



# **Cambio Climático Global**







# I. Cambio Climático Global

## I.1. Breve Explicación del Fenómeno

Los conceptos “calentamiento global” y “cambio climático” están estrechamente interrelacionados, tanto así que en ocasiones son utilizados como sinónimos, prestándose a confusiones. Por una parte, el calentamiento global se refiere al aumento progresivo y gradual de la temperatura media de la superficie terrestre, responsable de los cambios en los patrones climáticos mundiales. Aunque en el pasado geológico de la Tierra se ha presentado un aumento de temperatura global como resultado de influencias naturales, este término se utiliza para referirse al calentamiento de la superficie terrestre, registrado desde principios del siglo XX y relacionado con el incremento en la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera (González, *et al.*, 2003; Staines, 2008).

Se habla de cambio climático al referirse a la variación global o regional del clima en la Tierra a lo largo del tiempo. Este fenómeno es definido como la variabilidad observada respecto al clima promedio en escalas de tiempo que van de unas cuantas décadas hasta millones de años. Por eso, el utilizar el término “cambio climático” en referencia exclusiva a los cambios ocurridos muy recientemente en la historia del planeta puede confundir, pues nuevamente el pasado geológico demuestra que el clima constantemente ha cambiado y desde antes de que los seres humanos hicieran su aparición. Por lo tanto, es necesario aclarar que las variaciones climáticas pueden ser producidas naturalmente por fenómenos internos del sistema Tierra-atmósfera, pueden ser causadas por forzamientos externos como variaciones en la órbita terrestre y cambios en la radiación solar, y sólo recientemente la actividad humana se ha convertido en otra de las fuerzas modificadoras del clima (Conde, 2007; Staines, 2008).

Entonces, la interrelación de ambos conceptos resulta la siguiente: el cambio climático es provocado por el calentamiento global el cual, a su vez, es influenciado por el aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Dicho cambio en el clima incide en los patrones de temperatura y precipitación del planeta, así como en la frecuencia y severidad de eventos extremos como huracanes y sequías.

- *Gases de efecto invernadero*

La capa más baja de la atmósfera, conocida como troposfera, contiene los gases responsables, en gran parte, de la temperatura del planeta y, por lo tanto, de crear condiciones aptas para la vida. Los gases referidos son principalmente el vapor de agua, el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) el metano ( $\text{CH}_4$ ) el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los clorofluorocarburos (CFC), todos estos también conocidos como gases de efecto invernadero o GEI (cuadro I.1). A excepción de los CFC, todos estos gases existen de manera natural. Entre todos, estos últimos representan menos del 1 % de la composición

química de la atmósfera, pero con eso es suficiente para atrapar parte del calor que emite la superficie de la Tierra al absorber la energía solar que la calienta. Esta retención se conoce como “efecto invernadero”, un proceso esencial dentro del sistema climático. En ausencia de estos gases, la temperatura promedio del planeta sería de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  en lugar de  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , como ocurre en situación normal.

Cuadro I.1. Gases de efecto invernadero considerados por el Protocolo de Kioto				
Nombre	Fórmula	Potencial de calentamiento global (CO <sub>2</sub> eq) <sup>a/</sup>	Vida media (años)	Origen
Bióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1	50 a 200	Quema de combustibles fósiles (carbón, derivados de petróleo y gas), procesos industriales, cambio de uso del suelo, incendios forestales
Metano	CH <sub>4</sub>	21	12 ± 3	Descomposición anaerobia en los cultivos de arroz, producción pecuaria y residuos municipales. Emisiones fugitivas en minas y pozos petroleros
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	310	120	Producción y uso de fertilizantes con nitrógeno, degradación de suelos y quema de combustibles fósiles
Perfluoro-carbonos	PFC	6 500 a 9 200	2 600 a 50 000	Producción de aluminio, fabricación de semiconductores, refrigerantes industriales, aire acondicionado, solventes y aerosoles
Hidrofluoro-carbonos	HFC	140 a 11 700	1.5 a 264	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, solventes, aerosoles
Hexafluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	23 900	3 200	Refrigerantes industriales, fabricación de semiconductores, producción y uso de equipos eléctricos; producción de magnesio y aluminio

Nota: <sup>a/</sup> El potencial de calentamiento global permite una contabilidad en términos de CO<sub>2</sub> equivalente: es decir, que en una escala de cien años una molécula de CH<sub>4</sub> es 21 veces más eficiente como gas de efecto invernadero que una de CO<sub>2</sub> (véase capítulo 3)

Fuente: CICC (2006)

No obstante que la composición atmosférica ha sufrido variaciones naturales a lo largo de millones de años, el problema consiste en que las actividades del hombre agregan una cantidad mayor de GEI a los existentes de manera natural, superando con ello las capacidades de captura de la biosfera y en consecuencia las concentraciones de estos gases en la atmósfera se han elevado a tal punto que incrementan el efecto invernadero y, por consiguiente, aumenta también la temperatura promedio de la superficie terrestre.



De esta forma la concentración de CO<sub>2</sub>, uno de los gases más importantes relacionados con actividades humanas, que se genera con la quema de combustibles fósiles como el petróleo y sus derivados o el carbón y la leña, pasó de 270 partes por millón (ppm) antes de la Revolución Industrial, a más de 380 ppm en la actualidad, y continúa aumentando a una tasa de 1.8 ppm por año (CICC, 2006). Se estima que para el año 2050 alcanzará concentraciones de 500 a 700 ppm (González, *et al.*, 2003).

La intervención humana está logrando, en un lapso de décadas, transformaciones de una magnitud superior a las que el sistema natural experimenta en el curso de miles o millones de años. El resultado: la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado 0.74 °C (entre 0.56 °C y 0.92 °C) en poco más de cien años.

Como consecuencias del aumento de la temperatura, se tiene un aumento en el nivel del mar de 3.1 milímetros por año (entre 2.4 y 3.8 mm/a) desde 1993. Esto se debe, en parte, por la dilatación térmica y el deshielo de los glaciares, de los casquetes de hielo y de los mantos de hielo polares. Las partes orientales del norte de América del Sur y del Norte de América septentrional y Asia septentrional sufrieron de mayores precipitaciones, mientras que en otros lugares como el Mediterráneo, sur de África y en ciertas partes del sur de Asia, las sequías han aumentado. Las observaciones también indican un aumento en la actividad ciclónica tropical en el Atlántico Norte (IPCC, 2007).

A escala regional se han observado ciertos cambios, por ejemplo, una disminución de la superficie terrestre cubierta por glaciación o nieve, un aumento en el calor del océano, cambios en los patrones de precipitación, sequías más intensas y prolongadas y una alta intensidad de ciclones tropicales (Magaña, 2004).

A pesar del grado de incertidumbre que implican los estudios sobre el cambio climático, se estima que de continuar el aumento de las concentraciones atmosféricas de GEI, la temperatura promedio de la Tierra se podría incrementar entre 1.4 °C y 3.8 °C para el año 2100, lo que significaría un aumento superior a cualquier otro observado en los últimos diez mil años. El nivel medio del mar podría incrementarse hasta 50 cm, siendo las zonas costeras y los pequeños estados insulares los más afectados. Aun si se estabilizaran las concentraciones de gases de efecto invernadero para 2100, las temperaturas así como el nivel del mar seguirían aumentando durante varias décadas debido a la larga vida en la atmósfera de muchos GEI y a la inercia térmica de los océanos.

Algunos de los cambios proyectados incluyen efectos potencialmente perjudiciales, tanto a la economía como a la calidad de vida, de la presente y de futuras generaciones, manifestándose en problemas de salud, escasez de agua y alimentos, así como en la pérdida de viviendas y en la degradación de ecosistemas. También es importante mencionar que en ciertas regiones el clima sería benigno por lo que algunos sectores se verían beneficiados como la agricultura y la salud pública (IPCC, 2001; PNUMA, 2007).

## 1.2. Cómo Afectará el Cambio Climático a México

Por su ubicación geográfica, topografía y aspectos socioeconómicos, México es especialmente vulnerable a los impactos del cambio climático, debido a que 56 % del territorio nacional corresponde a zonas áridas y semiáridas; cuenta con una población de más de 100 millones de habitantes, de los que 75 % corresponde a población urbana y 15 % habita en zonas costeras; además, se registra una pérdida promedio anual de alrededor de 260 mil hectáreas de bosques templados; hay una baja disponibilidad y desigual distribución del agua; casi dos terceras partes de los suelos del país no son aptos para la agricultura y está sujeto a la incidencia de tormentas tropicales y huracanes, entre otros muchos aspectos (véase INE, 2006a).

Los estudios del cambio climático global y sus posibles impactos en México tienen como un antecedente fundamental el primer *Estudio de País: México ante el cambio climático*. Este documento presenta, en general, la comparación entre las condiciones actuales y las que potencialmente podrían haber bajo un cambio climático en el caso hipotético de que se alcanzaran incrementos de las concentraciones de GEI, tales como la duplicación efectiva del CO<sub>2</sub> en la atmósfera respecto a los niveles preindustriales, entre el momento actual y el periodo comprendido entre los años 2025 y 2050, bajo un escenario de continuidad de las actividades actuales. Los resultados de estos estudios indican que probablemente se presenten, entre otros, los siguientes fenómenos dentro del territorio nacional:

- Modificación del régimen y la distribución espacial y temporal de las precipitaciones pluviales.
- Cambios en la humedad de suelos y aire, con alteraciones de los procesos de evaporación-transpiración y recarga de acuíferos.
- Agudización de las sequías, desertificación del territorio y potencial modificación de la regionalización ecológica: reducción drástica de ecosistemas boscosos templados y tropicales.
- Alta incidencia de incendios forestales, intensificando los problemas de deforestación, erosión, liberación de carbono y pérdida de biodiversidad.
- Alteración de cuencas hidrológicas, así como del régimen y distribución de escurrimientos superficiales e inundaciones.
- Aumento del nivel del mar con impactos sobre ecosistemas costeros y marinos (manglares, humedales y zonas de inundación).
- Cambios en el régimen de vientos y de insolación.

La mitad del territorio mexicano se localiza en una latitud subtropical caracterizada por la presencia de zonas áridas y semiáridas, así como de selva húmeda y cerca de 80 % de los suelos del país registran algún grado de erosión, principalmente por la deforestación de terrenos con pendientes pronunciadas. Por eso, al haber un incremento de concentración



de los GEI en la atmósfera, los procesos de desertificación continuarán avanzando a tasas más aceleradas; se elevarán los costos asociados a la erosión y se intensificarán las sequías; y se intensificará el deterioro ambiental por la deforestación, la erosión y la pérdida de biodiversidad.

Algunas regiones costeras estarán expuestas a inundaciones, y sin embargo, la agricultura, sobre todo la de temporal, tendrá pérdidas cuantiosas a causa de sequías más frecuentes; el área con potencial de producción de granos básicos se reducirá en forma considerable; los ecosistemas forestales y las especies que los integran sufrirán daños irreversibles; el abasto de agua para riego y consumo humano se verá afectado, en tanto la infraestructura productiva podrá experimentar daños severos. No se puede dejar de lado las implicaciones directas que el cambio climático traería en la población, como el aumento de cierto tipo de enfermedades, la migración campo-ciudad y la escasez de agua, aunados al incremento de la población y su concentración en ciertos centros urbanos.

Los riesgos potenciales más relevantes de estos cambios críticos sobre el territorio nacional se pueden identificar considerando tres grandes zonas geográficas: zona norte, zona centro y zona sur.

- *Zona norte*

La zona norte comprende once entidades federativas, de las cuales, actualmente seis presentan condiciones difíciles dado que predominan los climas secos y áridos, con excepción de las partes montañosas en donde el clima es templado húmedo, templado subhúmedo y semifrío. En esta zona, los climas áridos y semiáridos podrían extender su área de influencia, mientras que los semifríos podrían desaparecer. Asimismo, alrededor de 10 % de los ecosistemas forestales se verá afectado por las condiciones secas y cálidas. Grandes extensiones de pastizales y bosques templados resentirían la presencia de climas más calientes, por lo cual podría incrementarse la extensión de bosques tropicales secos y muy secos, así como las áreas de matorrales desérticos. También sería probable que determinados sitios de esta zona ya no fueran aptos para el cultivo de maíz de temporal.

- *Zona centro*

La zona centro del país comprende catorce estados, entre ellos el Estado de México. Aquí, los climas templados húmedos y subhúmedos tenderían a desaparecer, aumentando los secos y los cálidos y apareciendo los áridos en pequeñas áreas. La sequía y la desertificación, aun cuando actualmente se presentan en grados bajos, aumentarían y se agravarían los problemas de disponibilidad de agua. Por la mayor concentración, tanto de población como de actividades económicas, esta zona tendrá una situación de alta vulnerabilidad ya que, aunado a los más de 22 millones de habitantes del Estado de México y del Distrito Federal, para el año 2050 algunas de las doce entidades restantes sobrepasarán los 8 millones de personas, lo que implicará grandes demandas de agua y servicios que la zona no estará en condiciones de proveer. Los campos de cultivo de maíz

de temporal pasarán de ser medianamente aptos a no aptos, disminuyendo el potencial agrícola. Los ecosistemas forestales más afectados serán los bosques templados y los bosques húmedos.

- *Zona sur*

La zona sur comprende siete estados y es la que presentará los menores impactos ante un posible cambio climático. No obstante, en el caso de las costas del Golfo de México y del Mar Caribe existen regiones susceptibles al ascenso del nivel del mar. En algunas regiones agrícolas, la superficie apta para el cultivo de maíz de temporal desaparecería y la franja costera considerada como no apta se extendería hacia el interior. Por su parte, las zonas de producción de petróleo poseen una vulnerabilidad muy alta ante el cambio climático, puesto que pueden verse afectadas tanto por fenómenos naturales, tales como el aumento del nivel del mar y la disponibilidad de agua, como por fenómenos económicos tales como los cambios en la demanda y precio de los productos energéticos.

Los resultados de los estudios de caso de país deben contemplarse en el marco de un conjunto de cambios actualmente en evolución y que continuarán produciéndose como consecuencia de otros factores. En muchos casos, los impactos se apreciarán en regiones ya sometidas actualmente a diversas presiones; el cambio climático inducido por las actividades humanas debido a emisiones continuas e incontroladas sólo acentuará estos impactos. Asimismo, es importante resaltar el problema de la distribución temporal y la velocidad del cambio, ya que se pueden producir diferencias temporales entre la duplicación de las concentraciones de GEI y los impactos que el cambio climático genere. Por último, cualquier otra fluctuación climática (tal como los fenómenos de El Niño y La Niña) podría provocar alteraciones al medio ambiente intensificando los impactos en los diferentes sectores.

<b>Cuadro 1.2. Sectores más vulnerables ante el cambio climático en México (síntesis)</b>	
<p><b>Agricultura de temporal:</b> Se verá afectada en áreas que actualmente son medianamente aptas para el cultivo del maíz, reduciéndose así la extensión para su cultivo.</p>	<p><b>Ecosistemas:</b> Cerca de 50 % de la vegetación presentará cambios en cuanto a distribución y composición florística, sobre todo los bosques templados de pino y encino.</p>
<p><b>Salud humana:</b> Habrán un incremento en la incidencia de algunas enfermedades transmitidas por vector (p. ej. fiebre amarilla, dengue, malaria) además de las enfermedades gastrointestinales.</p>	<p><b>Industria y energía:</b> Las industrias que requieren el agua como insumo, como la petrolera, eléctrica y petroquímica, serán altamente vulnerables.</p>
<p><b>Suelos:</b> Existirá una tendencia hacia la desertificación, por lo cual se agravarán los problemas de erosión. El 48 % del territorio nacional presentará altos índices de vulnerabilidad.</p>	<p><b>Zonas costeras:</b> Más de 15 mil kilómetros cuadrados de zonas costeras estarán amenazados por la elevación del nivel del mar, afectando a los ecosistemas, la ganadería y la agricultura, por igual.</p>

Fuente: Magaña y Gay (2002)