

Introducción

El último siglo se ha caracterizado por un impresionante desarrollo tecnológico. Así, hoy en día es posible, por ejemplo, viajar al espacio o erradicar enfermedades anteriormente consideradas mortales, mientras que comunicarse a distancia, procesar y transferir grandes volúmenes de información en cuestión de segundos son ya cosa de todos los días. Sin embargo, esta revolución tecnológica ha traído consigo elevados costos ambientales que en algunos casos resultan obvios, como la deforestación, la extinción de especies, el aumento de la desertificación y la contaminación del aire y del agua; y que en otros, no son perceptibles sino hasta después de un determinado tiempo. Este es por ejemplo el caso del cambio climático global, causado por la emisión antropogénica de grandes volúmenes de gases de efecto de invernadero a la atmósfera.

El llamado “efecto invernadero” se presenta cuando al atravesar la atmósfera del planeta, una pequeña fracción de la radiación de onda corta (visible) que emite el sol es reflejada, mientras que la mayor parte es absorbida por la Tierra, calentándola. Al calentarse, la superficie del planeta emite radiación de onda larga (infrarroja) hacia el espacio, una parte de ella logra atravesar la atmósfera, mientras que la otra es absorbida y reemitida a todas direcciones por las nubes y los gases contenidos de manera natural en la Troposfera, como el bióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el ozono (O_3) y vapor de agua, gracias a ello es posible que la temperatura promedio del planeta sea de 15°C y, por lo tanto, de que existan condiciones aptas para la vida. Sin embargo, al aumentar concentraciones de estos gases hay mayor absorción de radiación infrarroja, dando como resultado un aumento en la temperatura y con ello lo que se conoce como “cambio climático global”.

El cambio climático inducido por la actividad humana representa una presión adicional importante para los sistemas ecológicos y socioeconómicos, que ya se ven afectados por la contaminación, la creciente demanda de recursos y las prácticas no sustentables de aprovechamiento de los mismos.

Gracias a la investigación científica, que ha analizado y correlacionado los registros históricos de temperatura y de la concentración de CO_2 en la atmósfera, se ha establecido que existe una estrecha relación entre estas dos variables, por lo que se puede esperar que ante un aumento en las concentraciones de CO_2 , como el que se ha venido dando desde la revolución industrial, se presente un aumento en la temperatura global.

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC), fue creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el objeto de analizar la información científica disponible sobre cambio climático, los impactos ambientales y socio económicos de este fenómeno y formular las estrategias de respuesta necesarias.

En las conclusiones del segundo reporte de evaluación del PICC (1995), se recopila la mejor y más reciente información científica sobre el tema. Destaca que las concentraciones de CO_2 en la atmósfera se han incrementado de 280 a casi 360 partes por millón por volumen (ppmv) desde la época preindustrial, y que este incremento puede ser atribuido en gran parte a las emisiones producidas por la quema de combustibles fósiles, el cambio de uso de suelo y la agricultura. Se piensa que los aumentos observados en el nivel del mar (de unos 10-25 cm) y en la temperatura promedio de la superficie (de entre 0.3°C y 0.6°C) durante este mismo período de tiempo son consecuencia de esta situación.

De acuerdo con este reporte, para el año 2100 se podría esperar que la temperatura global promedio tenga un incremento de entre 1°C y 3.5°C en relación a la temperatura actual y que el nivel del mar aumente entre 15 y 95 cm con respecto al presente.

Estudios como los analizados por el PICC llegan a la conclusión de que en términos generales, los países en vías de desarrollo son más vulnerables por encontrarse en regiones más susceptibles al cambio de la temperatura y la precipitación y por no contar con recursos suficientes para poder adaptarse al mismo.

El primer paso para combatir este fenómeno, que afecta a todo el planeta, se dio durante la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro, Brasil, en 1992, cuando más de 150 países, entre ellos México, firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

La Convención establece responsabilidades comunes pero diferenciadas para los países signatarios, a quienes clasifica en tres grandes grupos: El Anexo I está compuesto por países desarrollados y los que tienen economías en transición a economías de mercado; los que, además de satisfacer los compromisos establecidos para todas las Partes de la Convención, deberán reducir sus emisiones de gases de efecto de invernadero para el año 2000 al nivel que tenían en 1990. El Anexo II es un grupo de los países del Anexo I que tendrán que prestar ayuda económica y tecnológica a aquellos con menores recursos para enfrentar los impactos del cambio climático, y el último grupo está integrado por los llamados países no-Anexo I, o países en vías de desarrollo, cuyos compromisos se reducen, a grandes rasgos, a realizar, actualizar y publicar periódicamente inventarios de emisiones antropogénicas de gases de efecto de invernadero, a llevar a cabo programas nacionales y regionales de mitigación y adaptación y conservar sumideros de carbono (captura de carbono en los bosques por medio de la fotosíntesis). México pertenece a este grupo.

En México, el Instituto Nacional de Ecología de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) ha sido el encargado de planear, coordinar y evaluar las investigaciones sobre cambio climático, desarrolladas en su mayoría dentro del marco de lo que se conoce como el Estudio de País. Este proyecto ha contado con el apoyo del *United States Country Studies Program* (USCSP), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el gobierno de Canadá, e incluye el inventario nacional de emisiones antropogénicas de gases de efecto de invernadero por fuentes y sumideros, estudios sobre escenarios de emisiones y climáticos, el análisis de la vulnerabilidad del país ante este fenómeno y la evaluación de opciones de mitigación y adaptación.

Algunos resultados de estos estudios se han empleado en la elaboración de la *Primera Comunicación de México ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, que fuera presentada para cumplir con los compromisos adquiridos por México en el contexto de la ratificación de la misma, durante la última Conferencia de las Partes ocurrida en Kioto, Japón, en diciembre de 1997.

Se ha publicado también, el *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero*, (1995), que da a conocer nuestra contribución a las causas del cambio climático y los sectores con más emisiones. Los resultados del inventario señalan los sectores en los que se podría invertir para reducir estas emisiones, y a la vez proporciona las bases para hacer comparaciones con la contribución de emisiones de otros países. Aunque nuestro país pertenece al grupo de los 15 mayores emisores, su participación representa menos del 2% de las emisiones globales de gases de efecto de invernadero, y las emisiones per cápita (3.5 toneladas de CO₂) corresponden

a un país en vías de desarrollo.

Este libro pretende agrupar en una sola publicación, los artículos que constituyen una síntesis de las investigaciones realizadas en torno a la vulnerabilidad de México ante el cambio climático global, por un grupo de investigadores que han colaborado con el INE en la primera fase del Estudio de País, y con esto aportar una visión de conjunto de lo que podría suceder en México en el futuro cercano.

De acuerdo con los resultados de estos estudios, México es un país vulnerable. Los escenarios climáticos futuros predicen aumentos en la temperatura, pero no son específicos en cuanto a la precipitación, ya que para algunos modelos de circulación general de la atmósfera la precipitación aumentaría y en otros disminuiría. Por ello, para los estudios de vulnerabilidad se han utilizado dos modelos, con el fin de tener los dos escenarios probables. La sequía meteorológica muestra una tendencia a aumentar sus niveles de severidad en varias regiones; mientras la competencia por el uso de los recursos hídricos será mayor debido a la escasez y al aumento de la población, situación que se presenta en algunas regiones hidrológicas del país. En cuanto a los ecosistemas forestales los estudios en ambos escenarios han revelado que el cambio climático induciría cambios en un 50% de la cubierta vegetal actual, siendo los bosques templados los más afectados.

Algunas zonas costeras bajas en la cuenca del Golfo de México podrían verse amenazadas por el ascenso en el nivel del mar, y por las tormentas que encontrarían un recorrido más libre por lo que sus efectos podrían penetrar más profundamente en el continente.

En cuanto a las actividades productivas analizadas, la agricultura de temporal se vería seriamente afectada. Actualmente, en la mayor parte del país se obtienen bajos rendimientos (de 1 a 1.5 ton/ha), con los resultados de los escenarios de cambio climático las zonas aptas para el maíz de temporal verían disminuida su aptitud. Los sectores energético e industrial, se verían afectados por la escasez de agua y la inundación de zonas costeras entre otros aspectos.

No podemos 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, la escasez de agua, aunados al incremento de la población y su concentración en ciertos centros urbanos.

La estructura que hemos dado a esta publicación tiene como objeto que el lector comprenda, en primera instancia, cómo se construyeron los escenarios climáticos futuros, que son la base para todos los estudios de vulnerabilidad. Más adelante, se encuentran los estudios de la vulnerabilidad sobre aspectos físicos, que influyen en un gran número de actividades económicas y sociales, como la sequía meteorológica, los recursos hídricos, los ecosistemas forestales y las zonas costeras. Posteriormente están los estudios sobre la vulnerabilidad en sectores productivos como la agricultura, energía e industria y, para finalizar, la vulnerabilidad de los asentamientos humanos y la población.

En el capítulo I se proponen escenarios climáticos en condiciones de un doblamiento de la concentración atmosférica de CO₂, obtenidos por medio de Modelos de Circulación General (MCG), aumentos arbitrarios de temperatura y precipitación, y combinaciones de ambos, con el fin de permitir la evaluación de la vulnerabilidad del país con respecto a sus recursos, actividades productivas y bienestar.

El capítulo II se refiere a las modificaciones que experimentaría de sequía meteorológica ante un cambio climático. Para determinar dichos cambios se calculó su severidad en función del déficit de precipitación respecto a la pluviosidad media anual o estacional de largo período y de su duración en una región dada.

En el capítulo III, se tratan las posibles repercusiones del cambio climático sobre los recursos hidrológicos. En este estudio se consideró al país dividido en 12 regiones y se aplicó un modelo de balance térmico hidrológico. Este modelo evalúa los escurrimientos, disponibilidad y reservas de estos recursos en términos de temperatura, precipitación, radiación, humedad del suelo y evapotranspiración. De esta manera se establecieron índices de vulnerabilidad relacionados con la disponibilidad, consumo, extracción y almacenamiento de agua.

El capítulo IV expone los efectos que el cambio climático tendría sobre los ecosistemas forestales definidos a través de la clasificación de zonas de vida de Holdridge y los sistemas de clasificaciones mexicanas basados en los estudios climáticos de Köppen, modificados por García (1988) y en la evaluación de la vegetación de México por Rzedowski (1992). En este caso, la vulnerabilidad se definió en función de las variaciones en la cubierta forestal forzadas por condiciones de cambio climático.

Las zonas costeras mexicanas son vulnerables al aumento del nivel del mar causado por la expansión térmica de los océanos y por la incidencia de huracanes. El capítulo V trata del estudio que se centró en la región del Golfo de México, pues ocupa la tercera parte del litoral mexicano y cuenta con 6 de los 10 puertos pesqueros y 3 de los 5 puertos industriales más importantes del país. Para el análisis se utilizaron fotografías aéreas de los últimos 50 años y se digitalizaron 115 cartas topográficas. Para determinar cuáles serían las zonas más vulnerables se supusieron incrementos arbitrarios del nivel del mar de 0.5m por década hasta llegar a los 2m de elevación.

En el capítulo VI se presentan estimaciones sobre las repercusiones que podría tener un posible cambio climático sobre la producción del maíz de temporal, parte fundamental del sustento de los mexicanos. El análisis se basó en la comparación de los rendimientos y la superficie apta para este cultivo entre el escenario actual y los escenarios de cambio climático. El estudio consideró también posibles medidas de adaptación (como cambio en la fecha de siembra y aumento en el uso de fertilizantes) a implantarse para contrarrestar los efectos negativos de este fenómeno, así como su viabilidad económica.

Por lo general, los estudios que llegan a realizarse sobre energía e industria dentro del marco del cambio climático se centran en cómo reducir sus emisiones de gases de invernadero. En el capítulo VII se analizan las repercusiones de este fenómeno en los sectores de energía e industria de una manera diferente. Este análisis se enfocó en los factores que influyen en la vulnerabilidad de estos sectores, así como su nivel de incidencia. Se realizó un diagnóstico de estos dos sistemas para el escenario base o actual y dado un cambio climático, determinando la dinámica de su comportamiento territorial y definiendo las particularidades y diferencias regionales que se presentan en México, en el comportamiento de ambos sistemas con base en la aplicación de los MCG.

Finalmente, la vulnerabilidad de los asentamientos humanos es el tema del capítulo VIII. Los efectos del cambio climático se pronosticaron para cada estado de la república con base en datos actuales sobre morbilidad, densidad de población, su distribución y crecimiento, la proporción de la población urbana con respecto a la población total y el consumo de agua por habitante. Además, se presenta un estudio de caso sobre las condiciones bioclimáticas en la

Ciudad de México dado una duplicación de las concentraciones atmosféricas de CO₂.

El verdadero valor de las investigaciones aquí presentadas reside en que constituyen una base para realizar una planeación estratégica de las futuras acciones de adaptación, que se tradujeran en una reducción de los costos ecológicos, económicos y sociales del cambio climático. Actualmente algunas de estas acciones ya se están llevando a cabo en las zonas del país identificadas como las más vulnerables.