

4

Vulnerabilidad del Estado de México ante el Cambio Climático



4. Vulnerabilidad del Estado de México ante el Cambio Climático

Como se mencionó en el apartado 1.2, en la Región Centro del país, de la cual forma parte el Estado de México, hay una alta concentración de población y expansión de asentamientos urbanos, los cuales ejercen una gran presión sobre los recursos naturales para satisfacer sus requerimientos de vivienda, alimentación, transporte, empleo, etc. Esto sobrepasa la capacidad de carga de cualquier ecosistema pero, en particular, hace muy vulnerable a la región ante las variaciones climáticas. Por eso, el concepto de vulnerabilidad ha cobrado una gran relevancia debido a que se espera que la tendencia al calentamiento global, y en general, a los cambios en el clima, continúen sin que la mitigación de las emisiones de GEI cambie dicha tendencia. Pero ¿a qué se refiere el término de vulnerabilidad?

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático define vulnerabilidad como el grado al que un sistema es susceptible o incapaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad y los extremos del clima. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que un sistema está expuesto, de su sensibilidad y de su capacidad de adaptación.

El concepto de vulnerabilidad está interrelacionado con los conceptos de amenaza y riesgo (cuadro 4.1). La amenaza se refiere al fenómeno natural, al agente de la naturaleza que aparece en un tiempo y espacio determinado, por ejemplo: huracanes, inundaciones, sequías. El riesgo es la combinación entre la amenaza y el grado de exposición y fragilidad de los distintos sectores (ecosistemas, ciudades, actividades económicas, etc.) ante esa amenaza. En otras palabras, el riesgo depende de la intensidad y frecuencia de la amenaza, pero también en la medida en que diversos sectores son afectables o del grado de vulnerabilidad.

Cuadro 4.1. Relación entre amenaza, vulnerabilidad y riesgo		
Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Fenómenos naturales	Grados de exposición y fragilidad, valor económico	Factor de amenaza, vulnerabilidad F (A, V)
Probabilidad de que ocurra un evento, en espacio y tiempo determinados, con suficiente intensidad como para producir daños	 Probabilidad de que, debido a la intensidad del evento y a la fragilidad de los elementos expuestos, ocurran daños en la economía, la vida humana y el ambiente	 Probabilidad combinada entre amenaza y vulnerabilidad

Fuente: Retomado de Magaña y Gay (2002)

A continuación se presentan consideraciones sobre la vulnerabilidad en distintos sectores del Estado de México tales como agua, agricultura, recursos forestales, asentamientos humanos, industria y salud, para lo cual se tomaron como base los resultados del *Estudio de País: México ante el cambio climático* (en: SEMARNAP, 1997; INE y UNAM, 1999; INE, 2004 y 2006b).

4.1. Recurso Agua

Se hará referencia a las tres regiones hidrológicas localizadas en la entidad, mismas que coinciden con las regiones a que hace referencia el estudio en cuestión. Estas regiones son Pánuco, conformada por 60 municipios del Estado de México; Lerma, por 32 municipios; y Balsas, por 33 municipios.

En el estudio se utilizaron los modelos de circulación general (GFDLR30 y CCCM), el modelo termodinámico de clima (MTC) y el modelo de balance termo-hidrológico (MBTH). Los resultados de los modelos sugieren que cambios plausibles en la temperatura del aire superficial y la precipitación causados por la duplicación del CO₂ atmosférico pueden tener un impacto muy significativo en el régimen y la magnitud de la escorrentía, la humedad del suelo y la evaporación, así como en el grado de aridez de algunas regiones hidrológicas del país, sin embargo, en otras el cambio climático puede ser favorable.

En los siguientes apartados se presentan los índices de vulnerabilidad estimados por región hidrológica.

- *Vulnerabilidad respecto a disponibilidad de agua y de reserva*

Se refiere al volumen de agua que puede ser retirado de una zona húmeda sin que se transforme en una zona seca. Las zonas con vulnerabilidad alta comprenden aquellas que presentan un alto riesgo de secarse tanto en un escenario actual como de cambio climático. El incremento en la temperatura del suelo y de aire y, por consecuencia de la evaporación, así como el decremento en la precipitación, son las causas por las cuales el volumen disponible en las regiones Lerma y Pánuco muestran tan alta vulnerabilidad (cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Condiciones de vulnerabilidad para disponibilidad de agua por región, según escenario			
Región	Escenario base	Escenario cálido-húmedo (Modelo GFDLR30)	Escenario cálido-seco (Modelos CCCM y MTC)
Balsas	No vulnerable	No vulnerable	Media
Pánuco	Baja	No vulnerable	Alta
Lerma	Alta	Media	Alta

Fuente: Mendoza, Villanueva y Maderey (2004)



- *Vulnerabilidad respecto a consumo de agua*

Se refiere al volumen de agua destinado al uso doméstico, comercial y de servicios, industrial, generación de energía eléctrica y de riego. En el escenario base la vulnerabilidad en este rubro es baja en las regiones Balsas y Pánuco. En el escenario cálido-húmedo la región Balsas se vuelve no vulnerable pero la región Pánuco tiene alta vulnerabilidad. Los modelos para el escenario cálido-seco indican que en las regiones Pánuco y Lerma la vulnerabilidad se vuelve alta, mientras que en la del Balsas es baja (cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Condición de vulnerabilidad para el consumo de agua por región, según escenario			
Región	Escenario base	Escenario cálido-húmedo (Modelo GFDLR30)	Escenario cálido-seco (Modelos CCCM y MTC)
Balsas	Baja	No vulnerable	Baja
Pánuco	Baja	Alta	Alta
Lerma	No vulnerable	Baja	Alta

Fuente: Mendoza, Villanueva y Maderey (2004)

- *Vulnerabilidad respecto a almacenamiento de agua*

Considera el volumen de almacenamiento máximo operativo de las presas cuya capacidad supera los cuatro millones de metros cúbicos, así como el volumen de los grandes cuerpos de agua en cada región. La vulnerabilidad se refiere a eventos prolongados de sequías que dessequen las presas, o a periodos de lluvias intensas que propicien su desbordamiento. La región Pánuco mantiene una alta vulnerabilidad en los tres escenarios. Para el caso de las regiones Balsas y Lerma, ésta puede ser media o no vulnerable.

Cuadro 4.4. Condición de vulnerabilidad para almacenamiento de agua por región, según escenario			
Región	Escenario base	Escenario cálido-húmedo (Modelo GFDLR30)	Escenario cálido-seco (Modelos CCCM y MTC)
Balsas	Baja	Media	No vulnerable
Pánuco	Alta	Alta	Alta
Lerma	No vulnerable	Media	No vulnerable

Fuente: Mendoza, Villanueva y Maderey (2004)

4.2. Agricultura

La agricultura es extremadamente vulnerable pues se encuentra doblemente expuesta; por un lado, están los cambios dentro de una economía globalizada (por ejemplo, los precios del maíz, la caña de azúcar, etc.) y por el otro, es altamente dependiente de las condiciones climáticas.

Debido a que en México el maíz representa el sustento básico de muchas familias en el sector rural, además de ser un componente intrínseco en la cultura nacional, el *Estudio de País: México*, centró su atención en la vulnerabilidad de la producción de este cultivo. Se utilizó el modelo CERES-MAIZE, simulando los rendimientos en la producción de maíz de temporal para distintas formas de administración de cultivos y diferentes condiciones de clima, semillas y suelos. Posteriormente, se crearon mapas agroclimáticos (mapas de aptitud potencial) de las regiones aptas para la producción de primavera-verano.

Los resultados para el caso del Estado de México, particularmente la región Atlacomulco que consistió en la zona de estudio, reportan un incremento en los rendimientos de la agricultura de temporal, posiblemente asociado con un aumento en las temperaturas mínimas, lo que reduciría el peligro de las heladas que dañan frecuentemente a este tipo de cultivos. Sin embargo, otras regiones de la entidad podrían aumentar su vulnerabilidad, ya sea por los decrementos en las superficies aptas para este tipo de cultivos o por las reducciones en los rendimientos.

Cuadro 4.4. Característica del cultivo de maíz de temporal, por región		
Situación actual y en cambio climático		
Región	Potencial actual para la producción de maíz	Tipo de cambio en la producción (Modelo CERES)
Balsas	Medianamente apto	Negativo
Pánuco	No apto	Positivo
Lerma	No apto	Positivo

Fuente: Conde, Ferrer, Gay, et al. (2004)

4.3. Ecosistemas Forestales

Los ecosistemas terrestres han estado sujetos a muchas presiones por las actividades humanas tales como cambios en los usos del suelo, contaminación, sobreexplotación, ampliación de la frontera agrícola y ganadera, introducción de especies invasoras y exóticas, entre otras, por lo cual el cambio climático se añade como un factor más que puede cambiar o poner en peligro la permanencia de estos ecosistemas. El cambio climático puede derivar en la alteración de los patrones de distribución y abundancia de las especies silvestres de flora y fauna, y en el peor de los casos, contribuir con la extinción de las especies más sensibles y endémicas.

Existe una sinergia entre las causas y consecuencias del cambio climático puesto que si los ecosistemas forestales son almacenes de carbono y éstos a su vez se ven disminuidos en superficie y calidad debido a las actividades humanas, entonces se incrementan las emisiones de CO₂ a la atmósfera, lo cual contribuye con el calentamiento del planeta afectando de este modo al resto de los ecosistemas.

Los modelos utilizados, el GFDLR30, el CCCM y el Modelo de Sensibilidad, muestran las posibles modificaciones en la distribución de la vegetación, siempre y cuando esta



adaptación fuera posible en tan corto tiempo. Y es que los escenarios de cambio climático que se proyectan para el 2050 exceden por mucho la habilidad de muchas especies de adaptarse a dichos cambios mediante mecanismos como la migración, cambios conductuales o mutaciones genéticas, tales procesos requieren de miles de años para llevarse a cabo de manera natural. Las predicciones se basan en la premisa de que los distintos tipos de vegetación actuales están relacionados directamente con el clima, el cual es uno de los factores limitantes para su distribución. Por lo que al conocer los cambios en temperatura y precipitación que se podrían suscitar, entonces, se podría determinar el tipo de vegetación en esas nuevas condiciones del clima.

Los tres modelos prevén un aumento en la temperatura por lo cual el impacto más significativo ocurriría en las zonas templadas en donde se establecen comunidades vegetales como los bosques de pino, de oyamel y de encino, pastizales naturales y matorrales. Su distribución se vería dramáticamente reducida, e incluso, en algunos casos desaparecería, siendo sustituida por especies adaptadas a condiciones más cálidas y secas (Villers y Trejo, 2004). Desde otro punto de vista, las comunidades vegetales favorecidas serían las selvas bajas y matorrales xerófilos. No obstante, y pese al posible efecto positivo, hoy en día las selvas son los ecosistemas más afectados por las actividades humanas, los cuales han reducido su área de distribución.

Los resultados a futuro sobre la distribución de los distintos tipos de vegetación podrían ser totalmente diferentes debido a que las áreas con cierto grado de perturbación disminuyen notablemente su capacidad de respuesta, no sólo ante los cambios climáticos, sino también a plagas, enfermedades e incendios forestales (Villers y Trejo, 2004). En el cuadro 4.5 se califican los tipos de vegetación presentes en la entidad que podrían aumentar o disminuir su área de distribución.

Cuadro 4.5. Condición de los tipos de vegetación presentes en la entidad ante una situación de cambio climático		
Tipo de vegetación	Superficie actual (ha)	Superficie ante cambio climático
Selva baja caducifolia	87 789	Aumenta
Matorral xerófilo	16 747	Aumenta
Bosque de encino	126 016	Disminuye
Bosque de pino	80 808	Disminuye
Bosque mixto pino-encino	209 238	ND
Bosque de oyamel	59 999	Tiende a desaparecer
Bosque mesófilo de montaña	7 763	Disminuye
Vegetación halófila	869	ND
Vegetación acuática y riparia	5 801	Tiende a desaparecer
Área forestal perturbada	225 974	ND
Otros tipos de vegetación	73 609	ND

ND = No determinado

Fuente: DGPCCA con información de Villers y Trejo (2004)

En materia económica, el cambio climático puede provocar la disminución de la producción forestal de especies tanto maderables como no maderables, afectando con ello la industria de la celulosa y papel, principalmente. Del mismo modo, puede provocar un incremento en el número de incendios forestales, así como la ocurrencia de plagas y enfermedades con la consecuente pérdida o daño de productos maderables.

4.4. Asentamientos Humanos

Los asentamientos humanos son particularmente importantes debido a la rapidez con la que se transforman de zonas rurales a grandes centros urbanos. Es así que la población urbana del Estado de México, en términos porcentuales, pasó de 24 % a 73 % en el periodo de 1970 a 2005. Asimismo, en la entidad se asientan dos de las principales metrópolis del país: la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), conformada por 22 municipios, y la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco (ZMVCT), conformada por 59 municipios, en las que habita 88 % de la población estatal.

Existen varios elementos socioeconómicos y ambientales característicos del desarrollo y transformación de los asentamientos humanos, que interactúan con los impactos del cambio climático y que pueden agravar o mitigar sus efectos, es decir, el cambio climático combinado con otros elementos de presión pueden ocasionar una mayor vulnerabilidad de los centros de población. Entre tales elementos de presión se encuentran: el crecimiento demográfico, la urbanización, los niveles de pobreza, los sistemas de energía, el abastecimiento y formas de uso del agua, la utilización de combustibles fósiles y los sistemas de transporte.

En muchos casos, el impacto del cambio climático en un centro de población dependerá más de la vulnerabilidad de los sistemas sociales que se vean afectados que de la propia magnitud física de los cambios ambientales. El cambio climático tendrá impactos diferenciales en distintas ciudades, por lo cual los distintos grupos sociales serán vulnerables a él, en mayor o menor medida. Por eso, la heterogeneidad presente en los asentamientos humanos en términos de condiciones de infraestructura y niveles socioeconómicos hace que la evaluación de la vulnerabilidad, de este rubro, sea muy compleja cuando se considera a toda un área urbana o una región (Aguilar, 2004).

Teniendo en cuenta a Aguilar (2004) algunos componentes de los asentamientos humanos que se consideran vulnerables al cambio climático son:

- Espacio construido e infraestructura.
- Alta concentración poblacional.
- Estructura productiva.
- Condiciones de salud.
- Abastecimiento de agua.
- Medio ambiente.



Considerando la concentración poblacional, en el cuadro 4.6 se ofrece una distribución por estrato de las 4 841 localidades existentes en el Estado de México, a las cuales se les ha dado una condición de vulnerabilidad según el número de habitantes censados en el 2005 y los proyectados para el 2030. De esta forma, el número de localidades altamente vulnerables pasa de 19 a 23 (21 % de incremento); las medianamente vulnerables pasan de 46 a 67 (45.6 % de incremento); y aquellas con baja vulnerabilidad, de 4 776 a 4 751 (0.5 % decremento).

Cuadro 4.6. Número de localidades censales del Estado de México por estrato de población y condición de vulnerabilidad para distintos años			
Estrato (Núm. habitantes)	Condición de vulnerabilidad	Número de localidades en el año	
		2005	2030
De 1 a 2 499	Baja	4 402	4 300
De 2 500 a 14 999	Baja	374	451
De 15 000 a 49 999	Media	39	55
De 50 000 a 99 999	Media	7	12
De 100 000 a 499 999	Alta	13	13
De 500 000 o más	Alta	6	10

Fuente: DGPCCA con datos del CONAPO (2000)

En el cuadro 4.7 se identifican 23 localidades mexiquenses que para el año 2030 presentarán una condición de vulnerabilidad alta, considerando el incremento en su población. Como se puede apreciar, 21 localidades corresponden a 19 municipios conurbados del Valle Cuautitlán-Texcoco; mientras que Toluca de Lerdo y Metepec, al Valle de Toluca. También llama la atención que el municipio de Tultitlán presenta tres localidades, a diferencia del resto de los municipios que sólo tienen una localidad.

Cuadro 4.7. Localidades del Estado de México con alta vulnerabilidad			
Clave	Localidad	Municipio	Población al 2030
<i>Estrato mayor de 500 mil habitantes</i>			
150330001	Ecatepec de Morelos	Ecatepec de Morelos	2 158 084
150580001	Ciudad Nezahualcóyotl	Nezahualcóyotl	1 088 486
150310001	Chimalhuacán	Chimalhuacán	966 965
150570001	Naucalpan de Juárez	Naucalpan de Juárez	875 561
151040001	Tlalnepantla	Tlalnepantla de Baz	760 386
150130001	Ciudad López Mateos	Atizapán de Zaragoza	721 966
150390001	Ixtapaluca	Ixtapaluca	704 016
151220001	Xico	Valle de Chalco Solidaridad	675 199
151210001	Cuautitlán Izcalli	Cuautitlán Izcalli	660 006
151060001	Toluca de Lerdo	Toluca	607 438
<i>Estrato de 100 mil a 500 mil habitantes</i>			
150200001	San Francisco Coacalco	Coacalco de Berriozábal	469 145
150700001	Los Reyes Acaquilpan	La Paz	392 687

Continúa...

151090003	Buenavista	Tultitlán	367 572
150600001	Villa Nicolás Romero	Nicolás Romero	359 692
151090025	San Pablo de las Salinas	Tultitlán	278 108
150540001	Metepéc	Metepéc	268 620
150250001	Chalco de Díaz Covarrubias	Chalco	197 672
150370071	Naucalpan de Juárez	Huixquilucan	185 410
150990001	Texcoco de Mora	Texcoco	152 457
150810019	Ojo de Agua	Tecámac	127 551
151090068	Fuentes del Valle	Tultitlán	123 521
150290001	Chicoloapan de Juárez	Chicoloapan	117 213
151080001	Tultepec	Tultepec	108 097

Fuente: CONAPO (2000)

4.5. Industria y Energía Eléctrica

La industria ha sido un sector poco estudiado en virtud de la percepción de su relativa baja sensibilidad y la gran capacidad de adaptación al cambio climático. La mayoría de los estudios se refiere al tema de la adaptación y reducción de los impactos del cambio climático, por lo que hay pocos estudios que asocien las tendencias del clima con los impactos del cambio climático en las actividades económicas (Sánchez-Salazar, 2004).

Aun cuando la industria sea considerada poco vulnerable en comparación con otros sectores de la economía, al interior de ésta se aprecia que las diversas ramas industriales tienen entre sí diferencias notables en su grado de sensibilidad climática. Ello se debe a una serie de factores entre los cuales se pueden mencionar:

- Participación en el PIB.
- El tamaño de la empresa.
- El aporte de emisiones de GEI a la atmósfera.
- La dependencia de recursos naturales sensibles al clima.
- Niveles de consumos de energía y agua.
- Los mercados sensibles al clima.
- Ubicación geográfica.

Todos estos factores influyen necesariamente en el nivel de vulnerabilidad del sector industrial frente al cambio climático.

Uno de los efectos del cambio climático se relaciona con el ascenso de la temperatura y una potencial reducción de la precipitación y de los escurrimientos, incidiendo en la aceleración de los procesos de desertificación y de redistribución del recurso hídrico. En consecuencia, la vulnerabilidad de la industria estará en función de sus necesidades de abastecimiento de determinados volúmenes de agua, de la regularidad con que se requieren dichos abastos y del clima. Así, a mayor volumen requerido, el abasto será más



constante, el clima más seco y la empresa correspondiente será más vulnerable. En este último caso, es decir, en las zonas secas, en las cuales existe presión y competencia mayores sobre los recursos hídricos, la vulnerabilidad de la industria se incrementa; por ejemplo, en las zonas donde coexisten la agricultura de riego, el abastecimiento urbano y la generación de energía eléctrica.

El aumento de temperatura será diferencial geográficamente; esto afectará a las empresas que demandan energía para los procesos industriales de calentamiento o enfriamiento. En el primer caso, la vulnerabilidad disminuirá porque el calentamiento atmosférico implicará un ahorro en el consumo de energía y de electricidad para el desarrollo de éstos (por ejemplo, la industria siderúrgica y metalúrgica); en cambio, se incrementará la vulnerabilidad de aquellas empresas que requieren de procesos de enfriamiento o congelación, en zonas en las cuales se incrementa la temperatura, como es el caso de las industrias emparadoras de productos ganaderos y agrícolas perecederos, que requieren cámaras de refrigeración o congelación.

Las variaciones en la distribución del agua y la temperatura tendrán efectos sobre el uso del suelo y la distribución de los seres vivos, sean cultivos, ganado o asociaciones vegetales naturales. Ante esta situación, las industrias más vulnerables serán las que dependen de materias primas derivadas de actividades como la maderera, la papelera, la textil, la alimenticia, la del cuero y las emparadoras de productos del mar, entre otras. Por lo tanto, existen diferencias entre las diversas ramas de la industria, en cuanto a su sensibilidad hacia el clima. En este sentido, las industrias asentadas en el Estado de México quedan clasificadas como se aprecia en el cuadro 4.8.

Cuadro 4.8. Clasificación del sector industrial de acuerdo con su susceptibilidad hacia el clima y ramas industriales con mayor afectación

Clasificación	Ramas industriales
Industrias dependientes de recursos naturales	Agroindustria, acuicultura, forestal, alimentos y bebidas, textil y celulosa y papel.
Industrias con procesos sensibles al clima	Centrales termoeléctricas, la industria del aluminio, las siderúrgicas, alimenticia y textil.
Industrias con aumento en mercado (demanda)	Generación de energía eléctrica, las industrias del aire acondicionado, del vestido y de bebidas.
Industrias susceptibles a inundaciones	Se trata de establecimientos industriales asentados principalmente en los municipios de Lerma, Tlalnepantla, Ecatepec, Naucalpan y Nezahualcóyotl, con alto riesgo de inundación por desborde de cauces de los ríos Tlalnepantla, Los Remedios, La Compañía así como el Gran Canal.

Fuente: Sánchez-Salazar (2004) modificado por DGPCCA

En materia de generación de energía eléctrica, las 17 centrales ubicadas en el Estado de México presentan distinto grado de vulnerabilidad según el tipo de generación. Al respecto, en el cuadro 4.9 se puede observar que las 12 centrales hidroeléctricas son altamente vulnerables debido en gran medida a la dependencia, consumo y competencia del agua con otros sectores económicos.

Cuadro 4.9. Vulnerabilidad del subsector de energía eléctrica por tipo de generación en el Estado de México

Tipo de generación	Número actual de centrales ^{a/}	Vulnerabilidad ^{b/}
Hidroeléctrica	12	Alta
Vapor	2	Media
Ciclo combinado	1	Media
Turbogas	2	Baja

Fuente: DGPCCA con datos de: a/ INEGI (2006) y b/ Sánchez-Salazar (2004)

En el cuadro 4.10 se presentan distintas actividades económicas seleccionadas para el Estado de México, las cuales, se consideran particularmente vulnerables al cambio climático. Cabe recordar que de acuerdo con el censo económico más reciente, en 2004 la entidad contaba con 35 561 unidades económicas en los sectores primario y manufactura, de las cuales 23 513 unidades, 66.5 % del total, podrían presentar cierto grado de vulnerabilidad en el futuro.

Cuadro 4.10. Número de unidades económicas y condición de vulnerabilidad para distintas actividades económicas seleccionadas

Actividad económica	Unidades económicas ^{a/}	Condición de vulnerabilidad ^{b/}
Pesca	64	Alta
Minería	207	Media
Alimentaria	16 063	Media
- Congelación de frutas, verduras y guisos	7	
- Empacado y procesamiento de carnes	216	
Industria de las bebidas y del tabaco	983	Media
Fabricación de insumos textiles	198	Alta
Confección de productos textiles	318	Alta
Fabricación de productos de vestir	2 153	Alta
Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	421	Alta
Industria de la madera	1 443	Alta
Industria del papel	256	Alta
Industria química	524	Alta
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	27	Alta
Fabricación de cemento y productos de concreto	410	Alta
Industria metálica	179	Media
Fabricación de maquinaria y equipo	267	Media
- Fabricación de sistemas de aire acondicionado, calefacción y refrigeración industrial y comercial	22	

Fuente: DGPCCA con datos de: a/ INEGI (2006) y b/ Sánchez-Salazar (2004)



4.6. Salud Humana

La salud pública depende de suficientes alimentos, agua potable de calidad, viviendas seguras, buenas condiciones sociales y un entorno ambiental y social adecuado para prevenir, evitar y controlar diversas enfermedades. Sin embargo, todos estos elementos pueden verse afectados por el clima. Las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, pueden causar disturbios fisiológicos y daños a la salud humana, provocando enfermedades e incluso la muerte. Se proyecta que bajo un escenario de aumento de la temperatura global, los problemas más graves para la salud se producirán en las ciudades de latitudes medias y elevadas, pero los inviernos más benignos en los climas más templados probablemente reducirían las muertes relacionadas con el frío (PNUMA, 2007).

Las altas temperaturas y la exposición directa al sol durante largos periodos pueden causar enfermedades, todas ellas agrupadas bajo el nombre de hipertermia. Éstas pueden consistir en calambres en el área del abdomen, brazos y piernas; hinchazón (edema) en tobillos y pies; mareo repentino (síncope); fatiga, insolación (golpe de calor) e irritación en la piel (salpullido). Las personas mayores, los bebés y niños de hasta 4 años de edad, las personas con enfermedades cardiovasculares, del riñón y pulmón, así como con diabetes y sobrepeso, son particularmente vulnerables porque el calor extremo puede exacerbar su condición de salud (NIA, 2003, NCEH, 2004).

Debido a lo anterior, una de las consecuencias directas del cambio climático en los seres humanos consiste en el aumento de la morbilidad y mortalidad en periodos de clima extremo como las olas de calor (Lema, 2002). Un claro ejemplo es el ocurrido en el verano de 2003 cuando fallecieron más de setenta mil personas en Europa, tan solo en Francia fueron alrededor de 15 mil decesos (Robine, Cheung, Le Roy, *etl al.*, 2007).

Al respecto, la Secretaría del Salud estatal, por conducto del Instituto de Salud del Estado de México (ISEM), ha implementado el Programa Temporada de Calor, el cual comprende el periodo de marzo a septiembre. Dicho programa se desarrolla en los 125 municipios de la entidad, con énfasis en aquéllos que presentan amenaza de altas temperaturas como Tenancingo, Valle de Bravo, Tejupilco, Ecatepec, Nezahualcóyotl y Amecameca; y tiene un universo de atención prioritaria de 1 millón 346 mil 613 niños menores de 5 años y de 1 millón 90 mil 178 adultos mayores de 60 años (ISEM, s. a.).

Las sequías y las inundaciones también representan serios problemas para la salud humana. Los mayores impactos a la salud consisten en el aumento de enfermedades gastrointestinales ya que, por un lado, la escasez de agua implica la falta de higiene y aseo personal y, por consiguiente, la acumulación de bacterias y agentes patógenos; y por el otro, el agua potable resulta contaminada por las inundaciones. En este sentido, es importante señalar que las enfermedades diarreicas afectan el crecimiento y desarrollo de los menores y pueden tener como complicaciones la deshidratación y la desnutrición, lo cual pone en peligro la vida de este estrato de la población (Lema, 2002; PNUMA, 2007).

Considerando lo anterior, en el Estado de México, actualmente la mortalidad por enfermedades infecciosas intestinales representa entre 1.2 % y 1.6 % del total de defunciones; asimismo, poco más de 26 % de las causas de muerte en la entidad son provocadas por diabetes *mellitus* y enfermedades del corazón. Entonces, un aumento en la temperatura en las regiones de alto riesgo en el Estado podría inducir el incremento en la proporción de muertes debido a estas causas.

En este sentido, se requiere de estudios estatales específicos para determinar la magnitud de los impactos, tanto positivos como negativos, en la morbilidad y mortalidad relacionados con el cambio climático. En dichos estudios se tendrán que considerar los cambios en la pirámide poblacional para el año 2050, (la cual mostrará mayor cantidad de adultos) los niveles de pobreza y todas las variables socioeconómicas que influyen en la salud humana.

Por otra parte, los estudios sobre cambio climático y salud humana en México se han enfocado hacia el análisis de la incidencia de enfermedades tales como el cólera, dengue y malaria, y hacia la relación entre el asma y la diarrea con el cambio climático. Y es que el clima siempre ha tenido un papel preponderante en las enfermedades causadas por vectores como los mosquitos, garrapatas, pulgas, moscas y otros insectos (Lema, 2002). Es posible que frente al cambio climático el ciclo de vida de estos vectores se modifique aumentando, por ejemplo, su tasa de reproducción y su área de distribución. De tal forma que las enfermedades tropicales como el dengue, limitadas por un gradiente de temperatura, llegarán hasta zonas que hoy en día son templadas o frías, pero que en el futuro serán más cálidas y, por lo tanto, habrá condiciones propicias para que se desarrollen. Por eso, un cambio en la redistribución de los agentes infecciosos y sus portadores puede ser el primer signo de una amenaza ante el cambio climático. En el cuadro 4.11 se presentan los casos comprobados de paludismo y dengue en el Estado de México.

Cuadro 4.11. Enfermedad transmitida según vector en la entidad (2000-2006)		
Número de casos confirmados		
Año	Paludismo	Dengue
2000	0	0
2001	0	37
2002	0	61
2003	0	0
2004	0	29
2005	SI	SI
2006	I	7

SI = sin información

Fuente: SS (2006); ISEM (2006)



Otro tipo de estudios analizan los cobeneficios que resultarían de la reducción de la concentración de contaminantes atmosféricos y de GEI en la salud de los habitantes de la ZMVM (Véase *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la ZMVM 2002-2010* en el capítulo 5) así como los beneficios inmediatos sobre la salud que pueden obtenerse al adoptar tecnologías existentes para reducir emisiones de GEI en ciudades como México, Nueva York, Santiago y Sao Paulo. A partir de estos estudios se conoce, por ejemplo, que con la adopción de tecnologías de mitigación de GEI se podría reducir las partículas suspendidas y el ozono en 10 %, con lo cual se evitarían 64 mil muertes prematuras, 65 mil casos de bronquitis crónica y 37 millones de días-persona de actividad restringida o pérdida de trabajo (Lema, 2002).

4.7. Escenarios Futuros

El IPCC ha proyectado diversos escenarios de emisiones y concentraciones de GEI para estimar los cambios en el clima del planeta. A esta serie de escenarios de emisiones se les conoce como Informes Especiales sobre Escenarios de Emisiones (SRES, por sus siglas en inglés) y se basan en diversas hipótesis sobre el desarrollo socioeconómico del planeta. Estos escenarios se clasifican en:

A1: Emisiones Altas. Rápido desarrollo económico mundial y de la población.

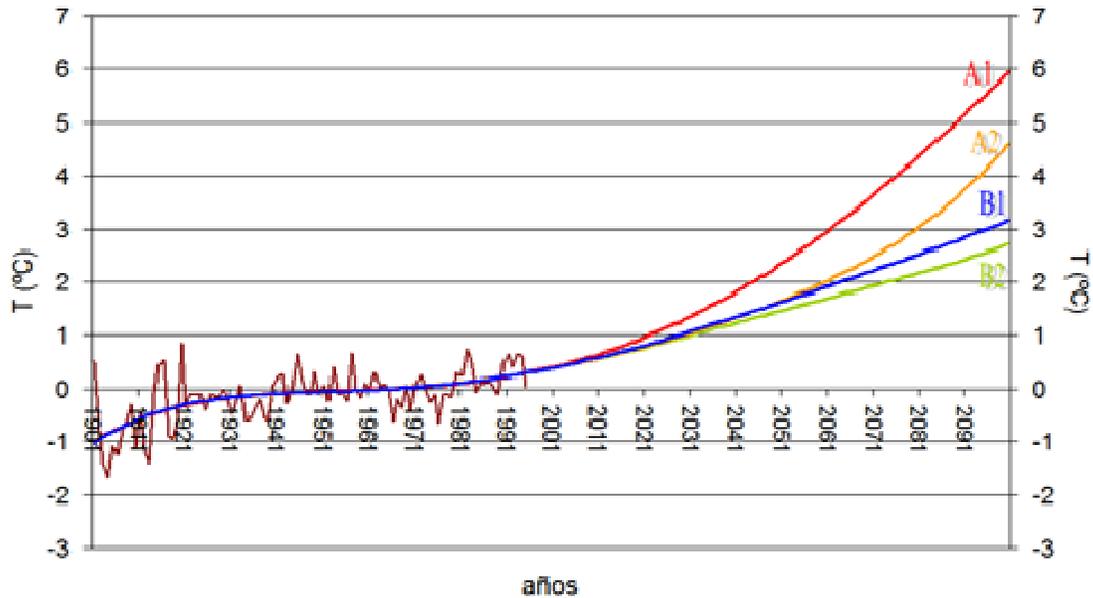
A2: Emisiones Media-Alta. Desarrollo económico más regionalizado.

B1: Emisiones Bajas. Tendencia a un desarrollo global ambientalmente sustentable.

B2: Emisiones Media-Baja. Tendencia a un desarrollo regionalizado ambientalmente sustentable.

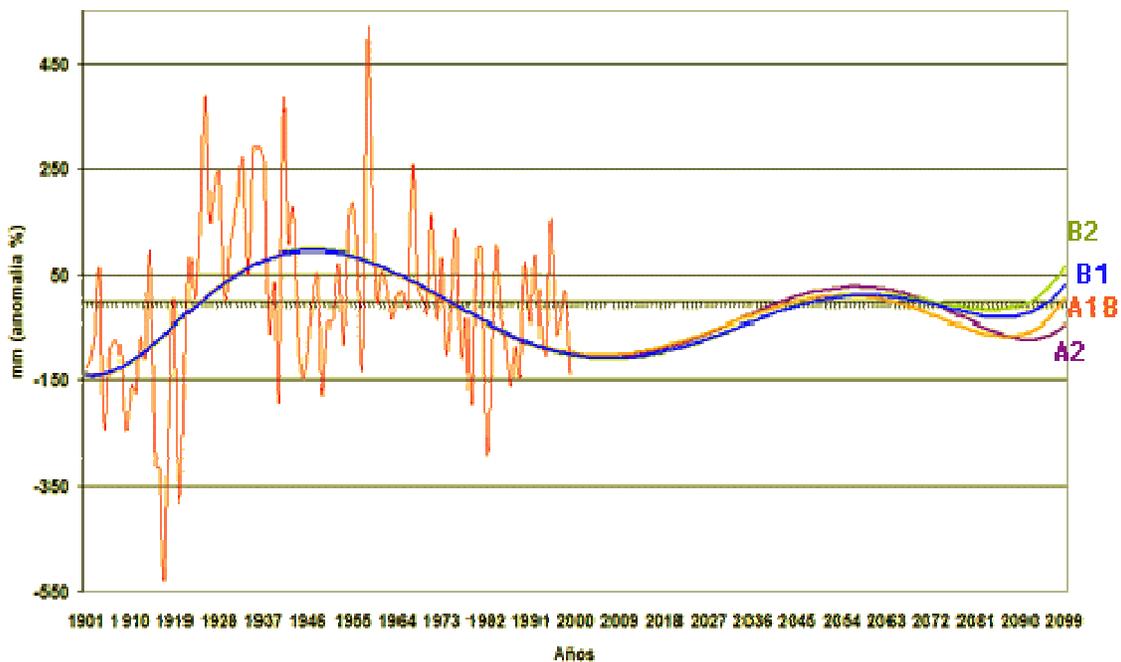
De acuerdo con estos escenarios, en términos generales, el clima de México será entre 2 y 4 °C más cálido alrededor del año 2050. Durante las primeras décadas del siglo XXI no se distinguen marcadas diferencias si las emisiones siguen el escenario A2 o el B2. Pero después del clima de 2050 las diferencias serán más marcadas. Esto denota la importancia de promover estrategias de mitigación. Para el caso particular del Estado de México, en las gráficas 4.1 y 4.2 se pueden ver las variaciones estimadas de temperatura y de precipitación, así como las distintas proyecciones bajo diferentes escenarios realizadas por el INE-SEMARNAT y el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

Gráfica 4.1. Variación de la temperatura en el Estado de México y tendencia bajo distintos escenarios (1901-2099)



Retomado de: INE http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_mexico.html

Gráfica 4.2. Variación de la precipitación en el Estado de México y tendencia bajo distintos escenarios (1901-2099)



Retomado de: INE http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_mexico.html



Con base en lo anterior, se han proyectado escenarios climáticos para los años 2020, 2050 y 2080 (correspondientes a los periodos 2010-2039, 2040-2069 y 2070-2099) para el Estado de México:

- Escenario 2020: Precipitación total anual disminuirá 5-10 %
Temperatura media anual aumentará 0.8-1.2 °C
- Escenario 2050: Precipitación total anual disminuirá 5-10 %
Temperatura media anual aumentará 1.0-2.0 °C
- Escenario 2080: Precipitación total anual disminuirá 5-20 %
Temperatura media anual aumentará 2-4 °C

Como se puede apreciar, en todos los casos hay un aumento en la temperatura y una disminución en la precipitación. En el caso de la temperatura, el aumento máximo se espera en el escenario 2080 el cual será de 2 a 4 °C. Si bien, todos los modelos indican aumento en la temperatura, dando con ello certeza en el sentido de los cambios, aún existe incertidumbre en su magnitud.

Para el caso de la precipitación la incertidumbre es aún mayor, pues se deben considerar los eventos extremos como huracanes y frentes fríos, sobre todo estos últimos, los cuales tienen gran influencia en el territorio estatal. Es posible que los frentes fríos se vuelvan menos frecuentes, pero es incierto en qué medida tal disminución podría afectar las precipitaciones.