnicas agrícolas ecológicas, transporte público, generadores eólicos, captura de carbono, tren metropolitano.

## Potenciales de mitigación en los sectores emisores clave

Los estudios que hemos presentado muestran que México tiene un potencial de mitigación importante. La tarea de la mitigación, implica activar una transición conjunta en tres sectores clave: energético, agrícola y forestal. Esta transición conjunta es necesaria para transformar la matriz productiva del país hacia una de bajas emisiones de carbono (ver la Figura 6 en el inciso **b**)). A continuación se enumeran los potenciales de mitigación para los principales sectores emisores.

### Energía

**Estrategias de eficiencia y ahorro.** Estas medidas son una condición necesaria para lograr una transición energética hacia un modelo de bajas emisiones. El ahorro y eficiencia energética a gran escala representan un potencial de mitigación importante, de bajo costo y con efectos medibles a corto y mediano plazo. En conjunto, las medidas de eficiencia energética permitirían reducciones de 15.9% respecto a lo proyectado para 2030. Se estima que de continuar y fortalecerse hasta niveles óptimos, estas medidas tienen el potencial de aportar dramáticas reducciones de 20-46% en la demanda de energía proyectada para 2030-2050 [GER08Mex]. Los potenciales más significativos en este rubro están la generación de calor y electricidad, transporte, mejoras en edificios y uso de electrodomésticos, con un potencial anual máximo de mitigación estimado en casi 80 MtCO<sub>2</sub>e/año [MEDEC, 2009]. No obstante, el ahorro y la eficiencia deben promoverse simultáneamente con un cambio de rutinas y estilo de vida para propiciar un menor consumo (es decir, anular los hábitos de dispendio) pues muy a menudo *un aumento dado de la eficiencia induce un uso mayor*.

**Estrategias energéticas y transporte.** Según datos preliminares del CIE, el potencial energético de las energías renovables a mediano plazo (2020), es de aproximadamente 20% del consumo actual total<sup>17</sup>. Esto significaría dejar de emitir más de 100 MtCO<sub>2</sub>e/año<sup>18</sup>, lo cual representaría una reducción de aproximadamente 15% respecto a la tasa de emisiones energéticas proyectada para ese año. En [MEDEC, 2009] se ha elaborado un escenario donde se estudia la penetración gradual en México de todas las opciones energéticas y de transporte en el marco de la mitigación de GEI, en un periodo de 20-25 años, resultando en una reducción anual de 326 MtCO<sub>2</sub>e para 2030. En el sector eléctrico, el potencial de anual de mitigación se estima en 168 MtCO<sub>2</sub>e (el acumulado es cercano a los 4 mil MtCO<sub>2</sub>eq); para las opciones en el sector transporte<sup>19</sup> el potencial correspondiente es de 130 MtCO<sub>2</sub>eq (con un acumulado de unas 1150 MtCO<sub>2</sub>eq) hasta 2030. En petróleo y gas natural el potencial de mitigación es de 30 MtCO<sub>2</sub>e/año. Por otra parte, el escenario energético de Greenpeace [GER08Mex] muestra que, con la debida voluntad política, y contando con los esquemas adecuados para desarrollarse, la penetración de las fuentes renovables puede ser entre 5 y 7 veces mayor de lo que es ahora dentro 25-35 años; con esto se evitarían 630 MtCO<sub>2</sub> anuales en 2050.



**Figura 23** Se ilustran algunas medidas de mitigación del cambio climático. Las redes de transporte público de bajas emisiones (derecha arriba); la captura de biogás en rellenos sanitarios (recuadro izquierda); sistemas de iluminación solar urbanos (izquierda); plantas de electricidad geotérmicas (abajo derecha). Estas medidas forman parte de un amplio portafolio.

17 Si consideramos un consumo de 7480PJ (2005) [GER08Mex], estamos hablando de unos 1480 PJ.

18 En la Tercera Comunicación Nacional, se había estimado este potencial en 17%, más la participación de 12% de energía nuclear. Sin embargo, como veremos más adelante hay opciones energéticas con un potencial similar, como la geoenergía, que podrían explotarse pues requieren menos inversión y costo de operación y son más seguras en todas las etapas del proceso de generación.

19 Por ejemplo, optimización de rutas, reducción del radio de desplazamiento medio y uso de transporte público.

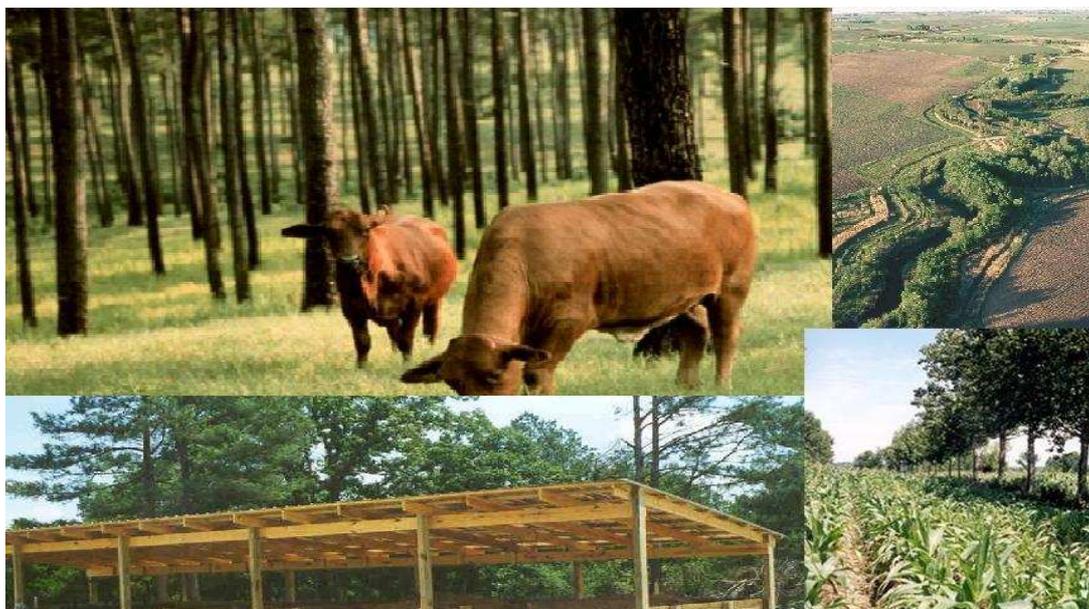
## Forestal y uso de suelo

**Estrategias biológicas.** El manejo integral de los recursos forestales y agrícolas incluye el aprovechamiento la biomasa para mitigar emisiones, así como reforestar, aforestar y habilitar el manejo sustentable de suelos de la agricultura para la captura de carbono. Para México, estas estrategias biológicas son oportunidades fundamentales: i) sus costos son relativamente bajos, con beneficios sociales altos, y capacidad de captura o contención de carbono cuantificables a mediano plazo, ii) adicionalmente, los bosques proveen otros servicios ambientales pues tienen la capacidad natural para retener la humedad y recargar los mantos acuíferos iii) las implicaciones sociales de estas estrategias permean hacia los sectores que tradicionalmente quedan fuera de las grandes soluciones sectoriales. La implementación de las medidas en el sector agrícola y forestal, que incluyen la producción de bioenergéticos, reforestación y restauración de suelos, entre otras, permitirían evitar cerca de 1700 millones de toneladas (MtCO<sub>2</sub>e) para 2030 [MEDEC, 2009]. Las intervenciones forestales representan aproximadamente tres cuartas partes del potencial de mitigación del sector, y algunas como la producción de electricidad con biomasa, producción e carbón vegetal o el manejo forestal aportan beneficios netos de mitigación. En el sector agrícola, métodos como la labranza mínima también aportan beneficios netos.

## Agricultura

México carece de un plan agropecuario estratégico. Necesitamos trabajar en un nuevo modelo de producción agrícola que incluya la conservación de suelos, la agricultura bajo ambientes protegidos, acuicultura, agricultura orgánica o la agroforestería. Un sistema agroforestal, por ejemplo, integra diversos cultivos comerciales o pasturas con productos maderables de otras especies de plantas o árboles. Los nuevos modelos de agricultura deben contar con mayor diversidad de productos y de opciones energéticas. Esto representa ventajas por que muchas veces los recursos de las fuentes alternas de energía se encuentran disponibles precisamente en el sector rural; por ejemplo, es posible convertir los residuos agrícolas en recursos útiles como los bioenergéticos y los fertilizantes. En la mayoría de los casos, la obtención de estos recursos se puede realizar de manera simultánea y este tipo de actividades dan mayor valor agregado a la producción en el campo.

Históricamente, a política gubernamental ha apoyado a la actividad agrícola sin considerar el contexto forestal del país. Pero tanto los procesos agrícolas como las sociedades rurales se pueden beneficiar mayormente si se logra integrar al sector forestal en las diversas cadenas productivas. Por ello es necesario insistir para promover la elaboración de fertilizantes orgánicos y de los métodos de agricultura no intensiva, así como en el uso de las fuentes renovables de energía. Con esto se puede reducir la dependencia de los insumos externos (fertilizantes), se evitarían emisiones de GEI y se aumenta el potencial de captura de carbono del sector. En el mediano plazo, la mejora de la productividad reduciría además la presión agrícola/ganadera sobre las áreas naturales, bosques y selvas.



**Figura 24** El funcionamiento de los sistemas agroforestales y de silvopastura permite la captura carbono atmosférico, y por tanto se convierten en prácticas de mitigación del cambio climático. Estos proyectos son muy importantes en los trópicos, pues aquí crece mucha vegetación y la materia orgánica se descompone con rapidez, nutriendo al suelo.

## IV. El cambio climático y la implementación de la sustentabilidad: los retos y oportunidades.

### ***La sinergia con el desarrollo local sustentable***

El calentamiento global es un efecto de la saturación del modelo de desarrollo urbano-industrial al extenderse a nivel planetario. La sustentabilidad es una propuesta para reorientar la racionalidad de las actividades productivas de la sociedad, reconociendo la complejidad ambiental que la rodea. Con el desarrollo sustentable, se pretende armonizar los procesos económicos con los ecológicos bajo una lógica redistributiva, sin caer en el viejo mito *desarrollista*, pues los recursos naturales en cada región del planeta son limitados. Por tanto, el potencial de la ciencia y la tecnología que nos ha permitido construir la sociedad moderna se deberá aplicar para construir un nuevo nueva forma de economía, que no implique aniquilar los recursos vitales propios, ni el saqueo de otras regiones naturales. Para ello es necesario plantear políticas nuevas, como el “pensar globalmente, pero actuar localmente” y establecer el “principio precautorio” para preservar las condiciones de vida para todos, tanto en el presente como en el futuro. En este contexto, la acción climática sólo puede estar dirigida hacia la construcción de la sustentabilidad ambiental y social, pues mientras no se modifique el modelo de desarrollo enfrentaremos crisis recurrentes. La propuesta de la sustentabilidad es progresista pero también es radical: nos plantea retos y oportunidades de adquirir una responsabilidad colectiva y de mejorar la administración de los recursos, así como la calidad de vida de todos.

*Es necesario que las acciones frente al calentamiento global estén dirigidas hacia la construcción de una sociedad más sustentable, buscando la mayor integración posible entre las estrategias climáticas con las necesidades económicas, ambientales, alimentarias y de desarrollo social que tiene el país.*

Si bien existe una ventana de oportunidades para actuar ante el cambio climático dentro de los próximos 10-15 años, es central que se cambie simultáneamente el modelo de desarrollo económico actual. Este modelo favorece los procesos de acumulación y el desperdicio, estableciendo al mismo tiempo privilegios y diferencias: esta es la raíz de la crisis ambiental y energética. Al integrar los programas en la construcción de la sustentabilidad, la lucha contra el cambio climático no sólo contribuirá a la adquisición de una infraestructura energética limpia para el futuro, sino a la articulación de estructuras económicas estables en el mercado y a políticas locales o globales con una mayor conciencia social y ambiental. Para el éxito de muchas estrategias climáticas interviene directamente la promoción de la gestión participativa de los bienes y servicios ambientales por parte de la ciudadanía. En las estrategias para garantizar la seguridad alimentaria o el acceso a la energía, es necesario incluir una ética de la diversidad, donde se conjugan muchos intereses y aspectos culturales. Recordemos que en última instancia, encausar los proyectos en la sustentabilidad tiene como metas restaurar la resiliencia de los ecosistemas y mejorar la calidad de vida de las personas.

En la actualidad, la implementación de la sustentabilidad es compleja a nivel global, y por lo general no incluye desarrollar la capacidad adaptativa; sin embargo, al igual que muchas estrategias de adaptación y mitigación de emisiones, sus mayores potenciales están en la adopción de prácticas más sustentables a escala regional y local. Con ello es posible a) reducir la vulnerabilidad al cambio climático; b) mejorar la calidad de vida; c) reducir la carga sobre los recursos naturales (que son nuestro patrimonio). En efecto, se sabe que estas prácticas reducen de muchas maneras la vulnerabilidad [AR4, WGII]. En contraste, los impactos negativos del cambio climático mismo pueden llegar a entorpecer la capacidad del país para implementar un modelo propio de desarrollo sustentable. Quizás uno de los retos más importantes para la implementación de la sustentabilidad a nivel local es la organización. Esta puede partir de la llamada *alfabetización ecológica*, por lo cual es muy necesario socializar las aplicaciones accesibles como, por ejemplo, los desalinizadores de agua, las estufas solares o de leña, y los aero-generadores de fácil construcción y de poca potencia.

A continuación damos algunas buenas razones para que las acciones públicas y privadas frente al cambio climático estén decididamente orientadas hacia la sustentabilidad. Una buena parte de los procesos de degradación ambiental que se viven en el país emergen de la pobreza y los procesos históricos de exclusión; tanto la creciente opulencia como la miseria presentan riesgos ambientales cuantificables debido al tipo de procesos de explotación que las caracterizan. Una sociedad tan desigual como la nuestra representa un riesgo ambiental constante. Las nuevas estrategias productivas como la agroecología o la agroforestería tienen como eje económico y de eficiencia el aprovechamiento de las energías renovables y diversifican sus opciones energéticas y productivas, rompiendo así con el modelo dominante y centralizado del *monocultivo*. El insertar los procesos productivos en los procesos ambientales nos lleva al reconocimiento de que existen límites para la intervención y la transformación en la naturaleza. Esto nos lleva a aceptar que las tecnologías actuales han llegado a su límite global, y que el desarrollo económico en el planeta requiere de la adopción de nuevas tecnologías. No obstante, muchos asuntos cruciales de la sustentabilidad no son comprensibles ni resolubles bajo los supuestos de la ciencia (especialización, neutralidad) que la han caracterizado tradicionalmente. Muchos aspectos de temas como la economía ecológica, recursos naturales, fuentes renovables, salud pública o

seguridad alimentaria, son tratados por grupos interdisciplinarios y requieren del concurso o retroalimentación de varios actores sociales. Esto tenderá a crear un nuevo grupo de conocimientos y temas de estudio, que no estarán necesariamente ligados a las grandes líneas de investigación generadas en los países industrializados.

## **Desarrollo regional**

Un criterio de sustentabilidad para los proyectos de cambio climático necesariamente impulsa el desarrollo regional: se deben generar empleos, conocimientos y habilidades locales, etc. La participación social ante el cambio climático se puede activar en rubros como el manejo o restauración ecológica de sitios degradados, o la formación de mercados y cadenas productivas cíclicas y sustentables. En cierta medida, esto implica que muchas de las acciones de mitigación potencialmente revolucionarias puedan ser llevadas a cabo por los sectores sociales proletarios, cuya pobreza les lleva frecuentemente a actuar bajo estrategias desfavorables (desesperadas) para ellos mismos. Por ejemplo, las prácticas agroforestales sustentables, o la recuperación de suelos degradados estableciendo plantaciones de bioenergía, no sólo tienen efectos positivos en la captura de carbono en suelos y vegetación, sino que son recomendables en términos de desarrollo social, economía regional y conservación de la biodiversidad.

En muchos casos, el éxito de las medidas de adaptación y de mitigación depende de que la gestión pública en las áreas de soporte de las ciudades y/o grandes desarrollos industriales o agro-industriales sea efectiva, y al mismo tiempo, que la acción de las fuerzas productivas locales no vaya en sentido contrario a las estrategias climáticas nacionales. Por esta razón, la acción climática nacional se debe traducir también en un balance regional. Por ejemplo, para mejorar la capacidad de adaptación se requiere de cambios puntuales y acciones muy enfocadas, programas de emergencia o capacitación. A nivel regional, conceptos como la conservación de suelos, el uso de recursos naturales y la reactivación de mercados dejan de tener sólo un significado simbólico. Articular regionalmente los programas tiene como fin el establecer un sistema vasto de control y de administración adecuada de los recursos naturales.

No obstante, en las últimas décadas el desarrollo regional se ha visto desfavorecido ante la aplicación indiscriminada del modelo de desarrollo tradicional, centralizado y destructivo. Esto ha generado muchos impactos negativos a nivel nacional; por ejemplo, tenemos unos 800 mil migrantes al año desde las zonas rurales y desde las periferias urbanas del país hacia el exterior.

Por tanto, hace falta contextualizar la problemática del cambio climático en programas de desarrollo regional con criterios de sustentabilidad ambiental y socioeconómica. Como mencionamos, esto es especialmente importante en las llamadas zonas de amortiguamiento, que están en la frontera rural-urbano-agraria y en la ganadera-agrícola-forestal. Es precisamente en estas zonas donde se reflejan más dramáticamente las huellas ecológicas que generan las actividades productivas dominantes; es en estas zonas donde se refleja más la inequidad de nuestro modelo de desarrollo económico y político. En este sentido, es necesario desarrollar nuevas alternativas para la vivienda rural y ordenamiento de la vida urbana. En el medio rural-forestal, por ejemplo, esto implica el promover el mercado de madera para la construcción (en vez de concreto o de plástico), la protección de cultivos y los mercados orgánicos.

Ahora, como se ha mencionado antes, en el ámbito regional es donde pueden trabajar más efectivamente la integración de los recursos energéticos renovables (proyectos mixtos, sinergias entre distintas actividades) para asegurar la continuidad de suministro. Esto está contribuyendo ya de manera incipiente a la reactivación de los mercados locales.

Otro tema importante a nivel regional es el manejo de cuencas hidrológicas y la posibilidad de proveer servicios ambientales para los sistemas metropolitanos.

## **Cambios estructurales**

Está claro que el calentamiento global es reflejo de una crisis estructural, un efecto no previsto de la generalización del modelo de desarrollo urbano-industrial, que ha intensificado la presión sobre los recursos naturales, el medio ambiente y la base productiva de los distintos sectores económicos. Es evidente entonces que para contar con soluciones *permanentes* ante una crisis sistémica como el cambio climático es necesario hacer cambios estructurales: en el diseño de las ciudades y los sistemas de transporte masivo; en la ingeniería social; en la estructura de generación de energía y los sistemas de distribución; en el sistema agrícola/alimentario.

Sabemos que en las zonas del país con las mayores tasas de crecimiento, la actividad económica de los nuevos desarrollos está subordinada *por defecto* a los grandes centros urbanos. Este modelo de desarrollo representa una gran carga sobre los recursos naturales: el abasto de los servicios básicos (agua, calidad del aire, oferta energética, usos de suelo, manejo de basura) se vuelve más difícil, o bien deficiente, debido a los costos crecientes. Por otra parte, este tipo de desarrollos está ligado al uso de automóviles particulares o a la existencia de redes de transporte público poco reguladas<sup>20</sup>. En las próximas décadas, se debe modificar la política de desarrollo de la infraestructura urbana (camino, horarios, servicios, radio medio de desplazamiento por habitante) dando preferencia a los planes bien diseñados de transporte público, que consumen menos combustible por pasajero y que podrían agilizar la movilidad dentro de las ciudades. El ordenamiento urbano deberá estar cimentado en la evaluación cuantitativa de los riesgos que se deriven de

---

<sup>20</sup> Por citar un ejemplo, en la Ciudad de México se incorporan al parque vehicular unos 185 mil automóviles nuevos al año.

los escenarios climáticos regionales, especialmente en las zonas más vulnerables.

Una política nueva de gestión ambiental debe contemplar que estos grandes desarrollos urbanos representan grandes requerimientos así como emisiones de GEI. Por tanto, cualquier análisis realizado bajo la racionalidad ambiental y de disponibilidad de recursos nos llevará a plantearnos cuáles son los límites naturales de crecimiento de una ciudad: hasta dónde debe continuar su crecimiento antes de volverse insostenible. En adelante se deberían favorecer los modelos de ciudad-media sustentable, con menos implicaciones directas sobre la demanda masiva de servicios básicos y la degradación ambiental.

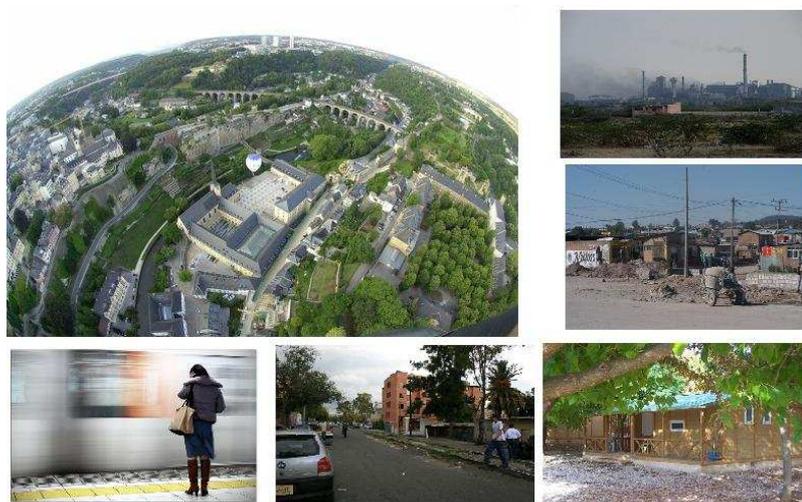
Para optimizar el consumo energético de los desarrollos urbanos, industriales y comerciales, debemos recordar que uno de los mayores potenciales de mitigación de emisiones está en los edificios y en los usos estacionarios. En muchas regiones del país, las viviendas y edificios ya existentes en las ciudades, especialmente los grandes usuarios<sup>21</sup> se pueden construir o remodelar con nuevas normas, haciendo el menor uso posible de los ambientes totalmente cerrados, con sistemas de ventilación cruzada y con materiales térmicos; equipados con sistemas ahorradores de agua, con aprovechamiento la luz solar para iluminación; provistos de sistemas de calefacción y equipos de aire acondicionado más eficientes. Se debe hacer énfasis en la eficiencia y ahorro de dispositivos eléctricos y electrodomésticos como refrigeradores, estufas, lavadoras, lava trastes y monitores de computadoras o impresoras, y calentar agua con calentadores solares.

En el sector energético, los cambios estructurales implican la descentralización del suministro de energía, aprovechando la mayor flexibilidad de las fuentes renovables para cubrir diversos tipos de demanda en el fomento a los nuevos proyectos de autogeneración o cogeneración. En la industria, los métodos de producción y los flujos de materiales se deben replantear sustentablemente, considerando la eficiencia en el uso de materias primas, la reutilización de desperdicios, el costo energético de producción y de distribución, y el bajo impacto ambiental<sup>22</sup>. Los sectores más importantes son las industrias del acero, la química y la cementera.

## **Estilos de vida, transporte y modelo urbano**

Los cambios en el estilo de vida tiene como propósito reducir la demanda energética en aproximadamente la mitad de la actual, especialmente en los países desarrollados y en los sectores más privilegiados de los países en desarrollo. Para que estos cambios tengan el efecto deseado, deben involucrar a millones de personas. En otras palabras, estamos hablando de generar hábitos y políticas públicas globales.

Redefinir el modelo de vida urbano en la *sociedad global* es importante por que numerosos sectores de la sociedad *persiguen* el modelo de vida de un sector dominante, que es un modo de vida insostenible.



**Figura 25** Enfrentar el cambio climático implica cambios estructurales, por ejemplo, en el ordenamiento urbano, el transporte público, la relocalización y la construcción de vivienda.

En las ciudades las principales actividades emisoras de GEI son el transporte motorizado y el consumo de energía eléctrica. Tanto la generación de electricidad como el auto transporte son alimentadas mayoritariamente por combustibles fósiles. Es de hecho muy probable que la demanda energética y el parque vehicular tengan todavía un gran crecimiento en las próximas décadas, sin que las mejores opciones automotrices u opciones de otro tipo de combustibles (por ejemplo, bioetanol) avancen en la misma rapidez.

Por una parte, para ayudar a disminuir las emisiones del sector transporte se deben mejorar las normas de eficiencia de

<sup>21</sup> Nos referimos a los grandes consumidores, los complejos devoradores de energía como centros comerciales, hoteles, grandes desarrollos, etc.

<sup>22</sup> Por ejemplo, en industrias como la del papel se puede incluso eliminar el suministro externo de energía.

los vehículos nuevos/seminuevos, y los programas de verificación vehicular. Conducir un automóvil por 15km por semana representa 240 gr. de CO<sub>2</sub> emitidos a la atmósfera. Será necesario crear un programa de reconversión de motores adecuados, además de convenios con la industria automotriz para la producción de motores adecuados a ciertas mezclas de biocombustible. Se debe eliminar el subsidio directo al uso de combustibles fósiles (gasolina), que favorece más a quienes más consumen. Además será necesario reconstruir y/o fortalecer la infraestructura de los sistemas de transporte público eficiente y seguro, e incluir nuevos combustibles (e.g., biodiesel) en dichos sistemas. Esto es, establecer una política y una programación para el uso exclusivo de biodiesel y una política de precios adecuados a este combustible.

En el mediano plazo, los ciudadanos deben contemplar necesariamente la **re-localización** de sus actividades, tanto en centros de estudio como de trabajo, puesto que la reducción de los desplazamientos significa menos costos de transporte y más tiempo útil para otras actividades: esta es una ganancia en la calidad de vida. Para lograr esto, será indispensable promover o incentivar los programas de redistribución de horarios e itinerarios dentro de las empresas y oficinas públicas. Otras medidas voluntarias, como compartir los viajes en automóvil, caminar o usar bicicleta.

Durante los próximos años se debe abrir la posibilidad para el uso masivo otros medios de transporte como la bicicleta. Para ello se deben construir circuitos completos de ciclovías, conectados a las redes de transporte público, con la suficiente seguridad y cobertura para que su uso se vuelva cotidiano. Una forma de lograr rutas de ciclistas estables es eliminar el área de estacionamiento en ciertas calles para que la ciclovía utilice este espacio. Esto podría ir acompañado de un mayor número de estacionamientos públicos. En muchos casos es posible incluso abrir rutas peatonales permanentes en ciertas calles.

Por otra parte, dado que la mayor parte de la generación de electricidad, se lleva a cabo fuera de las ciudades, dentro de ellas es necesario fomentar los proyectos de autogeneración y cogeneración a nivel industrial, el uso de maquinaria más eficiente, y aprovechar la infraestructura de los inmuebles en general para producir calor y electricidad (energía solar) y reducir los requerimientos de electricidad con diseños bioclimáticos. En el sector industrial se pueden usar fuentes renovables para los procesos térmicos como la generación de calor, el precalentamiento de agua, el proceso de alimentos, agua para regaderas, etc.

Además es necesario reducir el consumo de energía del ciudadano medio: cada kWh de energía eléctrica consumida representa unos 230-570 gr de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. En las actividades más comunes, en oficinas públicas y programas de mantenimiento, se deben evitar la automatización y el usar productos que requieren un alto consumo de energía, o productos desechables en exceso (incluyendo electrónicos). Se deben establecer normas de calidad para usar los equipos más eficientes. Pero es importante notar que medidas como las anteriores deben verse como elementos de una reforma estructural novedosa, que contemple diversificación de combustibles y modos de transporte en un mejor diseño urbano, basado en las redes de transporte público y en edificios con usos energéticos eficientes.

- *Es importante notar que el cambio de estilo de vida que propone la sustentabilidad, para originar menos emisiones de GEL, es al mismo tiempo una apuesta por una mejor calidad de vida.*

En las ciudades otro de los problemas ambientales graves es la gran cantidad de basura que ahí se genera. Con un manejo adecuado de los rellenos sanitarios, no sólo se podrían ordenar las actividades de reciclaje, sino aprovechar los desechos orgánicos y/o combustibles para generar electricidad. Esta es una opción que en principio estaría al alcance de los gobiernos estatales y municipales a través de diversos fondos de desarrollo regional e incluso es una buena opción para obtener financiamiento internacional.

En el sector municipal y local, se deben establecer convenios para la captura de biogás y generación de electricidad desde desechos, aguas negras, etc. La electricidad generada puede usarse, por ejemplo, en el alumbrado público o en el bombeo de agua, dado que una de las mayores preocupaciones en el desarrollo urbano es la escasez de agua.

## **Barreras, requisitos, reglas**

Es necesario diseñar políticas públicas que promuevan y faciliten las iniciativas más urgentes de acción climática y que además incentiven la organización de los ciudadanos, las comunidades y las empresas. Aunque en algunos casos existen ciertas políticas públicas que están relacionadas con la sustentabilidad ambiental y social, como el uso de energías renovables, programas de alimentos básicos, etc., en la práctica su efecto es aún muy reducido; además, las reglas de operación y el excesivo trabajo burocrático hacen que estas estén todavía lejos de la sociedad.

Las políticas públicas y los mercados favorecer todavía a las actividades que genera más emisiones debido a la inercia económica de corto plazo; en el largo plazo sus consecuencias resultarán costosas para la sociedad, dado que un modelo económico de altas emisiones como el actual aumenta la vulnerabilidad ambiental y social y además limita el desarrollo de las capacidades de adaptación. Los costos ambientales y de salud pública de las prácticas económicas poco sustentables en la mayoría de los casos se externalizan, y con esto se impide la introducción masiva de las tecnologías más limpias, en función de su costo inmediato.

En el sector energético no existe, por ejemplo, una iniciativa para la promoción de las energías renovables que

contemple fórmulas de financiamiento o beneficios fiscales, o un reglamento que beneficie la generación eléctrica con fuentes renovables en cuestión de derechos de conexión, homologación de tarifas u operación preferencial de los proyectos cuya reducción de emisiones sea manifiesta. Consideramos que una meta perfectamente alcanzable en generación eléctrica sería, por ejemplo, tener una participación de ER de 20-40% en 2015-2030. Para esto sería necesaria un lineamiento federal o una ley que considerara estas metas. Se debería establecer que el aporte de proyectos nuevos de cogeneración o autogeneración no-públicos proviniese exclusivamente de fuentes renovables de energía, y crear una figura de productor/cogenerador de energía renovable, que pudiera vender sus excedentes a CFE con una tarifa especial, contemplando la ausencia de emisiones de GEI, así como un protocolo de contratos que potenciara la inversión en ER. Más aún, toda la electrificación nueva, en zonas rurales o alejadas, debería provenir de fuentes renovables.

Sin embargo, no existe en la estrategia nacional energética un diseño para que el uso de las renovables se multiplique a nivel nacional, ni un programa decidido que promueva o facilite la autogeneración o co-generación desde fuentes renovables, o una parte del presupuesto federal o municipal destinada específicamente a reducir las emisiones, a reciclar materiales o elaborar compostas en los tiraderos de basura y los rellenos sanitarios.

Se tienen además muy pocas capacidades institucionales para impulsar nuevas normas o programas requeridos, para hacer frente a las nuevas condiciones climáticas y ambientales que comenzamos a enfrentar en este siglo. Por ejemplo, en energía eólica y solar a gran escala, hace falta una tipificación de las zonas que pueden ser destinadas a la producción de estos tipos de energía, con protección legal y usos de suelo. Se requiere un sistema de certificación que contemple costos económicos y financieros por emisiones de carbono y un marco jurídico para los sectores más importantes. En edificios, nuevos y programas de mantenimiento, se requieren normas de eficiencia en iluminación, refrigeración, aire acondicionado, etc. y quizá contemplar una obligación legal para la reconversión de los equipos obsoletos sin afectar las necesidades básicas de la población.

## V. Conclusiones

El cambio climático es el mayor reto ambiental que enfrentaremos en este siglo, y para hacerle frente es necesaria una acción coordinada de toda la comunidad internacional. México es un país vulnerable ante este fenómeno por sus condiciones geoclimáticas, por el grado de desarrollo de su economía y por el tamaño de su población. Al mismo tiempo México es un país con buenos potenciales de mitigación, que puede jugar un papel importante en la construcción de consensos regionales e internacionales para enfrentar el cambio climático.

Debemos reconocer que este fenómeno nos indica el agotamiento del modelo de desarrollo económico actual y que, por tanto, la estrategia climática nos plantea la tarea de realizar cambios estructurales que den paso a un modelo económica y ambientalmente viable. En este sentido, es necesario que como sociedad logremos crear las condiciones para la adopción de las nuevas tecnologías limpias, que propicien la apertura de nuevos mercados basados en modos de producción-consumo más participativos, evitando el despido energético, la destrucción natural y la exclusión social. Aunque los efectos esperados del cambio climático pueden ser costosos y son potencialmente devastadores, no debemos adoptar un enfoque catastrofista ante el calentamiento global: tenemos a la vista las opciones para evitar los peores impactos y a la vez la oportunidad de resolver muchos de nuestros problemas actuales, construyendo una sociedad más próspera y equitativa, consciente de su riqueza y de sus límites: esto es, una sociedad sustentable.



**Figura 26** El amplio portafolio de nuevas opciones tecnológicas y los modos de vida racionales hacen posible una estrategia climática ligada a la implementación de la sustentabilidad a largo plazo.

## Referencias

- [IPCC, AR4] Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), Cuarto Reporte de Evaluación (4th. AssesmentRreport), 2007.
- [AR4, WGI] IPCC-AR4, Working Group I Report, "The Physical Science Basis", 2007.
- [Mastrandrea, 2004] MD Mastrandrea, SH Schneider, Probabilistic integrated assessment of "dangerous" climate change. *Science* 2004; 304: 571-575.
- [Hadley, 2005] Hadley Centre, *Avoiding Dangerous Climate Change, Simposium Report*, Exter, UK, Feb. 2005; Joachim H, Schnellhuber et al. (ed), *Cambridge University Press*, Cambridge, 2006.
- [Hansen, 2007] J. Hansen et al., Dangerous human-made interference with climate: a GISS modelE study, *Atmos. Chem. Phys.* 2007; 7: 2287-2312.
- [Hansen, 2008] J. Hansen et al., Target Atmospheric Co2: Where Should Humanity Aim?, *J. Open Atmos. Sci.* 2008;2:217-231. Las estimaciones de científicos reconocidos como James Hansen para el valor este umbral de concentración de CO2 corresponden a un nivel de concentraciones menor, de 350ppm. Si una ppm representa unas 5 mil millones de ton. en la atmósfera, la concentración actual de CO2 (387ppm) nos indica que actualmente tenemos unos 178mil millones de toneladas en exceso en la atmósfera, respecto al límite aceptable.
- [Rock, 2009] J. Rockstrom et al., A safe operating space for humanity, *Nature* 461, 472-475 (24 September 2009).
- [Lynas, 2008] M. Lynas, Six Degrees: Our Future in a Hotter Planet, *Fourth State*, GB, 2008.
- [AR4,WGII] IPCC-AR4, Working Group II Report, "Impacts, Adaptation and Vulnerability", 2007.
- [AR4, WGIII] IPCC-AR4, Working Group III Report, "Mitigation of Climate Change", 2007.
- [INE, 2006a] Instituto Nacional de Ecología (INE), Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), SEMARNAT, 2006.
- [INE, 2006b] INE, Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990 – 2002, México, 2006.
- [CCA, UNAM] O. Oropeza, M. Hernández, R. Zárate, J. Ortega, G. Alfaro, M. Anaya, M. Pascual; Estudio de País: México: Vulnerabilidad a la desertificación y la sequía. Instituto Nacional de Ecología. México, 1995.
- [Conde, 2007] C. Conde, México y el Cambio Climático Global, Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA), UNAM, 2007.
- [Masera et. al, 1997] O. Masera et al. Carbon Emissions from Mexican forests: Current Situation and Long-term Scenarios, *Climate Change* 35, 265.295, 1997.
- [SENER, 2005] Secretaría de Energía, Balance Nacional de Energía, SENER 2005.
- [Clapp et al., 2006] J. Clapp, J. L. Cervantes-Cota y J. F. Chávez (Editors), "Towards a Cleaner Planet: Energy for the Future", *Springer*, 2006.
- [Islas et. al., 2004] J. Islas, F. Manzini, M. Martínez, CO2 mitigation costs for new renewable energy capacity in the Mexican electricity sector, *Solar Energy*, Vol. 76, Issue 4, April 2004, Pp. 499-507.
- [Islas et al, 2007] J. Islas, F. Manzini and O. Masera, A prospective study of bioenergy use in Mexico, Vol. 32, Issue 12, Dec. 2007, Pp. 2306-2320.
- [AFMA, 2008 ] Agencia Federal del Medio Ambiente, Research Report 364 01 003, Proposals for contributions of emerging economies to the climate regime under the UNFCCC post 2012, Gobierno Federal de Alemania, 2008.
- [GER07Mx] Sven Teske, Energy [R]evolution for Mexico, *Greenpeace México*, noviembre de 2008.
- [IPCC, SciDev-AR4] IPCC, Key Scientific Developments Since IPCC 4th Assesment Report, junio de 2009.
- [MEDEC, 2009] Proyecto MEDEC "México: Estudio para la Disminución de Emisiones de Carbono", Banco Mundial, Mayol ed. Colombia, ISBN 978-958-8307-75-6, noviembre de 2009.

# Apéndice I: Escenarios de mitigación a nivel mundial

## **Escenarios Convencionales (IEA)**

Las proyecciones de emisiones mundiales (IEA2006)<sup>23</sup> pronostican que, sin cambios importantes, la demanda de petróleo se incrementará en 38% para 2030 y la tasa anual de emisiones de CO<sub>2</sub> aumentará hasta 130% para 2050<sup>24</sup>. En particular, las proyecciones a futuro bajo el modelo de desarrollo tradicional indican que para entonces (2050) la demanda de energía en México será un 50% mayor, y por tanto, las emisiones asociadas de GEI se duplicarían como mínimo. Los acuerdos de Bali tienen como meta una reducción de emisiones de los países industrializados de 30% en 2022 respecto al nivel de 1990. A este respecto, los presidentes de los países más industrializados (el G8), han optado en favor de las estrategias tecnológicas correctivas y de descarbonización, con lo cual se presume que las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducirían en cerca de 50% respecto al escenario base para 2050 (WEO05). Sin embargo, con ellas todavía se considera un 86% de participación de los distintos combustibles fósiles, con aportaciones similares tanto de petróleo como de gas natural. El escenario se centra en la generación de electricidad, la producción de combustibles y el transporte, que son los sectores para los que se considera que habrá una mayor demanda de energía. Las reducciones de emisiones en estas proyecciones recaen 78% en medidas de eficiencia energética y ahorro de combustibles para los distintos sectores, así como en la captura y deposición subterránea de carbono (CCS), 10% en la energía nuclear y 12% en introducción a gran escala de los agro-combustibles. Los escenarios económicos a futuro como los descritos arriba prevén todos que habrá un fuerte incremento en la demanda de agua (+30%) para 2020<sup>25</sup>. A este respecto, el escenario dominado por la tecnología de punta es, sin embargo, el que proyecta el mayor incremento<sup>26</sup>.

A pesar de que existe un reconocimiento mundial explícito de la gravedad del problema del calentamiento global, y de la necesidad de la tarea de mitigación, parece haber un predominio de las tesis de estrategias tecnológicas correctivas. No obstante, notemos que este tipo de escenarios han sido diseñados atendiendo principalmente a las preocupaciones y demandas de los países más industrializados, y son continuamente promovidos por las burocracias técnicas ligadas a las grandes compañías emisoras dentro y fuera de los gobiernos. En efecto, estas opciones presentan de hecho la posibilidad de continuar con el modelo económico tradicional, centralizado y monopólico. Como consecuencia, ante la amenaza del calentamiento global, nuestra ruta de desarrollo todavía no presenta signos de cambio, a pesar de ser claramente insostenible. Consideramos que basar la tarea de mitigación en estos escenarios convencionales es una apuesta directa por la sociedad de riesgo.

Una gran parte del cumplimiento de las proyecciones de estos escenarios depende de nuevas tecnologías que hoy pueden considerarse experimentales, y que necesitan probar todavía su confiabilidad y sustentabilidad ambiental.

Al igual que en el caso de los residuos radiactivos, la deposición geológica de CCS impone a las generaciones futuras la tarea de resguardarlos por siglos, y asumir los riesgos ineludibles. El papel potencial de que existan fugas de gas de 0.1% desde los volúmenes que se depositarían es ya alarmante.

Por otra parte, habría que ser realistas respecto al alcance de los biocombustibles y generar estudios y criterios efectivos de sustentabilidad de las distintas opciones de cultivo. Por ejemplo, en la producción de etanol, se sabe que el número de empleos generados ha bajado al aumentar la producción; y que la reducción de emisiones a partir del maíz es cercana a 25%, mientras que a partir de la caña es de 85%.

## **Escenario de Revolución Energética (GreenPeace)**

Sabemos que existe el potencial suficiente en las energías renovables (ER) para cubrir varias veces las necesidades energéticas del planeta para cualquiera de los escenarios futuros; sin embargo, estos potenciales necesitarían ser desarrollados ampliamente durante las próximas décadas, de manera sustentable, para evitar los riesgos de impactos mayores del cambio climático u otras crisis energéticas en el futuro. De acuerdo con el informe Stern, quienes inviertan en renovables ahora serán los ganadores a largo plazo. Para México, invertir desde un recurso no renovable (predominancia del petróleo) hacia los renovables es una necesidad estratégica. Esto nos permitiría construir una base energética limpia y segura para el desarrollo en el futuro de nuestro país.

Es una propuesta basada en el estudio de <GER07>, elaborado por Greenpeace Internacional y Consejo Europeo de Energías Renovables, elaborado bajo el supuesto de que exista la voluntad política decisiva para cambiar el paquete energético. Los resultados de este estudio indican que es técnicamente posible contar con una participación de 35% de renovables en energía para 2030 a nivel mundial y 50% para 2050, con lo cual se podría desacoplar el crecimiento

<sup>23</sup> International Energy Agency-OECD, Energy Technology Perspectives 2006. Scenarios and Strategies to 2050.

<sup>24</sup> Extendiendo el escenario base del World Energy Outlook 2005, IEA.

<sup>25</sup> J. C. Glenn, T. J. Gordon, 2006-State of the Future, American Council, UNEP GEO, Millenium Project.

<sup>26</sup> En México, a esta predicción debería añadirse a la reducción en la disponibilidad de agua en México debida al calentamiento inevitable, independientemente del uso de tecnologías correctivas mencionadas.

económico de los hidrocarburos. Tales números han sido propuestos dentro un plan ambicioso de medidas de eficiencia energética y de aprovechamiento del potencial de las ER, basándose en las tasas de crecimiento de éstas en el presente en los países industrializados<sup>27</sup> y en las tecnologías eficientes que están siendo desarrolladas. En el escenario GER07, las emisiones anuales por habitante se reducirían a 1.3 t anuales<sup>28</sup> para el año 2050; esto implicaría que los países industrializados tendrían que reducir sus emisiones 50% respecto a 1990, mientras que las emisiones de CO2 se reducirían en 80%. En este estudio se admite que es posible una reducción en la demanda final de energía de 47% para ese mismo año, *sin interferir con el crecimiento económico ni reducir la calidad de uso o servicio de la energía*.

Más aún, para lograr estos objetivos no hay necesidad de aumentar los riesgos ambientales:

- ninguna planta termoeléctrica nueva en los países industrializados usaría carbón;
- la opción nuclear no se considera<sup>29</sup>;
- el uso de agrocombustibles se vería normado por criterios de sustentabilidad de los cultivos.

En este escenario se afirma que a nivel mundial los biocombustibles están todavía a prueba: las aplicaciones más prometedoras de la biomasa son las estacionarias (biogás y leña) y la producción de biodiesel para restaurar suelos. Se considera que el sector eléctrico sería el pionero en el uso masivo de las fuentes renovables. A corto plazo aumentaría el número de plantas de ciclo combinado (como es el caso en México ahora) para dar paso en el mediano y largo plazo a las fuentes renovables; mientras tanto los calefactores y refrigeradores agrícolas se compondrían en 60% de biomasa, termosolares y geotérmicos. Se supone además que en los años venideros las fuentes renovables se volverán más competitivas técnica y económicamente a medida que su uso se generalice y el costo ambiental de los hidrocarburos aumente. Además, tener un sector energético con alta participación de renovables implica también una estructura distinta, multiplicando y **re-localizando** las centrales generadoras. Esto quiere decir que la generación de energía se planeará por lo general más cercana al punto de consumo, reduciendo así pérdidas por transferencia y conversión.

Por último, para que este escenario [GER07] sea posible, sería necesario:

- eliminar los subsidios a hidrocarburos y energía nuclear;
- eliminar las trabas legales para las tecnologías renovables
- dar garantías a las inversiones sectoriales;
- asegurar la prioridad y/o acceso a la red para la generación del sector renovables, ER;
- elaborar normas de eficiencia estrictas para equipos, vehículos y edificios comerciales, domésticos e industriales.

---

<sup>27</sup> Por ejemplo, tanto la generación eólica como la solar son industrias que en estos momentos han mantenido un crecimiento exponencial de alrededor de 30%.

<sup>28</sup> En México las emisiones son de aproximadamente 1.8 t anuales por habitante.

<sup>29</sup> Dados los altos riesgos ambientales del uranio durante su extracción, transporte, procesamiento y deposición final.