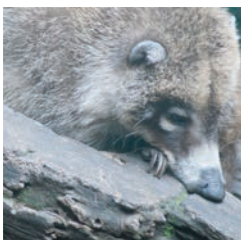


# MORELOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

## ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS



Ma. Laura Ortiz-Hernández  
Enrique Sánchez-Salinas  
María Luisa Castrejón-Godínez  
Horacio Terrazas-Hoyos  
Alexis Joavany Rodríguez Solís  
Rosa Estela Quiroz-Castañeda  
Julio César Lara Manrique





MORELOS FRENTE AL  
CAMBIO CLIMÁTICO

ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS



# MORELOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS

Ma. Laura Ortiz-Hernández  
Enrique Sánchez-Salinas  
María Luisa Castrejón-Godínez  
Horacio Terrazas-Hoyos  
Alexis Joavany Rodríguez Solís  
Rosa Estela Quiroz-Castañeda  
Julio Cesar Lara Manrique



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Programa de Gestión Ambiental Universitario

Esta publicación fue financiada por SEMARNAT-CONACYT, proyecto sectorial 108384.

Morelos frente al cambio climático : Análisis y perspectivas / Ma. Laura Ortiz Hernández ... [y otros seis autores].- México : Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 2013.

153 p. : il. col.

ISBN 978-607-8332-02-1 UAEM

1. Cambio climático – México – Morelos (Estado) 2. Cambio climático – Aspectos ambientales – México – Morelos (Estado) 3. Cambio climático – Aspectos económicos – México – Morelos (Estado) I. Ortiz Hernández, Ma. Laura, aut.

LCC QC903.2.M67

DC 363.738740972

Morelos frente al cambio climático: Análisis y perspectivas.  
Ma. Laura Ortiz Hernández, Enrique Sánchez Salinas, María Luisa Castrejón Godínez, Horacio Terrazas Hoyos, Alexis Joavany Rodríguez Solís, Rosa Estela Quiroz Castañeda y Julio Cesar Lara Manrique

Primera edición, 2013

D.R. © 2013, Ma. Laura Ortiz Hernández, Enrique Sánchez Salinas, María Luisa Castrejón Godínez, Horacio Terrazas Hoyos, Alexis Joavany Rodríguez Solís, Rosa Estela Quiroz Castañeda y Julio Cesar Lara Manrique

D.R. © 2013, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Av. Universidad 1001

Col. Chamilpa,

C.P. 62209

Cuernavaca, Morelos

publicaciones@uaem.mx

Ilustración de portada: Enrique Sánchez-Salinas

Fotografías: Enrique Sánchez-Salinas, Horacio Terrazas Hoyos y Tania Sánchez Ortiz

ISBN: 978-607-8332-02-1 UAEM

Impreso en México. Reservados los derechos

# CONTENIDO

---

<b>ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS</b> .....	<b>i</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Conceptos generales.....	4
1.3. Efectos e impactos del cambio climático a nivel mundial y en México.....	6
1.4. Estrategias generales para enfrentar el cambio climático.....	7
1.5. Política internacional y nacional ante el cambio climático.....	8
<b>2. SÍNTESIS DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO DEL ESTADO DE MORELOS</b> .....	<b>11</b>
2.1. Principales fuentes de emisión de GEI en el estado de Morelos .....	11
2.2. Tendencia de las emisiones de GEI en el estado de Morelos .....	12
2.3. Comparación de las emisiones de GEI en Morelos con respecto a las nacionales .....	16
2.4. Análisis de fuentes clave por nivel.....	17
2.5. Generación per cápita de GEI en el estado de Morelos .....	20
<b>3. ANÁLISIS Y ESCENARIOS CLIMÁTICOS</b> .....	<b>23</b>
3.1. Análisis climático.....	24
3.2. Escenarios climáticos.....	25
3.3. Regionalización de escenarios climáticos.....	29
<b>4. VULNERABILIDAD DE SECTORES CLAVE ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	<b>33</b>
4.1. Vulnerabilidad del sector agua.....	33
4.2. Vulnerabilidad del sector biodiversidad .....	39
4.3. Vulnerabilidad del sector agricultura de temporal.....	45
4.3.1 Potencial productivo del maíz de temporal ante el cambio climático .....	51
4.4. Vulnerabilidad del sector salud.....	52
<b>5. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RIESGO</b> .....	<b>57</b>
5.1. Factores de riesgo geológicos.....	57
5.2. Factores de riesgo hidrometeorológicos .....	59
5.3. Factores de riesgo químicos .....	64
<b>6. LA MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO COMO ESTRATEGIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	<b>67</b>
6.1. Introducción .....	67
6.2. Energía .....	69
6.3. Procesos industriales.....	78
6.4. Agricultura y ganadería.....	82
6.5. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSyS).....	87
6.6. Residuos.....	92



<b>7. LA ADAPTACIÓN COMO ESTRATEGIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.....</b>	<b>97</b>
7.1. Introducción .....	97
7.2. Energía .....	99
7.3. Procesos industriales .....	101
7.4. Agricultura y ganadería.....	103
7.5. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSyS).....	106
7.6. Residuos.....	109
7.7. Agua .....	112
7.8. Biodiversidad .....	116
7.9. Turismo .....	119
<b>8. EDUCACIÓN AMBIENTAL Y COMUNICACIÓN .....</b>	<b>123</b>
<b>9. GÉNERO Y CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	<b>131</b>
<b>10. CONSIDERACIONES FINALES.....</b>	<b>137</b>
<b>LITERATURA CONSULTADA.....</b>	<b>141</b>

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

---

<b>AED</b>	Análisis espacial distribuido
<b>ANIDE</b>	Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A. C.
<b>CEAMA</b>	Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente
<b>CECADESU</b>	Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	Dióxido de carbono equivalente
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>COBIO</b>	Corredor biológico
<b>CONABIO</b>	Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad
<b>CONACYT</b>	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
<b>CONAFOR</b>	Comisión Nacional Forestal
<b>CONAGUA</b>	Comisión Nacional del Agua
<b>COVDM</b>	Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano
<b>DGB</b>	Dirección General del Bachillerato
<b>DOF</b>	Diario Oficial de la Federación
<b>EA</b>	Educación ambiental
<b>EDA's</b>	Enfermedades diarreicas agudas
<b>EE.UU</b>	Estados Unidos
<b>EE</b>	Energía eléctrica
<b>FAO</b>	Organización para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés)
<b>Gas LP</b>	Gas licuado del petróleo
<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero
<b>Gg</b>	Gigagramos
<b>Ha</b>	Hectárea
<b>HCFCs</b>	Hidroclorofluorocarbonos
<b>HFCs</b>	Hidrofluorocarbonos
<b>hm<sup>3</sup></b>	Hectómetro cúbico
<b>ICA</b>	Índice de calidad del agua
<b>IEBEM</b>	Instituto de la Educación Básica del Estado de Morelos
<b>IES</b>	Instituciones de Educación Superior
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Ecología
<b>INECC</b>	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>INFONAVIT</b>	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
<b>INSP</b>	Instituto Nacional de Salud Pública

<b>IPCC</b>	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
<b>IRA's</b>	Infecciones respiratorias agudas
<b>IVRH</b>	Índice de vulnerabilidad del recurso hídrico
<b>LED</b>	Diodos emisores de luz (por sus siglas en inglés)
<b>LGCC</b>	Ley General de Cambio Climático
<b>MDL</b>	Mecanismo de Desarrollo Limpio
<b>mm</b>	Milímetro
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>N<sub>2</sub></b>	Nitrógeno
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido nitroso
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>OMM</b>	Organización Meteorológica Mundial
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>PEMEX</b>	Petróleos Mexicanos
<b>PFCs</b>	Perfluorocarbonos
<b>PNUD</b>	Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>PROCER</b>	Programa de Conservación de Especies en Riesgo
<b>PROFEPA</b>	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
<b>REDD</b>	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
<b>RETC</b>	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
<b>SAGARPA</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
<b>SEDAGRO</b>	Secretaría de Desarrollo Agropecuario
<b>SEDESOL</b>	Secretaría de Desarrollo Social
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía
<b>SF<sub>6</sub></b>	Hexafluoruro de carbono
<b>SIE</b>	Sistema de Información Energética
<b>SO<sub>2</sub></b>	Bióxido de azufre
<b>ton</b>	Tonelada(s)
<b>UNICEDER</b>	Unidad de Investigación, Capacitación y Evaluación para el Desarrollo Rural
<b>UAEM</b>	Universidad Autónoma del Estado de Morelos
<b>UICN</b>	International Union for Conservation of Nature (por sus siglas en inglés)
<b>USCUSyS</b>	Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura

## PRESENTACIÓN

---

El calentamiento global es un problema íntimamente relacionado con las actividades cotidianas de la población, debido a que éstas contribuyen de manera significativa a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) como consecuencia de la quema de combustibles fósiles, principalmente. Debido a esto, la comunidad internacional ha asumido su responsabilidad ambiental ante el cambio climático a través del *Protocolo de Kioto*.

México ha tomado gran conciencia sobre su compromiso internacional en materia de cambio climático y la reducción de los niveles de GEI, razón por la cual ha elaborado cinco *Comunicaciones Nacionales* ante la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMNUCC) y ha compartido este compromiso con todas las entidades que integran la República Mexicana.

El estado de Morelos reconoce este compromiso iniciando de manera sistemática la coordinación de esfuerzos interinstitucionales con la finalidad de establecer las condiciones necesarias para abordar esta importante problemática ambiental. Como consecuencia de este esfuerzo se publicaron los resultados del primer *Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*, donde se identifican las fuentes clave de emisión que en su conjunto contribuyen con el 95% de las emisiones estatales totales.

En este libro, además de incluir una síntesis de dicho Inventario, se proporciona información sobre el clima y los escenarios de cambio climático en Morelos, así como la vulnerabilidad en sectores clave (biodiversidad, agua, agricultura y salud). Esta información es la base para el diseño de estrategias de mitigación, adaptación, educación ambiental y comunicación. Un tema importante en la emisión de políticas públicas para el cambio climático es la identificación y comprensión de las diferencias en la vulnerabilidad de las mujeres y los hombres ante el cambio climático, por lo que el tema de género también se aborda en este libro.

La elaboración del presente libro fue coordinada por la *Universidad Autónoma del Estado de Morelos* (UAEM) y en él se establecen las bases científicas que permiten integrar, coordinar y fomentar la participación del sector público y privado, además de la sociedad civil, para la mitigación de emisiones de GEI y la captura de carbono con la finalidad de reducir los riesgos generados por el cambio climático.

El libro contiene nueve capítulos en los que se abordan diferentes aspectos relacionados con el cambio climático, como la generación de GEI, los escenarios climáticos y el análisis de vulnerabilidad de sectores clave. En los capítulos seis y siete se estudia la importancia de las estrategias de mitigación y adaptación en diferentes categorías clave para contender con los efectos del cambio climático; también se destaca, en el capítulo ocho, la importancia de la educación ambiental y la comunicación para la disminución de los impactos ocasionados por el cambio climático, así como la situación de género ante el cambio climático —temática abordada en el capítulo nueve—.

En este libro se pretende proporcionar las bases científicas que muestren la situación del estado de Morelos frente al cambio climático, así como promover el desarrollo de acciones públicas en la entidad morelense, con base en sus características naturales, sociales y económicas, para disminuir los riesgos generados por el cambio climático en la entidad.

La UAEM, como institución coordinadora de la presente obra, reconoce y agradece a todos los grupos de investigación participantes, principalmente al *Programa de Gestión Ambiental Universitario (PROGAU)*, perteneciente a dicha institución. Además, reconoce la participación de las diferentes instituciones, entre ellas, la *Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A.C. (ANIDE)*, la *FAUNAM A.C. (sede Morelos)*, el *Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del Instituto de Biología, UNAM*, la *Universidad Autónoma Chapingo (UACH)*, el *Instituto Nacional de Salud Pública (INSP)* y el *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)*.

Asimismo, la UAEM agradece el apoyo otorgado para el desarrollo e impresión de la presente obra a la *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)* y al *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)* a través del *Fondo Sectorial de Investigación Ambiental (proyecto 108384)*, así como al Gobierno del Estado de Morelos.



Relieve de la pirámide de Quetzalcóatl en la zona arqueológica de Xochicalco, Morelos. Las serpientes emplumadas que aparecen en el talud de los cuatro costados de la pirámide forman parte del logotipo de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.



# 1. INTRODUCCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

## 1.1. Antecedentes

El *Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático* (IPCC, por sus siglas en inglés) define al *clima* como “una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millones de años” (IPCC, 2007).

Dependiendo de las diferentes regiones del planeta, las variables naturales han generado diferentes tipos de climas, mismos que a través del tiempo han presentado cambios como una manifestación natural de la evolución del planeta. A la variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, se le denomina *cambio climático* (IPCC, 2007). Las causas del cambio climático pueden ser naturales y antropogénicas. Las primeras son generadas por la misma naturaleza y las segundas son consecuencia de las acciones del hombre; sin embargo, en la mayoría de los casos, las dos formas están relacionadas.

El IPCC ha manifestado en su primer informe (1990) que el calentamiento global es “inequívoco, como evidencian los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar”. Este incremento de la temperatura media global es de 0.74°C y ocurre como resultado de las actividades humanas; además, las precipitaciones han aumentado entre un 5 y un 10% en la mayor parte de las latitudes medias y altas de los continentes del hemisferio norte, pero las precipitaciones han disminuido en un promedio del 3% sobre una gran parte de las áreas terrestres subtropicales. El IPCC reitera que las manifestaciones del cambio de clima y los eventos meteorológicos extremos serán más frecuentes y severos conforme avance el siglo XXI.



El IPCC, en su *Tercer Informe de Evaluación: Cambio Climático 2001*, ha demostrado con evidencias científicas que el cambio climático está influenciado por las actividades humanas, especialmente por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) contribuyendo de esta manera al calentamiento global (Figura 1.1). Así, se ha demostrado que las actividades humanas generan



**Figura 1.1.** Existen evidencias científicas que demuestran que las actividades humanas contribuyen de forma significativa con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

principalmente emisiones de cuatro GEI: el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los halocarbonos (grupo de gases que contienen flúor, cloro o bromo). El  $\text{CO}_2$  como gas de efecto invernadero antropogénico es el más importante; sus emisiones anuales aumentaron alrededor de un 80% entre 1970 y 2004. Las concentraciones atmosféricas de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  han aumentado notablemente desde 1750 y son actualmente muy superiores a los valores preindustriales (López, 2009).

En la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMNUCC, 2007) se mencionó que cada país debe elaborar y facilitar inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas para las fuentes de todos los GEI por lo que, a partir de esto, surgieron los compromisos para disminuir las emisiones de GEI. En cuanto a México, en 1992 inicia su participación en la CMNUCC para la disminución de GEI, comprometiéndose de manera internacional a integrar inventarios de emisiones evaluadas por el IPCC y con ello dar cumplimiento a los compromisos del *Protocolo de Kioto*.

El estado de Morelos, así como las demás entidades federativas, plantea generar medidas para mitigar de manera paulatina y permanente una cantidad importante de emisiones de GEI. Para reducir la tasa y magnitud propia del cambio climático es necesario disminuir las causas humanas que lo han generado, a través de acciones de mitigación y, para ello, es importante en primer término conocer el tipo y cantidad de GEI que se generan en el país y particularmente en el estado de Morelos.

Complementariamente se busca promover la adaptación al cambio climático para minimizar los impactos y tomar ventaja de nuevas oportunidades (Wreford *et al.*, 2010).

Adaptarse a los efectos del cambio climático en conjunto con las medidas de mitigación son las acciones fundamentales que deben atender los países que conforman la CMNUCC, la cual establece que además de planear cómo mitigar los cambios climáticos futuros, el mundo tiene que adaptarse a fenómenos como el aumento de la temperatura media, la variación de las estaciones anuales y la frecuencia constante de eventos atmosféricos extremos (López, 2009).

En México, el 6 de junio de 2012 se publicó la *Ley General de Cambio Climático* (LGCC), que establece definiciones, distribuye competencias y señala atribuciones en los tres órdenes de gobierno; asimismo, define los principios y los instrumentos básicos para la política de cambio climático y plantea los objetivos tanto para la política de adaptación como para la de mitigación. La LGCC establece, entre otros aspectos, que algunos de los objetivos de la política nacional de adaptación son: reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático, y fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos. En su artículo 5º establece que “la federación, las entidades federativas, el Distrito Federal y los municipios ejercerán sus atribuciones para la mitigación y adaptación al cambio climático de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta ley y en los demás ordenamientos legales aplicables”. Adicionalmente, en esta ley se establecen las atribuciones de las entidades federativas, dentro de las cuales se pueden mencionar las siguientes: “formular, conducir y evaluar la política estatal en materia de cambio climático en concordancia con la política nacional; formular, regular, dirigir e instrumentar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, de acuerdo con la Estrategia Nacional; incorporar en sus instrumentos de política ambiental, criterios de mitigación y adaptación al cambio climático; elaborar e instrumentar su programa en materia de cambio climático, promoviendo la participación social, escuchando y atendiendo a los sectores público, privado y sociedad en general; fomentar la investigación científica y tecnológica, el desarrollo, transferencia y despliegue de tecnologías, equipos y procesos para la mitigación y adaptación al cambio climático (Figura 1.2); desarrollar estrategias, programas y proyectos integrales de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero para impulsar el transporte eficiente y

sustentable, público y privado; realizar campañas de educación e información para sensibilizar a la población sobre los efectos adversos del cambio climático”, entre las principales.



**Figura 1.2.** Las entidades que integren la República Mexicana deben fomentar la investigación científica y tecnológica, el desarrollo, la transferencia y el despliegue de tecnologías, equipos y procesos para la mitigación de gases de efecto invernadero.

Dentro de este contexto surge este libro en el que se integran propuestas de expertos de instituciones públicas y privadas, de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y de la población en general, obtenidas a través de cursos, talleres y de las consultas organizadas *ex profeso*.

## 1.2. Conceptos generales

**Cambio climático.** La CMNUCC, en su artículo 1º, define al cambio climático como: “cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial, y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (CMNUCC, 1992). El cambio climático, por lo tanto, es la alteración del clima de la Tierra que está relacionado con factores naturales o es el resultado de las actividades humanas. En los últimos ciento cincuenta años este problema obedece principalmente a la quema de combustibles fósiles, fenómeno que ha provocado una mayor concentración de GEI (IPCC, 2007).

**Efecto invernadero.** La superficie de la Tierra es calentada por el sol, que emite radiaciones infrarrojas en todas direcciones; este calor es atrapado en la troposfera en un proceso natural llamado *efecto invernadero*. La troposfera está constituida principalmente de oxígeno (O<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>) y vapor de agua y compuestos traza tales como CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Los tres primeros son conocidos como los principales GEI, sin embargo, los hidrofluorocarbonos (HFCs), hidroclorofluorocarbono (HCFCs) y el hexafluoruro de carbono (SF<sub>6</sub>), provenientes de los sistemas de refrigeración, contribuyen de manera significativa a este efecto (González *et al.*, 2003).

**Gases de efecto invernadero (GEI).** Los GEI se dividen en dos tipos de acuerdo con su relación en la generación del forzamiento radiativo:

1. **GEI directos:** Son los gases que inducen directamente el forzamiento radiativo y el calentamiento global, y son: el CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub>, el N<sub>2</sub>O y los halocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).
2. **GEI indirectos:** Son aquellos gases que contribuyen indirectamente al forzamiento radiativo por medio de su impacto en la química atmosférica, ya que pueden modificar la formación atmosférica de los GEI directos o contribuir con la formación de aerosoles. Entre ellos se encuentran: los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el monóxido de carbono (CO), el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el ozono (O<sub>3</sub>) y los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM).

Las emisiones de GEI provienen de dos fuentes: naturales y antropogénicas. La mayor parte de los GEI se generaban de forma natural, sin embargo, a partir de la revolución industrial del siglo XVIII, son generados principalmente por la acción del hombre (Figura 1.1) (Duarte *et al.*, 2006). El principal GEI generado por las actividades humanas es el CO<sub>2</sub>, que representa aproximadamente el 75% del total de emisiones de GEI en el mundo. El CO<sub>2</sub> se libera principalmente de la quema de combustibles fósiles tales como el carbón, el petróleo o el gas natural. Los combustibles fósiles siguen siendo las fuentes más utilizadas para producir energía eléctrica y calorífica a nivel mundial.

Los árboles y las plantas desempeñan un papel importante en la absorción de CO<sub>2</sub> atmosférico y la producción de O<sub>2</sub>; sin embargo, en la actualidad existe un proceso de deforestación, tala, remoción y quema de los bosques

en todos los continentes. Por tal motivo, es de suma importancia la conservación de los bosques del planeta, los cuales contribuyen en la absorción de parte del exceso de CO<sub>2</sub> que se genera anualmente por causas antropogénicas (Figura 1.3).



**Figura 1.3.** La conservación de selvas y bosques representa una estrategia de mitigación de gases de efecto invernadero por su capacidad para almacenar bióxido de carbono.

### 1.3. Efectos e impactos del cambio climático a nivel mundial y en México

El fenómeno del cambio climático actual tiene repercusiones mundiales en las condiciones de la atmósfera, ecosistemas terrestres y marinos, aunque impacta de manera diferente a las distintas regiones del planeta. Los impactos generados por este fenómeno son de carácter irreversible y ponen en riesgo tanto la biodiversidad, los ecosistemas, los sistemas productivos y la infraestructura, así como la forma de vida en general de la sociedad (Figura 1.4). Además, el cambio en las condiciones climáticas puede incidir en el surgimiento de nuevas enfermedades o la expansión de epidemias.



**Figura 1.4.** El cambio climático representa una de las principales amenazas para la diversidad biológica.

Las consecuencias son cada vez más evidentes y alarmantes (Figura 1.5). Dentro de los impactos ocasionados por el cambio climático se pueden destacar los siguientes:

- Deshielo de los casquetes polares y glaciares
- Incremento del nivel del mar
- Aumento de la temperatura
- Fenómenos meteorológicos extremos tales como huracanes, inundaciones, sequías, nevadas atípicas y olas de calor
- Escases de agua potable
- Impactos en la salud humana con la propagación de plagas y enfermedades
- Repercusiones en las áreas agrícolas
- Pérdida de bosques y selvas
- Pérdida de biodiversidad



**Figura 1.5.** El incremento de temperatura, la variabilidad de las precipitaciones y la mayor demanda evaporativa de la atmósfera reducen el valor promedio anual de la reserva hídrica del suelo y los cambios resultantes afectarán los múltiples servicios productivos, ambientales y sociales proporcionados por los ecosistemas terrestres.

México no es ajeno a estas afectaciones, de hecho, es uno de los países más vulnerables ante el cambio climático. Los impactos de este fenómeno en nuestro país ya se resienten en diversas regiones y son considerados un tema de seguridad estratégica por parte del gobierno mexicano.

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

El cambio climático representa una crisis ambiental, energética y económica de dimensiones substanciales. Para hacer frente a esta crisis, se han desarrollado dos estrategias generales básicas: la

adaptación y la mitigación, que se abordarán a mayor detalle en los capítulos seis y siete del presente libro. De manera general, la adaptación consiste en articular mecanismos de respuesta ante los cambios, así como acciones orientadas a reducir la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático. Ésta requiere, tanto de recursos económicos y técnicos, así como

de 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 y eliminar las causas de la crisis, esto es, reducir las emisiones de GEI. Para ponerla en práctica debemos modificar procedimientos, usar tecnologías limpias y eficientes, así como fomentar prácticas ecológicas, ya sea para compensar o para evitar más emisiones de GEI (Figura 1.6).

Para que las estrategias de adaptación y la mitigación sean efectivas, deben trabajarse simultáneamente, y no consecutivamente, incluyendo además un cambio en nuestra perspectiva ética-ambiental (Salazar y Macera, 2010).

### 1.5. Política internacional y nacional ante el cambio climático

Para afrontar el cambio climático, la *Organización de las Naciones Unidas (ONU)* ha implementado una serie de acciones. En 1988 se creó el IPCC, una organización de científicos de todo el mundo establecida conjuntamente por la *Organización Meteorológica Mundial (OMM)* y el *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)*, con el mandato de analizar la información científica necesaria para abordar el problema del cambio climático y evaluar sus consecuencias medioambientales y socioeconómicas. Esta organización ha sido un importante apoyo para la elaboración de las políticas internacionales. En el año 2007, el IPCC publicó su cuarto reporte y por su contribución a este tema obtuvo el *Premio Nobel de la Paz*.



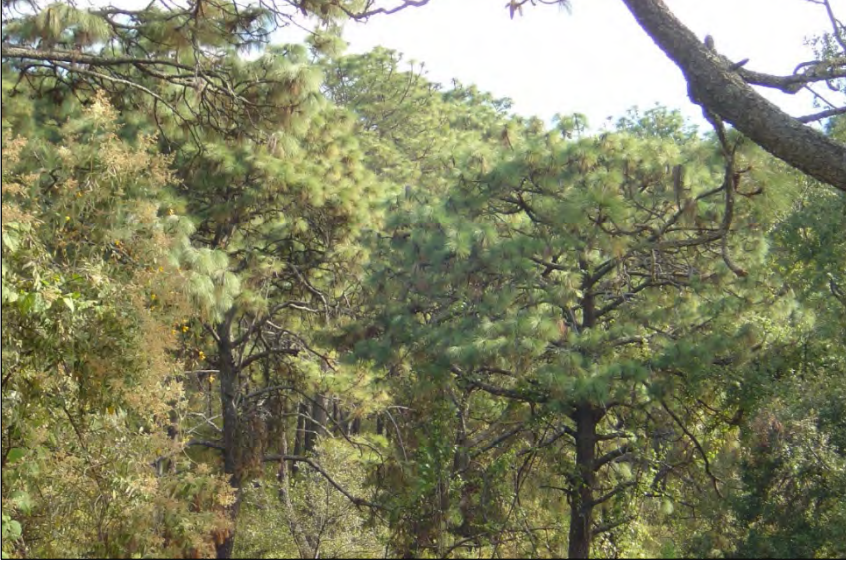
**Figura 1.6.** El desarrollo de tecnologías limpias y eficientes para la generación de energía permite la sustitución gradual de procesos basados en el consumo de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón). La seguridad energética y la disminución de las emisiones de bióxido de carbono presentan nuevos retos ambientales, económicos y estratégicos para las relaciones geopolíticas mundiales.

En el año 1994 se creó la CMNUCC con la intención de brindar un marco jurídico para poder tomar medidas de mitigación y adaptación a la modificación del sistema climático global. Desde sus inicios, la CMNUCC determinó la necesidad de afrontar el cambio climático desde una perspectiva de equidad entre naciones, pero reconociendo responsabilidades diferenciadas. En una de las reuniones de dicha organización, México estableció una serie de compromisos a fin de enfrentar los problemas derivados de los posibles efectos del cambio climático global.

Como eje central para la mitigación de las emisiones de GEI, en 1997 fue propuesto por la CMNUCC el *Protocolo de Kioto*, el cual entró en vigor en 2005. El protocolo establece la obligación que tienen los países desarrollados de reducir en un 5% sus emisiones de seis GEI, tomando como base las emisiones de 1990 y teniendo como plazo el período comprendido entre 2008 y 2012 (Huacuja, 2006).

Siguiendo con esto, se creó el *Plan de Acción de Bali*, el cual se enfocó en las acciones ante el cambio climático, con el fin de implementar una segunda fase de acuerdos posteriores al *Protocolo de Kioto* en 2012. La meta es lograr reducciones del 50% para el año 2040. Para el período 2013-2017, los países industrializados tendrían que reducir sus emisiones en un 18% respecto a 1990 y en un 30% entre 2018-2022. En Bali se reabrió el debate respecto a la importancia de los bosques y selvas como regiones de captura y reservas de carbono, bajo los rubros de uso de suelo y cambio de uso de suelo, así como la relevancia de las prácticas forestales (Figura 1.7). Además, hubo avances significativos respecto a los instrumentos de financiamiento y transferencia de tecnologías para implementar las estrategias de adaptación.





**Figura 1.7.** La vegetación tiene la capacidad de asimilar el carbono e incorporarlo a su estructura, es decir, lo fija y lo mantiene almacenado por largos períodos a través de la fotosíntesis. Es por esta razón que los bosques son importantes sumideros de carbono. En México, aproximadamente el 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub> se originan en los procesos de deforestación, cambio de uso del suelo y quema de leña.

## 2. SÍNTESIS DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO DEL ESTADO DE MORELOS

Actualmente se ha publicado el *Inventario de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Morelos* (Ortiz-Hernández et al., 2013), en el cual se especifican las emisiones de los gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, principalmente. También se abordan categorías como *energía, procesos industriales, agricultura, uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSyS) y residuos*. Para realizar una comparación entre las emisiones de GEI provenientes de todas las categorías, los valores de cada gas fueron convertidos a unidades de CO<sub>2</sub>-equivalentes (CO<sub>2</sub>-eq), facilitando la interpretación de los datos, así como la comparación entre las fuentes emisoras.

### 2.1. Principales fuentes de emisión de GEI en el estado de Morelos

En Morelos, las cinco principales fuentes de emisiones son: la combustión proveniente del transporte terrestre (categoría *energía*) (Figura 2.1), las producciones de cemento y de caliza (categoría *procesos industriales*), el manejo de aguas residuales (provenientes principalmente de la industria) y la disposición de residuos sólidos (categoría *residuos*).



**Figura 2.1.** El control de la demanda de transporte y la mejora de la eficiencia de los modos de transporte determinan la sostenibilidad del modelo energético del transporte.

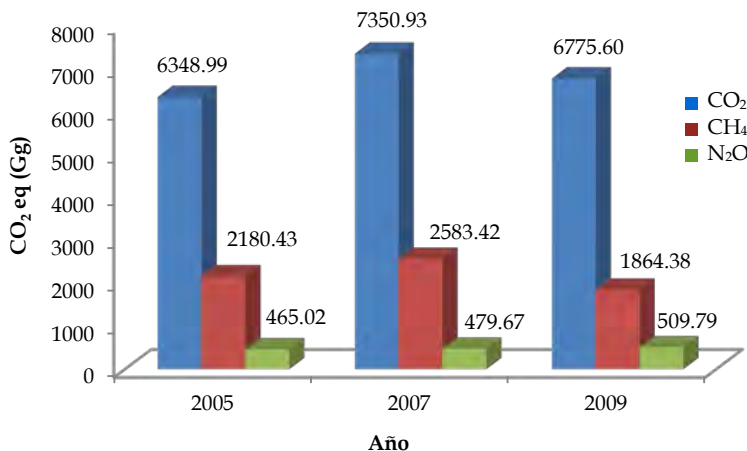
En la tabla 2.1 se muestra un resumen de las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq generadas en los años 2005, 2007 y 2009 donde se incluyen a todas las categorías y las fuentes de emisión señaladas; también se puede observar el total de emisiones por cada año evaluado, el total de emisiones por categoría y el gas originado a partir del cual se realizó el cálculo para obtener los datos en unidades de CO<sub>2</sub>-eq.

## **2.2. Tendencia de las emisiones de GEI en el estado de Morelos**

El análisis de la tendencia de las emisiones de GEI se realizó en términos de CO<sub>2</sub>-eq, pero se especificó el gas de donde provienen las emisiones totales. En cuanto al aporte de emisión de CO<sub>2</sub>, se ha registrado una variación entre el año 2005 y el 2007, incrementándose un 13.61%. No obstante, para el año 2009 se presentó una disminución con respecto al 2007, pero un incremento del 6.34% con respecto al año base. Esta variación es resultado de un incremento en el consumo de energía eléctrica, acompañado de una menor producción en caliza. La tendencia que se ha observado en los GEI en Morelos durante los años 2005, 2007 y 2009, es que las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O (en CO<sub>2</sub>-eq) también han sufrido variaciones en los años evaluados: el CH<sub>4</sub> muestra una disminución del 16.95%, entre el año 2005 y 2009, mientras que el N<sub>2</sub>O muestra un incremento del 8.78% (Figura 2.2).

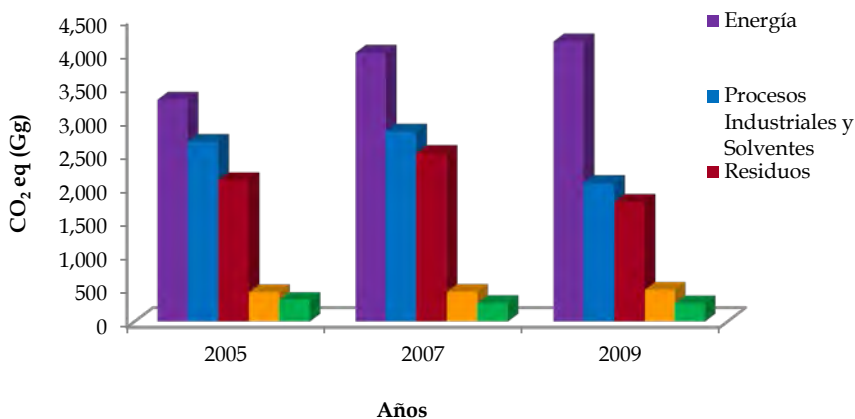
**Tabla 2.1.** Emisiones totales de CO<sub>2</sub>-equivalente en Morelos durante los años 2005, 2007 y 2009.

Categoría	Fuente de emisión	Gas	Cantidad de CO <sub>2</sub> -eq emitida/capturada (Gg)		
			2005	2007	2009
ENERGÍA	Industrial	CO <sub>2</sub>	54.9	74.3	55.08
		CH <sub>4</sub>	0.04	0.05	0.04
		N <sub>2</sub> O	0.16	0.22	0.16
	Comercial	CO <sub>2</sub>	85.39	103.89	94.63
		CH <sub>4</sub>	0.29	0.35	0.32
		N <sub>2</sub> O	0.25	0.31	0.28
	Residencial	CO <sub>2</sub>	387.75	375.44	338.51
		CH <sub>4</sub>	1.3	1.26	1.13
		N <sub>2</sub> O	1.15	1.11	1
	Agrícola	CO <sub>2</sub>	11.93	3.4	3.53
		CH <sub>4</sub>	0.02	0.01	0.01
		N <sub>2</sub> O	0.04	0.01	0.01
	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	2228.72	2369.14	2484.74
		CH <sub>4</sub>	106.71	113.24	122.34
		N <sub>2</sub> O	5.8	6.18	6.51
	Transporte aéreo	CO <sub>2</sub>	3.36	12.25	2.9
		CH <sub>4</sub>	0	0	0
		N <sub>2</sub> O	0.03	0.11	0.03
	Transporte acuático	CO <sub>2</sub>	1.24	1.23	1.23
		Consumo de energía eléctrica	CO <sub>2</sub>	521.75	1054.77
	<b>Total energía</b>		<b>3410.83</b>	<b>4117.27</b>	<b>4294.03</b>
PROCESOS INDUSTRIALES	Producción de cemento	CO <sub>2</sub>	1132.12	1259.03	1242.45
	Producción de caliza	CO <sub>2</sub>	1535.56	1561.19	813.15
	CO <sub>2</sub> por consulta en el RETC	CO <sub>2</sub>	69.49	266.74	290.82
	<b>Total procesos industriales</b>		<b>2737.17</b>	<b>3086.96</b>	<b>2346.42</b>
AGRICULTURA	Suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	410.01	418.26	446.81
	Manejo de estiércol	CH <sub>4</sub>	0.01	0.01	0.01
		N <sub>2</sub> O	6.2	6.2	6.2
	Quema de cultivo de caña de azúcar	CH <sub>4</sub>	6.13	6.5	5.94
		N <sub>2</sub> O	2.99	3.17	2.89
	Por cultivo de arroz	CH <sub>4</sub>	6.18	4.33	5.96
	Por fermentación entérica	CH <sub>4</sub>	0.15	0.14	0.15
<b>Total agricultura</b>		<b>431.67</b>	<b>438.61</b>	<b>467.96</b>	
USCUSyS	Cambio en la biomasa de bosques y otros tipos de vegetación leñosa	CO <sub>2</sub>	223.84	199.86	196.15
	Conversión de bosques y praderas	CO <sub>2</sub>	64.27	42.29	43.43
		CH <sub>4</sub>	0.01	0.21	0.01
	Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> del suelo	CO <sub>2</sub>	32.08	32.08	32.08
	Captura por abandono de tierras	CO <sub>2</sub>	-3.41	-4.68	-4.68
	<b>Total USCUSyS</b>		<b>316.79</b>	<b>269.76</b>	<b>266.99</b>
RESIDUOS	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	742.35	742.35	769.95
	Tratamiento de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	1315.89	1714.87	958.52
		N <sub>2</sub> O	38.36	44.1	45.89
	<b>Total residuos</b>		<b>2096.6</b>	<b>2501.32</b>	<b>1774.36</b>
<b>BALANCE NETO DE EMISIONES</b>			<b>8993.06</b>	<b>10413.92</b>	<b>9149.76</b>



**Figura 2.2.** Tendencia en las emisiones estatales de GEI durante los años 2005, 2007 y 2009.

En la figura 2.3 se muestra el resumen de emisiones de las cinco categorías evaluadas en el *Inventario de GEI del Estado de Morelos*, así como su total. En las categorías *energía*, *agricultura* y *residuos* la tendencia va en aumento, mientras que en las de *procesos industriales* y *USCUSyS*, las emisiones disminuyeron durante los años evaluados.



**Figura 2.3.** Resumen de emisiones de GEI durante los años 2005, 2007 y 2009 derivadas de las categorías evaluadas en el inventario estatal.

La categoría *USCUSyS* aporta el 3.52% del total de emisiones que se generaron en los años evaluados; de éstas, el 2.49% corresponde a los

cambios en los bosques y otra biomasa leñosa; el 0.71% a la conversión de bosques y praderas y el 0.36% a las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> del suelo.

En resumen, en el estado de Morelos se emitieron un total de 8,993.06 Gg de CO<sub>2</sub>-eq en 2005 mientras que en 2007 y 2009 se emitieron 10,413.92 Gg y 9,149.76 Gg, respectivamente. En el año base (2005) las emisiones de la categoría *energía* ocuparon el primer lugar con el 37.93% de las emisiones totales, las cuales provienen de la quema de combustibles fósiles que aportan el 26.03% y otros sectores (comercial, residencial, agrícola) con el 5.39%. La categoría *procesos industriales* ocupa el segundo lugar en emisiones con el 30.44% del total del CO<sub>2</sub>-eq generado en el año 2005. Esta aportación proviene de dos fuentes principales: la producción de cemento y la de caliza con el 12.59% y el 17.07%, respectivamente.

La categoría *residuos* aporta el 23.31% del total de emisiones; de este porcentaje el 15.06% corresponde al manejo de aguas residuales (Figura 2.4) y el 8.25% restante a la disposición de residuos sólidos. Entre las categorías que menos emisiones aportan se encuentra *agricultura*, con el 4.80% de las emisiones, de las cuales el 4.56% se origina por el manejo de suelos agrícolas, el 0.10% por la quema de residuos agrícolas, el 0.07% proviene del manejo de estiércol, el 0.07% de la producción de arroz, y el 0.002% restante se genera por la fermentación entérica.



Figura 2.4. La generación de metano está relacionada con el tratamiento de aguas residuales, el cultivo de arroz y la fermentación entérica, entre otras actividades.

Finalmente, en la figura 2.5 se muestran las aportaciones porcentuales de cada categoría al total de emisiones generadas en Morelos.

La principal aportación derivada del *Inventario Estatal de GEI* es que permitió identificar las principales fuentes de emisión en Morelos, de tal manera que esta información permite proponer las medidas de mitigación

correspondientes y lograr con ello una reducción significativa de emisiones en el futuro.

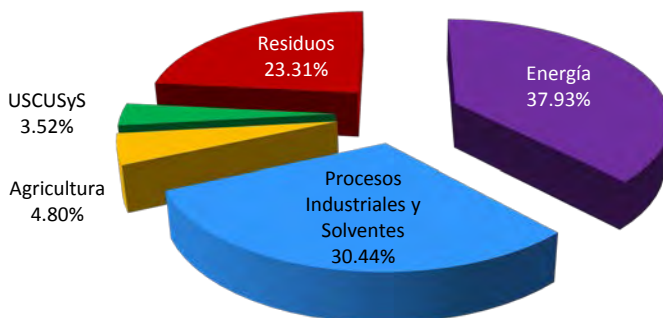


Figura 2.5. Aportación porcentual de emisiones por categoría en el año 2005.

### 2.3. Comparación de las emisiones de GEI en Morelos con respecto a las nacionales

En la tabla 2.2 se muestra un resumen de la contribución de GEI de Morelos con respecto a la nacional, en términos de CO<sub>2</sub>-eq. Del total de emisiones generadas en México, Morelos contribuye con el 1.33%. Los datos comparados corresponden al año base (2005) y los datos de generación nacional fueron obtenidos de la *Cuarta Comunicación Nacional* ante la CMNUCC.

Tabla 2.2. Contribución de Morelos a las emisiones totales nacionales en el año 2005.

Categoría	Emisiones nacionales 2005 (Gg CO <sub>2</sub> -eq)	Emisiones estatales 2005 (Gg CO <sub>2</sub> -eq)	Contribución estatal con respecto al nacional (%)
Energía	418,972.00	3,410.83	0.81
Procesos Industriales	47,173.00	2,737.17	5.80
Agricultura	45,125.30	431.67	0.96
USCUSyS	70,202.80*	316.79	0.45
Residuos	92,286.40	2,096.6	2.27
TOTAL	673,759.50	8,993.06	1.33

\*Debido a que no se dispone de la información de las emisiones nacionales para el año 2005, se utilizó la reportada para el año 2006 en la *Cuarta Comunicación Nacional* ante la CMNUCC 1990-2006 (INE-SEMARNAT, 2009).

## 2.4. Análisis de fuentes clave por nivel

Las fuentes clave de emisión engloban a las subcategorías responsables de la emisión de más del 95% de GEI. Comparando las tablas 2.3 y 2.4 se observa que tanto en el año 2005 como en el 2009, las subcategorías responsables son básicamente las mismas, pero en diferente orden. Lo anterior se debe a que en el año 2005 la producción de caliza era alta con respecto al 2009, lo cual coloca a esta actividad como la segunda generadora de GEI; en cambio, en el último año, la producción de caliza se ubica en el quinto lugar.

En el año base (2005) son diez las fuentes que acumulan más del 95% de las emisiones totales, destacando entre ellas el transporte terrestre (Figura 2.6), el cual contribuye con el 24.78% del total de emisiones, seguido de la producción de caliza, el manejo de aguas residuales y la producción de cemento. En el año 2009 son once las fuentes que en conjunto acumulan hasta el 95% de las emisiones totales generadas en la entidad. Nuevamente el transporte terrestre es la fuente que contribuye con el mayor porcentaje de emisiones, con un 27.16%, seguido de la producción de cemento, el manejo de aguas residuales y la producción de caliza (Tablas 2.3 y 2.4).



**Figura 2.6.** Los medios de transporte y la infraestructura que le sirven de soporte (carreteras, vías férreas, aeropuertos y puertos) constituyen una importante base del crecimiento económico; sin embargo, es uno de los sectores que más contribuye al cambio climático, por ello, la reducción de la actividad, la eficiencia energética de los medios de transporte y combustibles y el cambio de la distribución modal son necesarios.



**Tabla 2.3.** Fuentes clave de emisión, incluyendo USCUSyS, para el año 2005. Se muestran las subcategorías que en conjunto emiten más del 95% de las emisiones.

Categoría	Subcategoría	GEI	Emisiones (Gg CO <sub>2</sub> -eq) 2005	Estimación del nivel (%)	Total acumulado (%)
Energía	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	2,228.72	24.78	24.78
Procesos industriales	Producción de caliza	CO <sub>2</sub>	1,535.56	17.07	41.86
Residuos	Manejo de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	1,315.89	14.63	56.49
Procesos industriales	Producción de cemento	CO <sub>2</sub>	1,132.12	12.59	69.08
Residuos	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	742.35	8.25	77.33
Energía	Consumo de energía eléctrica	CO <sub>2</sub>	521.75	5.80	83.14
Agricultura	Suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	410.01	4.56	87.69
Energía	Residencial	CO <sub>2</sub>	387.75	4.31	92.01
USCUSyS	Cambio en la biomasa de bosques y otros tipos de vegetación leñosa	CO <sub>2</sub>	223.84	2.49	94.49
Energía	Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	106.71	1.19	<b>95.68</b>

**Tabla 2.4.** Fuentes clave de emisión, incluyendo USCUSyS para el año 2009. Se muestran las subcategorías que en conjunto emiten más del 95% de las emisiones totales.

Categoría	Subcategoría	GEI	Emisiones (Gg CO <sub>2</sub> -eq) 2009	Estimación del nivel (%)	Total acumulado (%)
Energía	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	2,484.74	27.16	27.16
Procesos industriales	Producción de cemento	CO <sub>2</sub>	1,242.45	13.58	40.74
Energía	Consumo de electricidad	CO <sub>2</sub>	1,181.58	12.91	53.65
Residuos	Manejo de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	958.52	10.48	64.13
Procesos industriales	Producción de caliza	CO <sub>2</sub>	813.15	8.89	73.01
Residuos	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	769.95	8.41	81.43
Agricultura	Suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	446.81	4.88	86.31
Energía	Residencial	CO <sub>2</sub>	338.51	3.70	90.01
Procesos industriales	CO <sub>2</sub> por consulta en el RETC	CO <sub>2</sub>	290.82	3.18	93.19
Energía	Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	122.34	1.34	94.53
USCUSyS	Cambio en la biomasa de bosques y otros tipos de vegetación leñosa	CO <sub>2</sub>	196.15	2.14	<b>95.33</b>

En el comportamiento general de los resultados de emisiones de GEI existen variaciones entre los años 2007 y 2009 con respecto al año base. En el año 2007 se registra un incremento del 15.81% de las emisiones totales, ya que los datos de actividad también mostraron esta tendencia; sin embargo, en el año 2009 se registró un incremento de emisiones de sólo el 1.74%, con respecto al 2005. Estas variaciones se deben a que, mientras las emisiones que provienen de procesos industriales y del consumo de energía eléctrica se incrementan, las emisiones por producción de caliza y del tratamiento de aguas residuales industriales disminuyen (Figura 2.7).



**Figura 2.7.** Para alcanzar la seguridad energética se deben aplicar políticas para manejar con eficiencia el crecimiento proyectado de la demanda energética durante las próximas décadas y promover la diversificación de fuentes, garantizando el proceso de expansión económica.

Los edificios residenciales y comerciales presentan un alto potencial para reducir el consumo de electricidad a través de mejoras en la eficiencia de luminarias y aislamiento térmico de equipos de aire acondicionado, calderas y bombas mejoradas, y de equipos eléctricos domésticos y de oficina.

La producción de caliza, debido a la crisis económica generalizada, registró una disminución de obras en la industria de la construcción y por consecuencia, en la demanda de este material. Además, se observó un fenómeno por el cual los espacios que en años anteriores a este estudio eran utilizados para la extracción de calizas, actualmente están siendo destinados para la construcción de unidades habitacionales.



**Figura 2.8.** Las descargas de aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas contaminan los cuerpos de agua superficiales y subterráneos más allá de su capacidad de autodepuración. La descarga directa de aguas residuales a cuerpos de agua limita el uso del recurso para el riego, la pesca artesanal, el consumo (agua potable) y las actividades recreativas de contacto.

El caso de la disminución de las emisiones de GEI por el tratamiento de aguas residuales es el resultado de una situación que requiere especial atención ya que la aparente falta de funcionamiento o inexistencia de un número considerable de plantas de tratamiento de aguas residuales en Morelos (Figura 2.8) causó una reducción dramática del caudal de agua tratado en el año 2009; ésta es la principal explicación para la disminución en las emisiones de dicha subcategoría. Es por ello que se vuelve imprescindible la disponibilidad de información confiable y certera, así como la unificación de los datos reportados por las fuentes institucionales.

## 2.5. Generación per cápita de GEI en el estado de Morelos

En la tabla 2.5 se muestran los datos de generación per cápita de GEI y se comparan con los datos a nivel nacional de emisiones totales y por categorías evaluadas. En los tres años evaluados, Morelos se encuentra por debajo del nivel nacional y la generación per cápita tiende a bajar hacia el 2009, considerando la disminución de producción de caliza y la disminución en el tratamiento de aguas residuales industriales. En congruencia con los resultados generales del inventario, cada habitante del estado de Morelos emite GEI en mayor proporción por el consumo de energía (uso de combustibles fósiles en el transporte terrestre y uso de

energía eléctrica), seguido de algunos procesos industriales (Figura 2.9) y por el tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 2.5.** Comparación de emisiones per cápita total y por categorías del estado de Morelos contra los valores nacionales.

Categoría	Emisiones per cápita de CO <sub>2</sub> -eq (ton)			
	Nacional* (2005)	Estatal		
		2005	2007	2009
Energía	4.14	2.11	2.45	2.46
Procesos industriales	0.61	1.70	1.84	1.34
Agricultura	0.44	0.27	0.26	0.27
USCUSyS	0.67	0.20	0.16	0.15
Residuos	0.96	1.30	1.49	1.02
<b>Emisiones totales</b>	<b>6.84</b>	<b>5.58</b>	<b>6.21</b>	<b>5.24</b>

\*Fuente: Elaboración propia con información del *Inventario Nacional de Emisiones de GEI 1990-2006*, informado en la *Cuarta Comunicación Nacional* ante la CMNUCC (INE-SEMARNAT, 2009).



**Figura 2.9.** Los procesos industriales representan una importante categoría por sus emisiones de gases de efecto invernadero en el estado de Morelos. El IPCC ha señalado que los efectos directos del cambio climático en el sector industrial se verán reflejados, principalmente, a nivel de costo de la energía, construcción e integridad de la infraestructura (carreteras, puertos y otros).



### 3. ANÁLISIS Y ESCENARIOS CLIMÁTICOS

El estudio del comportamiento climático y sus variaciones resulta de gran importancia tanto para desarrollar proyecciones futuras de escenarios climáticos, como para impulsar el desarrollo de estrategias de mitigación y adaptación, con el objetivo de contrarrestar las potenciales consecuencias de la variación climática.

Las alteraciones del clima que tienen lugar con el tiempo definen lo que es la variabilidad climática (IPCC, 2007). Dependiendo de la intensidad y duración de una anomalía en la lluvia o la temperatura, así como el grado de vulnerabilidad de una sociedad o de un ecosistema, los impactos del clima pueden variar de imperceptibles a catastróficos.

Para el caso del estado de Morelos, un grupo de investigadores coordinado por Bolongaro *et al.* (2013), desarrolló un estudio en la materia, teniendo como objetivo el análisis de la variabilidad climática en el estado de Morelos, así como la proyección de dos diferentes escenarios de cambio climático de la región para los años 2020, 2050 y 2080. Dicho estudio contempla dos factores climáticos: temperatura (mínima, máxima y media) y precipitación.

Tras una minuciosa recopilación de datos climáticos confiables del período 1961-2008, obtenidos de 28 estaciones meteorológicas pertenecientes a la *Red de Monitoreo Meteorológico* de la *Comisión Nacional del Agua* (CONAGUA) de Morelos, ubicadas en el estado y sus alrededores, los investigadores realizaron el cálculo de índices climáticos extremos, teniendo como período base 1961-1990. Los resultados obtenidos a partir de dicho estudio se describen a continuación.

### 3.1. Análisis climático

#### Temperatura

El estado de Morelos se caracteriza por contar con una amplia gama de climas, determinados, principalmente, por su localización en una zona de transición entre las provincias biogeográficas neártica y neotropical, con un gradiente altitudinal que va desde los 3000 msnm en la zona norte, hasta los 820 msnm en la zona sur. Esto da como resultado el establecimiento de varias zonas térmicas en la entidad, destacando las zonas semicálidas y cálidas, que constituyen más del 70% del territorio estatal.

El estudio señala que las barreras montañosas (Figura 3.1) representan una importante influencia en la distribución de las temperaturas máximas. Así, localidades frías como Tres Cumbres, Huitzilac y Tlacualera registran promedios de temperatura máxima del orden de 17.3, 18.1 y 19°C, respectivamente, mientras que en localidades calientes como Nexpa, Huantintlan y Tilzapotla, los promedios más altos son de 34.3, 34.6, y 35.6°C, respectivamente.



**Figura 3.1.** La zona montañosa del norte del estado de Morelos forma parte del Eje Volcánico Transversal y se extiende desde el Volcán Popocatepetl hasta el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, con una altura promedio de 2,700 msnm. Las localidades ubicadas en la zona registran los valores más bajos de temperatura de la entidad.

Las temperaturas mínimas, a su vez, registran los valores más bajos hacia la porción montañosa del Norte, particularmente en Tres Cumbres con 3.3°C y Huitzilac con 6.4°C, en tanto que localidades como Huautla, Puente de Ixtla y Tilzapotla, registraron valores mínimos promedio de 7.4, 18.5 y 19.0°C, respectivamente.

## Precipitación

La distribución de la lluvia en Morelos es de tipo modal o bimodal y su ocurrencia se presenta principalmente en verano (hasta un 95% de la precipitación total anual), iniciando generalmente a mediados de mayo y terminando en la primera quincena de octubre. En la mayor parte de la entidad, el mes más lluvioso es junio, seguido de los meses de julio, agosto y septiembre; éstos son los meses de mayor variabilidad interanual y en los que se presentan los eventos lluviosos más importantes. Diciembre es el mes más seco en toda la entidad, seguido de febrero, que recibe como promedio cinco mm de precipitación, por lo que la lluvia que se concentra en los meses invernales (diciembre a marzo) es menor al 5% de la total anual.

## Variabilidad climática

El análisis de las series de datos climáticos del estado de Morelos pudo evidenciar una tendencia al aumento de la temperatura máxima del aire por el aumento de los días calurosos ( $T_x > 35^\circ\text{C}$ ) y el porcentaje de días con temperaturas máximas por encima del 90 percentil. Este aumento es notable en todas las zonas climáticas de Morelos pero se evidencia en mayor medida en las zonas semicálidas y cálidas. Desde el punto de vista temporal, la década de 1990 fue la que más influyó en dicho aumento.

En cuanto a las precipitaciones, la mayoría de las estaciones meteorológicas analizadas mostraron un aumento en los acumulados de precipitaciones anuales, así como un aumento en las precipitaciones extremas. Además, en un estudio sobre la variabilidad de los regímenes de lluvia en Morelos se reporta un desfase en el inicio y término de las temporadas de lluvia en diferentes localidades (Bolongaro *et al.*, 2013).

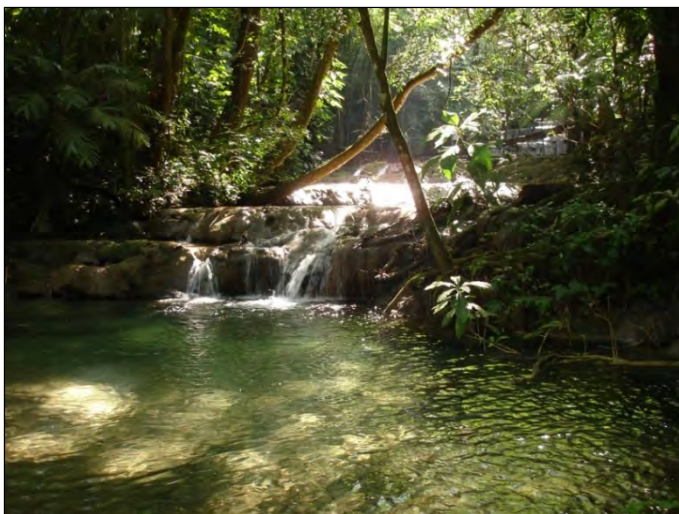
## 3.2. Escenarios climáticos

Existe un consenso generalizado de que la Tierra experimentará temperaturas más elevadas y un ciclo hidrológico más intenso y cambiante (IPCC, 2007) (Figura 3.2); sin embargo, aún es materia de estudio la magnitud de tales cambios o los impactos específicos que una región experimentará, pues ello depende de factores tanto físicos como



socioeconómicos. Es por ello que al generar escenarios del clima futuro se tienen que considerar modelos integrados que contemplen tanto la generación futura de GEI, como la respuesta del clima del planeta al forzamiento radiativo resultante.

Para el caso del estado de Morelos, a partir del estudio realizado por Bolongaro *et al.* (2013) se integraron las proyecciones considerando períodos de 30 años, con lo cual se obtuvieron tres escenarios: a) al 2020 (período 2010-2039); b) al 2050 (período 2040-2069), y c) al 2080 (período 2070-2099). El año que se tomó como referencia fue el de 1990.



**Figura 3.2.** El cambio climático modificará los componentes del ciclo hidrológico, principalmente la precipitación y la evapotranspiración, afectando de forma significativa los ecosistemas acuáticos y terrestres.

Asimismo el estudio considera dos diferentes escenarios: A1B y A2. El escenario A1B considera el esfuerzo de la sociedad en cuanto a la mitigación, buscando un equilibrio entre todas las fuentes de energía utilizadas. Por su parte, el escenario A2 es más tendencial: considera un alto crecimiento económico con una orientación principalmente regional.

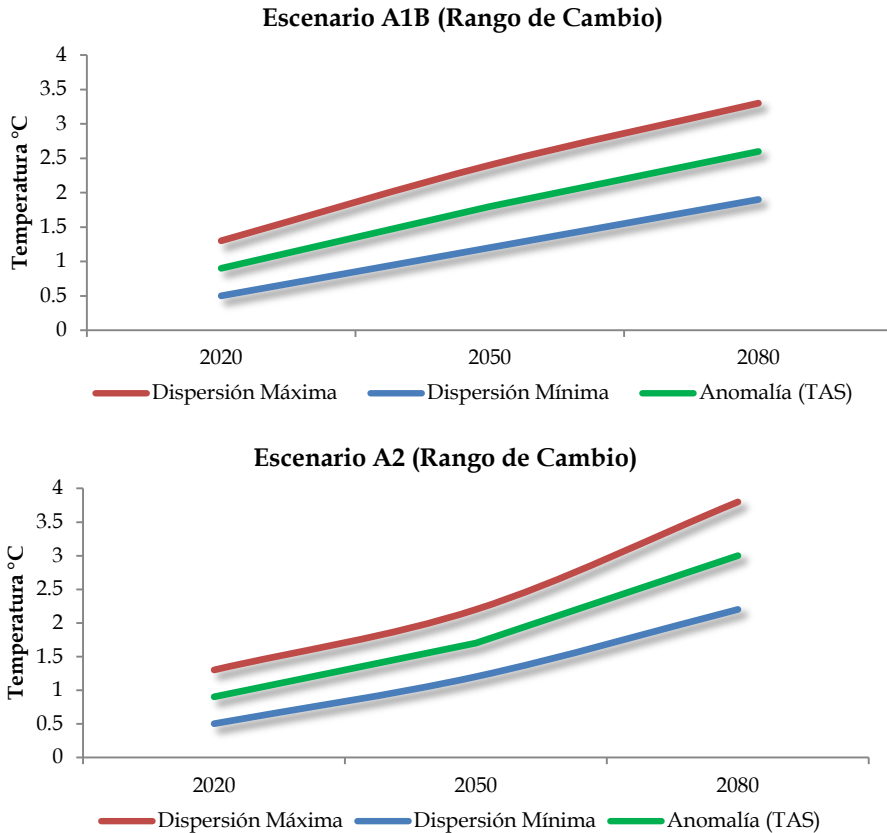
Finalmente, se generaron los mapas de temperatura y precipitación, de los cuales se obtuvieron los valores mínimo y máximo de los píxeles que cubren al estado y se calculó el promedio. Con los valores promediados se obtuvieron los valores de anomalía y dispersión para temperatura y precipitación para los escenarios A2 y A1B en cada escenario.

El concepto de regionalización en el estudio consistió en estimar los valores más probables de las variables climáticas en un lugar determinado, considerando la historia climática local del sitio en cuestión. La regionalización de los escenarios climáticos a partir de los datos producidos fue llevada a cabo utilizando el generador estocástico de tiempo meteorológico: LARS-WG.

Los datos usados corresponden a las proyecciones basadas en los escenarios A2 y A1B, así como para los escenarios al 2020, 2050 y 2080 para cada uno de los seis pixeles correspondientes al estado de Morelos. Con estos datos se obtuvieron los valores extremos y, por último, se elaboraron los mapas de percentiles de temperatura mínima, máxima y precipitación para diferentes períodos del año.

### **Escenarios A1B y A2 de cambio en la temperatura media anual para el estado de Morelos**

El escenario A1B obtenido (Figura 3.3) muestra de forma general que es probable que la temperatura media anual aumente para el año 2020 entre 0.5 y 1.3°C, aumento que pudiera ser continuo hasta llegar a temperaturas de entre 1.9 y 3.3°C en el 2080. Por su parte, el escenario A2 muestra que la anomalía de temperatura media podría incrementarse desde un mínimo de 0.5°C en 2020, hasta valores extremos de 3.8°C de incremento para 2080 (Figura 3.4), datos que coinciden con lo publicado por la CMNUCC (1992).

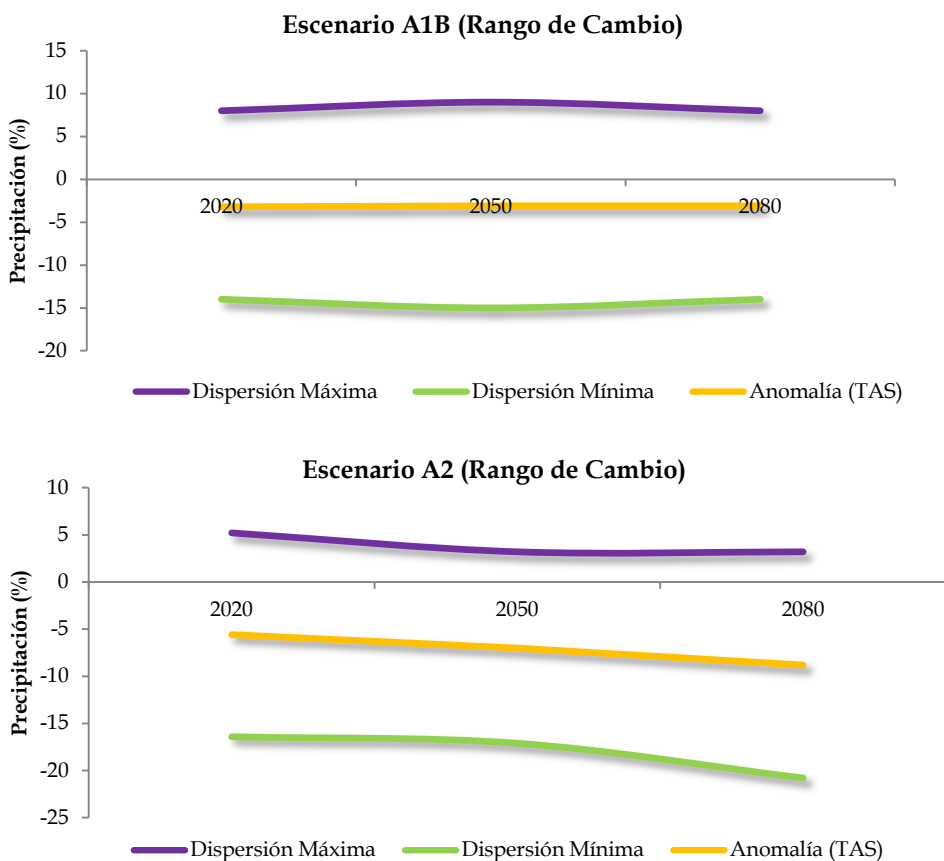


**Figura 3.3.** Rango de cambio en la temperatura media anual (°C) en los años 2020, 2050 y 2080, para escenarios de emisiones A1B y A2 en el estado de Morelos. **Fuente:** Modificado de Bolongaro *et al.* (2013).

### Escenarios A1B y A2 de cambio en la precipitación (%) para el estado de Morelos

En la figura 3.4 se muestran los valores de cambio en la precipitación anual (%) para los años 2020, 2050 y 2080. El escenario A1B estimado por el modelo muestra que la tendencia de la lluvia es a disminuir en un 3% en las siguientes décadas. Es posible encontrar desde escenarios donde la precipitación aumenta 9%, hasta escenarios donde la precipitación disminuye -15%. Para el caso del escenario A2, el cambio de la precipitación muestra una disminución, con valores de entre -5.6 a -8.8% en el período de 2020 a 2080. Si se consideran las dispersiones de los modelos, el rango de probabilidad de cambio de la precipitación va desde 8% hasta -

15% en el caso del escenario A1B, y desde 5.2 % hasta -20.8% en el escenario A2, el cual es un rango muy amplio de variabilidad. Estos enormes rangos de variabilidad generan mayor incertidumbre en cuanto a la valoración de la vulnerabilidad de los sectores relacionados con el agua.



**Figura 3.4.** Rango de cambio de la precipitación anual (%) en los años 2020, 2050 y 2080 para escenarios de emisiones A1B y A2 en el estado de Morelos. **Fuente:** Modificado de Bolongaro *et al.* (2013).

### 3.3. Regionalización de escenarios climáticos

La climatología base observada para algunas de las estaciones meteorológicas del estado, así como los cambios que se proyectan hacia las climatologías 2020, 2050 y 2080 con los escenarios A2 y A1B se muestran a continuación.

## **Escenarios A1B y A2 del cambio en las temperaturas máximas y mínimas en el estado de Morelos**

La proyección del escenario A1B para los años 2020, 2050 y 2080 de acuerdo a los resultados del LARS-WG en relación al percentil 10 de la temperatura mínima, muestra, en general, el mismo patrón en todas las estaciones estudiadas, marcando un aumento de la temperatura mínima para el año 2080, lo que implica que los días fríos serán menos fríos debido al calentamiento global.

Los aumentos en la temperatura mínima son constantes en ambos escenarios de una climatología a otra. De acuerdo con los resultados obtenidos, en la estación de Tres Cumbres, ubicada al norte del estado con 2810 m de altitud, se observan mínimos aumentos en la temperatura mínima para los años 2020, 2050 y 2080, mientras que para la estación Lagunillas del Rayón, ubicada en el suroriente del estado con una altitud de 1100 m, se observa los mayores aumentos en la temperatura mínima para los años 2020, 2050 y 2080 con 1.7, 2.2 y 3°C respectivamente.

En la estación km 39.5 a Cuernavaca, ubicada en la Sierra del Corredor Biológico Chichinautzin, a casi 3000 msnm, la temperatura mínima se hará más extrema disminuyendo hasta 0.7°C y la temperatura máxima variará de 0.4 a 3.9°C en el 2020. La estación Huajintlan presenta los valores máximos de hasta 43.3°C para el año 2080, mientras que en la estación Atlatlahucan se observan los mayores aumentos en la temperatura máxima, que van desde 1.8°C en el año 2020 hasta 3.9°C en el año 2080.

## **Escenarios A1B y A2 del cambio en la precipitación en el estado de Morelos**

Los escenarios del cambio de precipitación presentan, por lo general, un aspecto menos regular que los de la temperatura. Para el caso del escenario A1B, la precipitación en algunas estaciones para el 2020 aumenta (entre 0.1 y 1 mm) y en otras disminuye (entre 0.1 y 2.1 mm). Para el escenario 2050 los rangos van de 0.1 a 1 mm en los aumentos y de 0.1 a 2 mm en las disminuciones. En el caso del 2080 varían de 0.2 a 0.9 y de 0.2 a 2.2, para aumento y disminución respectivamente.

En el caso del escenario A2, la precipitación en la mayoría de las estaciones disminuye (entre 0.2 y 2.5 mm en el 2020) y en las restantes aumenta entre 0.1 y 0.2 mm para el mismo período. Para el escenario al 2050, los rangos van de 0.1 a 2.5 mm en las disminuciones. En el caso del 2080 predomina la disminución de la precipitación con valores que oscilan entre 0.1 y 2.5 mm.

Finalmente, tras el análisis de todos los resultados se evidencia que en el período 1961-2008 hubo una tendencia al incremento de la temperatura máxima y el número de períodos cálidos. Por su parte, las precipitaciones anuales también mostraron una tendencia al aumento en la mayor parte de las estaciones analizadas, principalmente de la zona norte y se evidenciaron señales de retraso en el comienzo de la estación lluviosa.

Los datos indican una variabilidad del régimen de lluvias en las diferentes zonas del estado al encontrar una disminución de la precipitación anual total en el Sur durante el período analizado, un ligero aumento en los valles centrales y una tendencia a aumentar en las regiones altas del Centro y del Noroeste. Las zonas agrícolas muestran una tendencia a mantener constante la precipitación anual total, aunque hay casos en los que la duración de la temporada de lluvias ha disminuido casi diez días. Las fechas del inicio y la terminación de la temporada de lluvias —y por lo tanto su duración e intensidad—, también muestran variabilidades consistentes con la zona del estado en donde se encuentren.

Según los escenarios climáticos A1B y A2 analizados, se proyectan aumentos continuos de la temperatura media anual del aire, que van desde 0.5 hasta 3.8°C, notándose que en el escenario A2 se presentó un aumento en la pendiente de la curva a partir del año 2050. Así, el escenario A2 mostró una mayor anomalía en la temperatura media del aire para el año 2080 ( $3 \pm 0.8$ ), indicando un aumento de casi 4°C.

En el caso de la precipitación, las proyecciones analizadas mostraron tendencias a la disminución de las lluvias en ambos escenarios, siendo el escenario A2 en el que se observó la anomalía en el porcentaje de precipitación más grande para el año 2080, con -8.8%.

A partir de estos resultados obtenidos se crearon importantes bases teóricas y estadísticas que deben ser usadas a favor del desarrollo de estrategias de mitigación y adaptación contra el cambio climático en el estado de Morelos (Figura 3.5).



**Figura 3.5.** Las altas temperaturas, en particular los extremos térmicos y las bajas precipitaciones, son las variables relacionadas con el incremento de la ocurrencia de incendios forestales, con el área quemada y con la desigualdad de los incendios. Eventos extremos, severos, prolongados y repartidos geográficamente, obligarán a desarrollar una mayor capacidad de respuesta de las brigadas contra incendios.

## VULNERABILIDAD DE SECTORES CLAVE ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

La definición de vulnerabilidad se refiere al grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático; la vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación (IPCC, 2006, 2007 en UICN, 2012; DOF, 2012). Por otro lado, la exposición es el grado en el cual un sistema se ve afectado por estímulos externos sin que haya adaptación autónoma de éste. La sensibilidad puede inducir cambios en la productividad y crecimiento de árboles, en la distribución de especies, en las condiciones del suelo, en la estructura del ecosistema y en los regímenes de perturbaciones (incendios y plagas) (Martínez-Alonso *et al.*, 2010); finalmente, la capacidad de adaptación al cambio climático se refiere a las medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos (INE, 2010a, 2010b; Oyhantçabal, 2010; Verbtuggen *et al.*, 2011; DOF, 2012).

A continuación se describirán diferentes estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático, reportados por Ortiz-Hernández y Sánchez-Salinas (2013) para diferentes sectores clave en el estado de Morelos.

### 4.1. Vulnerabilidad del sector agua

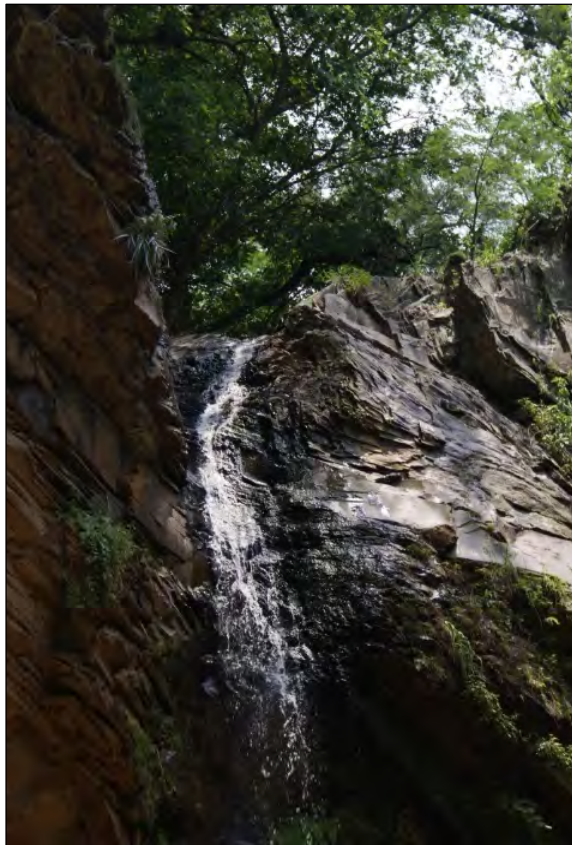
Considerando que una de las principales amenazas actuales que gravitan sobre el sistema acuífero es el cambio climático, particularmente por la disminución de la precipitación y el aumento de la temperatura y de la intensidad de la lluvia, un grupo de investigadores integrado por Bolongaro *et al.* (2013), pertenecientes a la Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A. C. (ANIDE), desarrolló un estudio sobre la vulnerabilidad de los recursos hídricos en el estado de Morelos ante los efectos del cambio climático. En dicho estudio se abordan los temas de disponibilidad y de vulnerabilidad del agua, tomando como eje de discusión la ecuación de balance hídrico. Los resultados más sobresalientes se describen a continuación.

#### Disponibilidad de agua en el estado de Morelos





Posteriormente, se calcularon los valores de disponibilidad de agua en los escenarios de cambio climático A1B y A2 (descritos en el capítulo anterior) para las décadas 2020, 2050 y 2080, utilizando los datos de disponibilidad actual reportados por la autoridad (CONAGUA, 2011). Los resultados (Figura 4.3) muestran que el acuífero Cuernavaca presenta una disponibilidad de agua con tendencia positiva para el escenario A1B, debido a que, localmente, las proyecciones de cambio climático son de incremento de la precipitación, contrario a lo proyectado para los demás acuíferos, donde se muestra un claro déficit en la disponibilidad de agua futura.



**Figura 4.2.** La disponibilidad de agua de los acuíferos está relacionada con la precipitación, la evapotranspiración, el escurrimiento superficial y la infiltración.

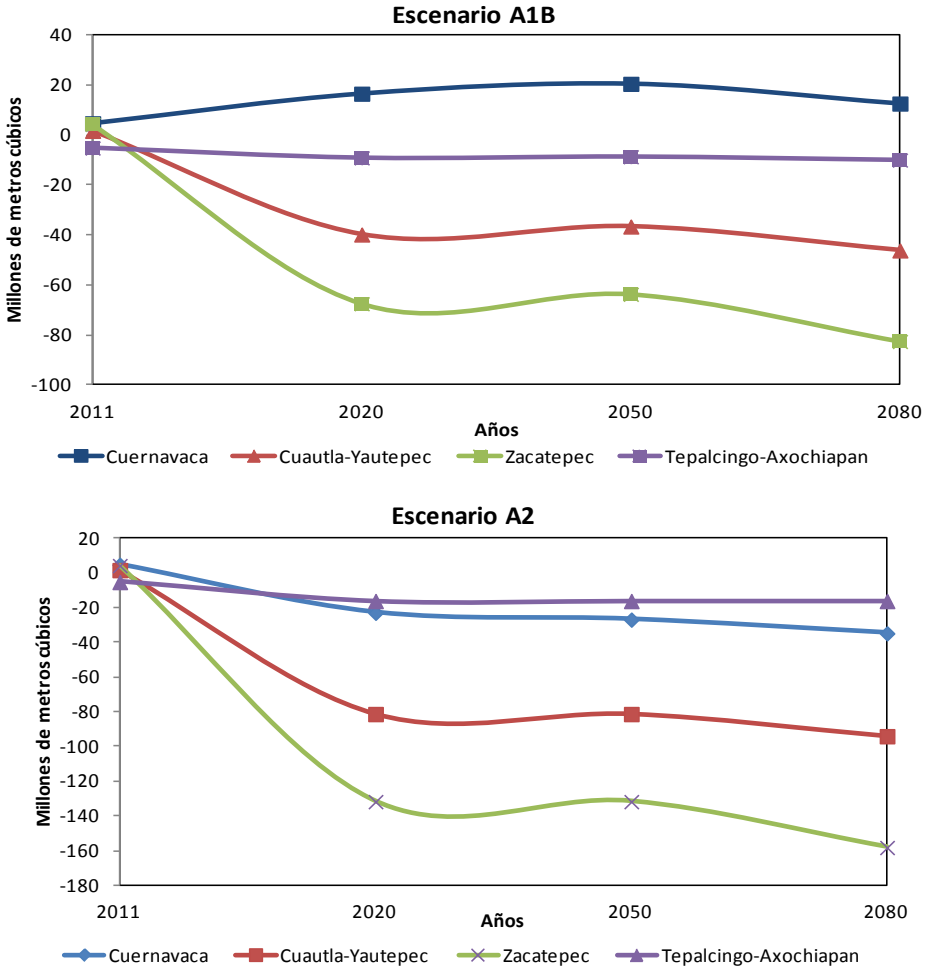


Figura 4.3. Variación de la disponibilidad de agua subterránea en los escenarios A1B y A2. Fuente: Modificado de Ortiz-Hernández y Sánchez-Salinas (2013).

## Vulnerabilidad del recurso hídrico

Como parte del estudio desarrollado por Bolongaro *et al.* (2013), se diseñó y se calculó el *Índice de Vulnerabilidad del Recurso Hídrico (IVRH)*, el cual estuvo conformado por diferentes indicadores susceptibles de ser cuantificados a partir de distintas fuentes (documentables y rastreables). En la tabla 4.1 se enlistan estos indicadores y sus factores de peso asignados.

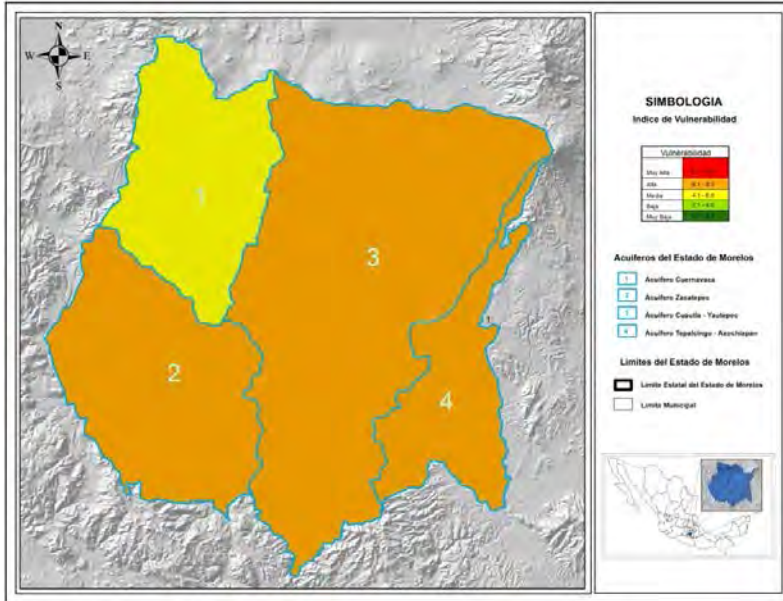
**Tabla 4.1.** Indicadores de vulnerabilidad de disponibilidad de agua en torno al cambio climático y sus factores de peso.

Indicador	Peso	Símbolo
Excedente (mm)	0.50	Ex
Disponibilidad (hm <sup>3</sup> )	0.20	Di
Población (% estado)	0.10	Po
Dotación de agua (% población)	0.05	Da
Índice de calidad del agua (ICA)	0.15	ICA

A partir de la determinación de los valores de entrada que alimentan a cada indicador particular, ponderados por sus respectivos factores de peso, se calcularon los índices de vulnerabilidad de los cuatro acuíferos de Morelos en el contexto de cambio climático (Tabla 4.2 y Figura 4.4).

**Tabla 4.2.** Índice de vulnerabilidad del año 2011 y proyección a futuro de los acuíferos de Morelos ante el cambio climático. Color amarillo significa vulnerabilidad muy alta (8.1 a 10); color naranja significa vulnerabilidad alta (6.1 a 8.0).

Escenario climático	Acuífero				
	Cuernavaca	Cuautla-Yautepec	Zacatepec	Tepalcingo-Axochiapan	
<b>2011</b>	4.89	6.36	6.38	6.35	
<b>A1B</b>	20	4.88	6.65	6.61	6.42
	50	4.52	6.69	6.58	6.30
	80	5.18	6.96	6.93	6.78
<b>A2</b>	20	5.43	6.91	6.88	6.73
	50	5.34	6.88	6.85	6.69
	80	5.45	6.97	6.96	6.78



**Figura 4.4.** Índice de vulnerabilidad del año 2011 y futuro de los acuíferos de Morelos ante el cambio climático.

Los resultados del IVRH para los acuíferos de Morelos en la época actual (2011) y sus proyecciones ante al cambio climático, muestran que los acuíferos de Cuautla-Yauatepec, Zacatepec y Tepalcingo-Axochiapan, presentan vulnerabilidades altas, con valores de 6.36 en el escenario A1B (década del 2020), que se incrementan a valores de hasta 6.98 en el escenario A2 (década del 2080) (Tabla 5.2). Por su parte, el acuífero Cuernavaca presenta una vulnerabilidad media en el escenario A1B, con valores de entre 4.89 y 4.52 (décadas 2020 a 2080), que se incrementan ligeramente en el escenario A2, con valores de entre 5.43 y 5.45 en las décadas 2020 a 2080, respectivamente.

Finalmente, se hace evidente que la disponibilidad del recurso hídrico en Morelos depende principalmente de los ecosistemas que ocupan la parte Norte de su territorio –entendiendo éstos como el conjunto de condiciones geográficas, climáticas, geológicas y bióticas que intervienen en el ciclo hidrológico—. Actualmente se ejerce presión sobre áreas destinadas a la conservación y protección ambiental, viéndose sometidas a diario a la tala indiscriminada, invasión, explotación de especies e incendios, por lo que resulta de vital importancia implementar medidas de mitigación y adaptación para reducir la vulnerabilidad del recurso hídrico en Morelos (Figura 4.5).



**Figura 4.5.** El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para el sostén de la vida en el planeta y el desarrollo de todas las civilizaciones. La contaminación de aguas superficiales y subterráneas asociadas al proceso de urbanización ponen en evidencia la falta de prácticas sustentables que incrementan la vulnerabilidad del recurso hídrico.

## 4.2. Vulnerabilidad del sector biodiversidad

El estado de Morelos registra el 33% de las especies de aves, el 21% de las especies de mamíferos, el 14% de reptiles y el 10% de plantas vasculares reportadas para el país, ubicándose en el lugar 17 en cuanto a riqueza de especies (CONABIO, 1998; CONABIO y UAEM, 2004). Sin embargo, el calentamiento global está provocando cambios en los regímenes climáticos que ya están repercutiendo en diferentes aspectos de la biodiversidad mundial y nacional (Gitay *et al.*, 2002).

Continuando con el estado de Morelos, entre las principales amenazas reportadas para la biodiversidad se encuentran: pérdida de la cubierta vegetal debido al cambio de uso de suelo, erosión, deforestación, incendios forestales, contaminación en general, comercio ilegal de vida, impacto ambiental hormiga y la presencia de especies ferales como consecuencia de la introducción de especies exóticas (CONABIO, 1998; Pérez Gil *et al.*, 2010) (Figura 4.6).



**Figura 4.6.** La biodiversidad enfrenta como principales amenazas la pérdida de la cubierta vegetal debido al cambio de uso de suelo, deforestación, incendios y contaminación. Todos estos procesos están asociados al cambio climático.

En virtud de lo anterior, un grupo de investigadores de FAUNAM, A.C., así como del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del Instituto de Biología, UNAM, desarrollaron un estudio cuyo objetivo fue el de evaluar la vulnerabilidad y riesgo actual y futuro de la biodiversidad (especies selectas) del estado de Morelos ante la variabilidad y los efectos del cambio climático. Los resultados más sobresalientes de dicho estudio se describirán en este apartado.

Como parte de dicho estudio los autores elaboraron y, posteriormente analizaron, distintos modelos de distribución potencial, definidos como modelos de nicho ecológico proyectados de una muestra representativa de especies de vertebrados (mamíferos, aves, anfibios y reptiles) presentes en la entidad. Para tales proyecciones, los autores utilizaron el escenario climático A2.

El procedimiento de selección de las especies para el análisis de vulnerabilidad se basó principalmente en el *Programa de Conservación de Especies en Riesgo 2007-2012* (PROCER) desarrollado por la SEMARNAT. Entre los criterios de selección se encuentran: grado de amenaza, endemismo y distribución regional, valor socioeconómico y cultural, condición de especie indicadora o clave, rareza taxonómica y presión

antropogénica. Tras la obtención de estos datos, se construyó una matriz de vulnerabilidad total, representada por la sumatoria de los valores que se obtienen al analizar los siguientes factores: riesgo de exposición, vulnerabilidad intrínseca y capacidad de adaptación del sujeto evaluado (tras asignarles un valor relativo a cada uno).

### **Modelos de distribución potencial**

En total se realizaron 296 modelos de nicho ecológico (cuatro por especie) para la distribución modelada actual y para los modelos de cambio climático hacia los años 2020, 2050 y 2080. En dichos modelos se muestra la probabilidad de ocurrencia en la distribución de las especies. Las especies modeladas por grupo fueron, en total: 12 anfibios, 11 mamíferos, 24 reptiles, 14 aves y 12 especies de vegetación.

Los rangos actuales de distribución (2012) muestran, para la gran mayoría de las especies, una reducción significativa en los rangos de su distribución histórica, esto debido a la multitud de efectos negativos persistentes (naturales y antropogénicos) que inciden en la sobrevivencia de las especies. Además, dichos resultados muestran que los grupos taxonómicos con cambios significativos en los rangos potenciales de distribución son los anfibios, los reptiles y las aves.

### **Matriz de vulnerabilidad total**

La vulnerabilidad total es la sumatoria de los valores que se obtienen al analizar tres ámbitos: el riesgo de exposición, la vulnerabilidad intrínseca y la capacidad de adaptación del sujeto evaluado. El valor relativo (ponderación) que se le asignó a cada uno de los ámbitos fue el siguiente: riesgo de exposición: 2; vulnerabilidad intrínseca: 3; capacidad de adaptación: -1. Además, en cada uno de los ámbitos mencionados, hay valores o criterios aplicables contra los que se asigna un valor o calificación al momento de aplicar el sistema de calificación comparativa. Se emplea una escala de cuatro valores, donde cuatro es el máximo y uno es el mínimo. Los valores máximos resultantes de la sumatoria representan mayor vulnerabilidad total, y los mínimos, menor vulnerabilidad total.



## Análisis de vulnerabilidad por grupos taxonómicos

En el análisis de vulnerabilidad por grupo taxonómico, el grupo más vulnerable fue el de los anfibios (vulnerabilidad total de 12.03), mientras que el grupo taxonómico menos vulnerable fue el de los reptiles (vulnerabilidad total de 6.93). En ambos grupos, el momento de las actividades de temporada como la hibernación, estivación y crianza están estrechamente relacionadas con las condiciones climáticas (Henle *et al.*, 2008) (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Vulnerabilidad total por grupo taxonómico.

Grupo taxonómico	Riesgo de Exposición	Ponderación	Vulnerabilidad intrínseca	Ponderación	Capacidad de adaptación	Ponderación	Vulnerabilidad total
Anfibios	2.22	4.44	3.08	9.25	1.67	-1.67	12.03
Reptiles	2.19	4.39	1.58	4.75	2.21	-2.21	6.93
Aves	2.40	4.81	2.14	6.43	2.29	-2.29	8.95
Mamíferos	1.88	3.76	2.36	7.09	1.73	-1.73	9.12
Vegetación	2.14	4.28	1.92	5.75	2.50	-2.50	7.53

## Análisis de vulnerabilidad por especies

**Anfibios:** de las 12 especies evaluadas, la mayoría tuvo calificaciones arriba de 10 puntos, con promedio general de 12.03 puntos, registrando la calificación más baja la ranita plegada (*Hyla plicata*) con 8.00 puntos y la más alta el tlaconete de Morelos (*Pseudoeurycea altamontana*) con 16.33 puntos. Las calificaciones altas se deben a reducciones en su distribución, fragmentación, características de vulnerabilidad intrínseca, pobre habilidad de dispersión, grados de endemismo, baja tolerancia a cambios en su hábitat y poca capacidad de adaptación (Figura 4.7).

**Reptiles:** de las 24 especies evaluadas, la mayoría tuvo calificaciones menores a diez puntos, con un promedio general de 6.93 puntos. Se otorgó la calificación más alta a la culebra de cabeza roja (*Pseudoleptodeira latifasciata*) con 13.67 puntos, y la más baja al chintete de mezquite (*Sceloporus grammicus*) con 2.33 puntos. Las calificaciones bajas obtenidas en general para este grupo pueden ser el resultado de un incremento o permanencia de sus rangos de distribución y valores bajos en cuanto a vulnerabilidad intrínseca.

**Mamíferos:** de las 11 especies evaluadas, seis presentaron calificaciones arriba de diez puntos, para un promedio general de 9.12 puntos. La calificación más alta se registró para el murciélago hocicudo de Curazao (*Leptonycteris curasoae*), con 15 puntos y

la más baja fue para el venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) con 1.67 puntos. En general, la distribución de los mamíferos dentro de la entidad se ve fragmentada o disminuida y la vulnerabilidad intrínseca registra valores variados dependiendo de la especie (Figura 4.8).



**Figura 4.7.** El cambio climático constituye una de las principales amenazas para el futuro de la biodiversidad. Esta amenaza plantea nuevos desafíos para la biología de la conservación. La vulnerabilidad de una especie ante el cambio climático dependerá de su capacidad para mantener poblaciones en su área de distribución actual a pesar del cambio en las condiciones y el potencial para colonizar otras zonas climáticamente favorables.



**Figura 4.8.** La tolerancia a las altas temperaturas así como la capacidad de aclimatación térmica se han identificado como buenos indicadores de la viabilidad futura de las poblaciones y/o especies en sus emplazamientos actuales.

**Aves:** de las 14 especies evaluadas, la mayoría tuvo calificaciones menores a diez puntos, con un promedio general de 8.95 puntos, registrando la calificación más alta el ave semillero azul (*Amaurospiza concolor*) con 14 puntos, y la más baja la paloma titibú (*Leptotila verreauxi*) con cuatro puntos. Esto puede deberse a que, en general, el rango de distribución se mantiene modelado o, inclusive, se incrementa.

**Vegetación:** de las 12 especies evaluadas, la mayoría tuvo calificaciones menores a diez puntos, con un promedio general de 8.97 puntos. La calificación más alta se registró para el ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), con once puntos, y la más baja para el copal santo (*Bursera bipinnata*) con 3.33 puntos. Esto puede deberse a un posible movimiento de la selva baja hacia el norte del estado y una contracción de los bosques templados.

Tras el análisis general de los resultados obtenidos, los autores señalan que el 30.13% de las especies evaluadas resultaron en un rango de mayor vulnerabilidad total. Entre ellas están: el teporingo o conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*), la nutria (*Lontra longicaudis*), el murciélago magueyero (*Leptonycteris nivalis*) y los murciélagos *Leptonycteris curasoae* y *Chiropterotriton chiropterus*; entre los anfibios se encuentran tres especies de salamandras (*Pseudoeurycea cephalica*, *P. leprosa* y *P. belli*) y la rana arbórea (*Plectrohyla arboreascandens*); entre las aves están el búho cara oscura (*Asio stygius*) y el ave semillero azul (*Amaurospiza concolor*); en cuanto a la vegetación, se encuentra el sabino (*Taxodium mucronatum*). Además, dentro del rango mayor a 15 puntos se encontró a la salamandra *Pseudoeurycea altamontana* (16.33 puntos), la cual presentó la mayor vulnerabilidad total encontrada.

Por otra parte, el 53.42% de las especies evaluadas resultaron con una vulnerabilidad total media (de 5.1 a 10 puntos). Algunas de las especies relevantes en este rango son: la rana arbórea (*Plectrohyla chryses*), el escorpión (*Heloderma horridum*), la tortuga casquito (*Kinosternon integrum*) y el falso camaleón (*Phrynosoma orbiculare*); algunas de las aves son: el halcón aplomado (*Falco femoralis*), la huilota (*Zenaida macroura*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), la gallinita de monte (*Dendrortyx macroura*) y el gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*); entre los mamíferos están: el ocelote (*Leopardus pardalis*) y el tigrillo (*Leopardus wiedii*); en cuanto a la vegetación, se encuentra: el pasto amacollado *Stipa ichu*, los pinos *Pinus ayacahuite* y *P. moctezumae*, una especie de encino (*Quercus rugosa*) y el madroño (*Arbutus xalapensis*).

Finalmente, el 15.6% de las especies evaluadas obtuvo la vulnerabilidad total más baja. Entre ellas se encuentran: la iguana (*Ctenosaura pectinata*), la tortuga estuche (*Kinosternon scorpioides*), la serpiente cascabel (*Crotalus triseriatus*), la lagartija escorpión (*Gerrhonotus liocephalus*), la paloma arroyera (*Leptotila verreauxi*), dos especies de palo mulato (*Bursera copallifera* y *B. bipinnata*) y la especie con menor calificación de todo el estudio, el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).

Los autores concluyen que para el caso específico de Morelos y su biodiversidad, lo verdaderamente crítico no serán las variaciones promedio en el régimen de lluvias o en las temperaturas, sino la frecuencia y duración de los pulsos extremos en la presencia o ausencia de agua, o la persistencia de temperaturas extremas. Entre los efectos a corto plazo están la posible desaparición de poblaciones de ciertas especies de plantas y animales, así como los cambios en los patrones de distribución y composiciones florísticas y faunísticas de dichos reservorios.

La necesidad de entender la vulnerabilidad de los ecosistemas y sus consecuencias para las poblaciones locales y los sectores implicados en el manejo de los ecosistemas, es un desafío. Algunos de los efectos que el cambio climático podría traer a la población morelense son: a) desaparición de especies útiles (por tanto, reducción en el número de especies aprovechables); b) pauperización de dieta rural por eliminación de especies; c) incremento en niveles de pobreza por escasez de especies útiles; d) menor recreación natural y e) afectación de prácticas culturales y religiosas de pueblos indígenas o autóctonos que emplean elementos naturales.

La solución a este tipo de desafíos requiere la integración tanto de factores climáticos como socioeconómicos, para luego diseñar medidas de adaptación y mitigación adecuadas al contexto local institucional (Burton *et al.*, 2002; Füssel, 2007; Agrawal, 2008; Boyd, 2008; Ribot, 2009).

### **4.3. Vulnerabilidad del sector agricultura de temporal**

La superficie cosechada en el estado de Morelos se ha mantenido en los últimos 40 años en el orden de 140 mil ha, siendo la agricultura de bajo

temporal la principal modalidad agrícola, la cual ocupa, aproximadamente, las dos terceras partes de la superficie cosechada. Los cultivos de maíz y sorgo grano representan casi el 75% de la superficie sembrada de temporal (Figura 4.9). Sin embargo, la posible modificación de los patrones climáticos implica un comportamiento diferente en el desarrollo de las plantas, por lo que si los cambios son pronunciados, diversos cultivos actuales dejarían de ser rentables y podrían desaparecer, dando lugar a una reconversión productiva.



**Figura 4.9.** La agricultura es vulnerable y generadora de cambio climático, por las emisiones de gases de efecto invernadero, que son el resultado de actividades como la roza-tumba y quema, uso de fertilizantes y quema de residuos agrícolas, entre otras.

El conocer dichos cambios con anticipación, por medio de indicadores cuantificables como la vulnerabilidad, permite hacer planes y evaluaciones sobre el impacto de los componentes del clima y su relación con la actividad humana, no sólo de forma global sino también local. Tal es el caso del estudio *Vulnerabilidad de la agricultura de temporal al cambio climático*, desarrollado por Rojano *et al.* (2013), cuyos resultados más sobresalientes se describen a continuación.

En dicho estudio, el análisis de vulnerabilidad se basa en la metodología propuesta por Gbetibouo y Ringler (2009), aplicada a la agricultura de riego por Ojeda-Bustamante *et al.* (2010) (Figura 4.10). Las proyecciones de las anomalías climáticas fueron generadas para el escenario A2 de la base de datos del IPCC (2010) y de la base de datos generada por Montero y Pérez (2008) para México a una resolución de 50 km.



**Figura 4.10.** Marco metodológico para el análisis de vulnerabilidad de la agricultura al cambio climático.

## Vulnerabilidad global

Los resultados del análisis global para los componentes de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación se muestran a continuación. El mapa de exposición global (Figura 4.11) muestra que las zonas más vulnerables se ubican hacia el sureste del estado, en los límites con el estado de Puebla, mientras que las zonas menos vulnerables se localizan al noroeste en los límites del Estado de México. Para el caso de la sensibilidad climática (Figura 4.12), las zonas más vulnerables están situadas en los municipios de Axochiapan, Tepalcingo, Jantetelco, Jojutla, Amacuzac, Coatlán del Río, Tetecala, Jiutepec, Mazatepec y parte de los municipios de Ocuituco, Miacatlán, Ayala, Puente de Ixtla y Tepoztlán. Por último, el mapa de capacidad de adaptación (Figura 4.13) muestra que los mayores grados de vulnerabilidad corresponden a las zonas más marginadas y con menos capacidad de respuesta que se encuentran en el municipio de Tetela del Volcán y Tlalnepantla, mientras que las regiones menos vulnerables y que responderán mejor a los cambios se ubican en el Centro, en los municipios Emiliano Zapata y Zacatepec de Hidalgo.

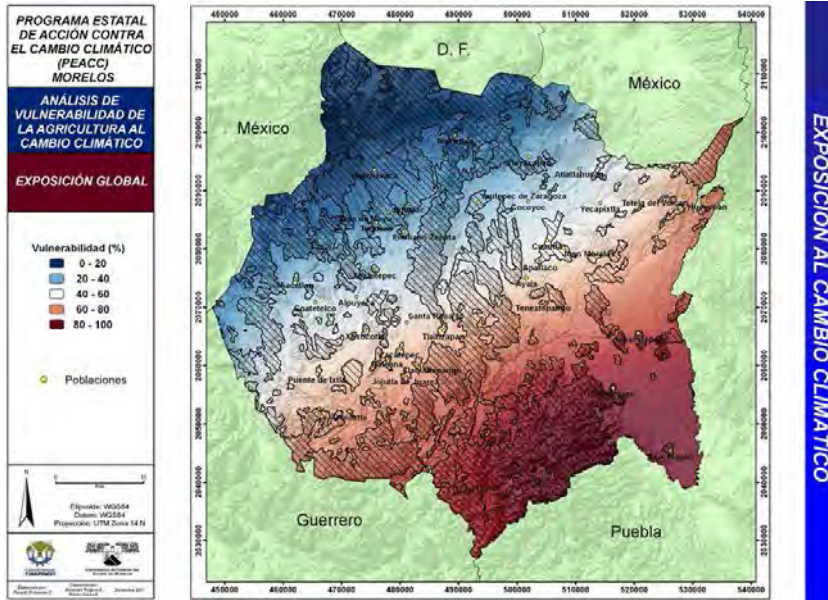


Figura 4.11. Exposición climática global para el estado de Morelos.

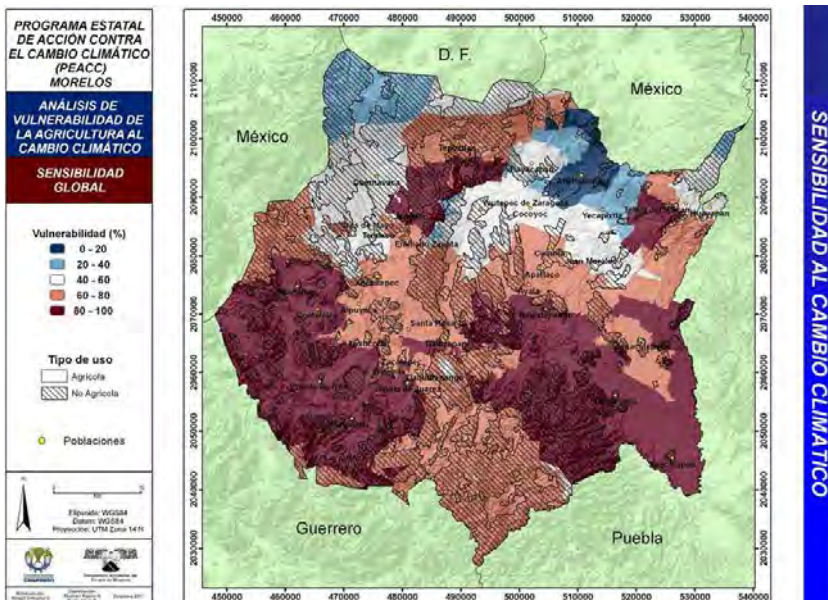
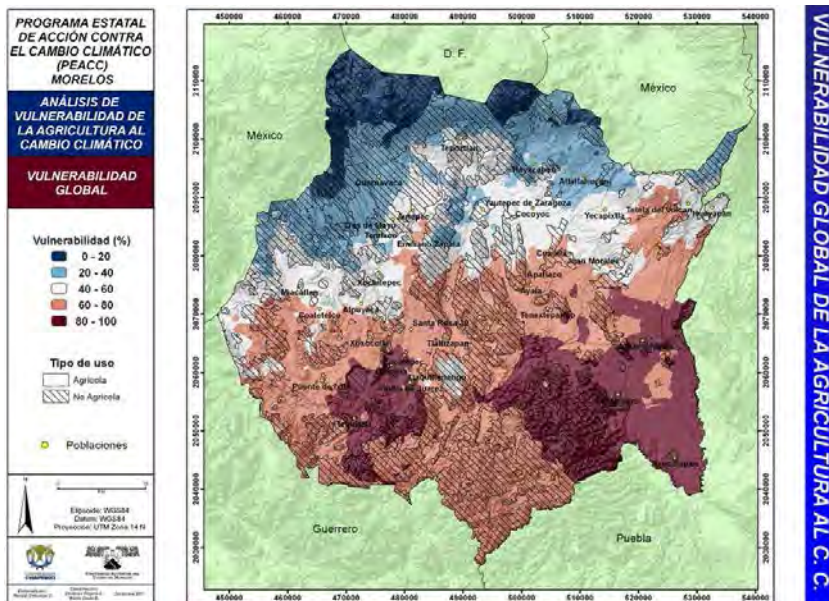


Figura 4.12. Sensibilidad climática global para el estado de Morelos.





Distrito Federal y comprende los municipios de Huitzilac y parte de Tlalnepantla y Cuernavaca. Es posible reconocer también los rangos intermedios de vulnerabilidad ubicados en los municipios del centro y orientados en dirección noreste-suroeste donde, se presume, mejorarán las características climáticas para la agricultura debido al incremento de la temperatura y a la menor disminución de la precipitación y las condiciones antropogénicas analizadas en este estudio. Estas regiones son las más óptimas para considerar una mejor adaptación de los cultivos a la agricultura desde todos los puntos de vista y los indicadores que se analizaron.



El análisis de vulnerabilidad global refleja que cerca del 78.68% de la superficie total del estado presenta un grado desde vulnerable hasta altamente vulnerable. De esta proporción, predomina el grado muy vulnerable con 37.07%, seguido por vulnerable y altamente vulnerable con 22.11% y 19.5%, respectivamente. La priorización de estrategias y acciones para disminuir los efectos del cambio climático deben ser encaminadas a estas regiones ya que representarán las más afectadas y con menor grado de adaptación.

### 4.3.1 Potencial productivo del maíz de temporal ante el cambio climático

Como parte del estudio de la vulnerabilidad en el estado de Morelos, se muestra la distribución actual y futura de uno de los cultivos más representativos del estado, como lo es el maíz (Figura 4.15). Los resultados obtenidos (Figura 4.16) muestran que la reducción de la superficie apta del estado para el cultivo de maíz es de un 73% del total del que se dispone actualmente, además se observa que la zona apta se desplaza hacia el Norte, cerca de la Sierra del Chichinautzin.



**Figura 4.15.** Los efectos del cambio climático sobre cultivos prioritarios, como el maíz, se verán reflejados en los precios, lo cual impactará a la sociedad en su conjunto.

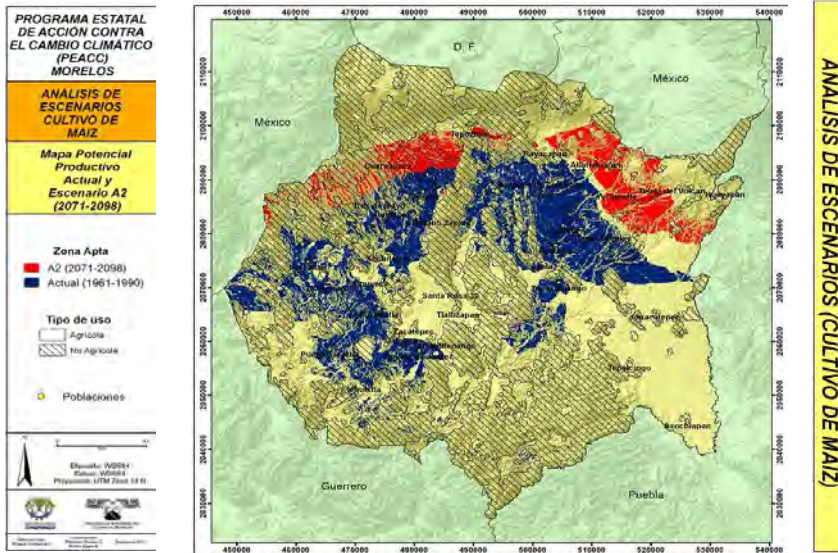


Figura 4.16. Mapa potencial productivo para el cultivo de maíz según los períodos actual (1961-1990) y el escenario A2 (2071-2098).

A manera de conclusión, puede afirmarse que la investigación adicional de tipo regional o local es necesaria para determinar los cambios a nivel más detallado para que se tome en cuenta la naturaleza dinámica de los procesos. Además, con base en las expectativas de la variabilidad del clima, se espera que quienes toman las decisiones adopten las estrategias más adecuadas para minimizar los impactos del cambio climático en la agricultura estatal.

#### 4.4. Vulnerabilidad del sector salud

Los cambios en los patrones climáticos pueden alterar la incidencia de algunas enfermedades humanas de manera directa e indirecta. Los efectos directos son aquellos que, mediante cambios en el clima, tienen un impacto sobre el organismo humano, mientras que los indirectos afectan los sistemas biológicos y biogeoquímicos, causando alteraciones en la distribución espacial y temporal de enfermedades o favoreciendo su aparición (Martens, 1998; Ebi *et al.*, 2006; Ebi, 2008).

Debido a la poca información que se tiene sobre este tema en México, es de suma importancia realizar estudios para tener una mayor comprensión de la relación entre los cambios climáticos y sus efectos en la salud humana, en la población mexicana, específicamente. En función de lo anterior, un

grupo de investigación perteneciente al *Instituto Nacional de Salud Pública* (INSP) desarrolló un estudio en la materia, enfocado a desarrollar un diagnóstico de la relación entre clima y salud a través de la evaluación de enfermedades asociadas al cambio y a la variabilidad climática en el estado de Morelos. Los resultados más sobresalientes de dicho estudio se describen en este apartado.

Primeramente se realizó una revisión sistemática de la literatura indexada, así como de reportes, informes técnicos y publicaciones en bases de datos electrónicas de eventos en salud, asociados al cambio climático en Morelos. Posteriormente, se realizó una selección de enfermedades sensibles al clima, prioritarias en términos de salud pública en la entidad para, finalmente, desarrollar un análisis regional sobre los impactos de las variaciones climáticas en la salud de la población en la entidad.

### **Selección y análisis de enfermedades en función de las variables climáticas** (Hurtado *et al.*, 2013)

A partir de la minuciosa revisión bibliográfica, las enfermedades más representativas asociadas al cambio climático en Morelos fueron seleccionadas (Tabla 4.4) como indicadores para el análisis diagnóstico de la situación en la entidad.

A su vez, el análisis efectuado de dichas enfermedades en función de las variables climáticas (Tabla 4.4) mostró que todas las enfermedades analizadas presentaron una correlación significativa con al menos una variable climática en alguna de las regiones (excepto la tuberculosis). Sin embargo, la región semifría fue la que presentó una menor cantidad de correlaciones comparada con las demás. En general, las enfermedades por infecciones respiratorias agudas (IRA's) (asma, neumonías y bronconeumonías) tuvieron correlaciones negativas con las variables climáticas, mientras que lo contrario ocurrió con las enfermedades diarreicas agudas (EDA's) y la picadura de alacrán.

Tabla 4.4. Matriz de correlación entre las enfermedades y las variables climáticas en la región norte y sur de Morelos.

Enfermedad	Región semifrías			Región semicálida			Región cálida		
	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Precipitación	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Precipitación	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Precipitación
Asma	-0.07	0.07	-0.07	-0.36*	-0.29*	-0.13*	-0.24*	-0.21*	-0.10*
Chagas	0.03	-0.04	0.04	0.04	-0.08	0.11*	-0.12*	-0.12*	-0.04
Dengue	0.05	-0.003	0.04	0.13*	-0.14*	0.08	0.14*	-0.22*	0.05
Desnutrición	0.06	-0.001	0.03	-0.08	0.07	-0.08	0.01	0.19*	-0.08
EDA's	0.45*	0.16*	0.29*	0.18*	0.002	0.29*	0.36	0.12*	0.41*
IRA's	-0.30*	-0.02	-0.24*	-0.58*	-0.18*	-0.36*	-0.58*	-0.13*	-0.40*
Neumonías y bronconeumonías	0.01	0.06	-0.04	-0.31*	-0.20*	-0.16*	-0.30*	-0.30*	-0.16*
Picadura de alacrán	0.13*	-0.05	0.06	0.63*	0.49*	0.18*	0.59*	0.65*	0.06
Tuberculosis	0.03	0.06	-0.004	0.01	-0.01	0.02	0.06	0.04	0.07

\* Valores estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ )

A continuación se describe cada enfermedad de forma independiente:

**Asma:** El asma mostró una correlación negativa en las tres regiones, excepto para la temperatura máxima en la región semifría. En la región semicálida y cálida esta correlación fue significativa con las tres variables climáticas.

**Enfermedad de Chagas:** Esta enfermedad mostró una correlación positiva en la región semicálida con la precipitación, y una correlación negativa con la temperatura mínima y máxima en la región cálida, mientras que en la región semifría no se encontró una correlación significativa.

**Dengue:** En la región semifría no hubo correlación entre la morbilidad por dengue y las variables climáticas. Por otro lado, en la región semicálida y cálida se observó una correlación negativa entre la incidencia de dengue y la temperatura máxima, y una positiva con respecto a la temperatura mínima.

**Desnutrición:** La desnutrición solamente mostró una correlación positiva en la región cálida con la temperatura máxima, incrementándose el número de casos en la temporada de calor.

**EDA's:** En las tres regiones climáticas se observaron correlaciones positivas con las tres variables climáticas. Solamente en la región semicálida no se encontró una correlación con la temperatura máxima. En las tres regiones, los registros más altos de morbilidad en cada año se registran meses después de que la temperatura mínima y máxima alcanzan sus valores máximos. Para el caso de la precipitación, el aumento en la morbilidad coincide con los meses en donde se registra una mayor precipitación.

**IRA's:** Estas infecciones siempre tuvieron una correlación negativa con todas las variables climáticas en las tres regiones, siendo la única excepción la región semifría en la que se encontró solamente una correlación entre la temperatura mínima y la precipitación. La mayor morbilidad se encontró cuando la temperatura mínima, máxima y la precipitación alcanzaban sus valores más bajos.

**Neumonías y bronconeumonías:** En la región semifría no se encontró ninguna correlación con alguna variable climática, mientras que en la región semicálida y cálida, la morbilidad tuvo una correlación negativa con

todas las variables climáticas. Al igual que con las IRA's, los mayores registros de morbilidad coincidieron con los menores valores de temperatura mínima, máxima y precipitación.

**Picadura de alacrán:** La incidencia de picaduras de alacrán siempre tuvo una correlación positiva en las tres regiones. En la región semifría, su incidencia se asoció con la temperatura mínima, en la región semicálida tuvo una correlación con las tres variables climáticas, y en la región cálida con la temperatura mínima y máxima; sin embargo, los mayores valores en las correlaciones se observaron con la temperatura mínima y máxima en la región semicálida y cálida.

**Tuberculosis:** En ninguna de las tres regiones se encontró una correlación significativa con alguna variable climática.

Finalmente, a partir de la información recopilada y analizada en el estudio, se puede concluir que las enfermedades con mayor vulnerabilidad al cambio climático en Morelos, por su alta tasa de morbilidad, son las IRA's, la picadura de alacrán y las EDA's. Además, las IRA's (asma, neumonías y bronco neumonías) presentan una correlación negativa con las variables climáticas, es decir, cuando la temperatura mínima, máxima y la precipitación disminuyen, la incidencia de estas enfermedades aumenta. Por otro lado, las EDA's y picaduras de alacrán están relacionadas positivamente con las variables climáticas, por lo que un aumento en la temperatura mínima, máxima y precipitación, incrementa su morbilidad.

## 5. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RIESGO

El *Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático* (IPCC, por sus siglas en inglés), define *riesgo* como una función de probabilidad y magnitud de diferentes impactos (IPCC, 2001). Para el caso del estado de Morelos, se desarrolló un estudio en la materia que tuvo como objetivo el análisis de los factores de riesgo geológicos, hidrometeorológicos y químicos en el estado de Morelos. Los resultados obtenidos a partir de dicho estudio se describen a continuación.

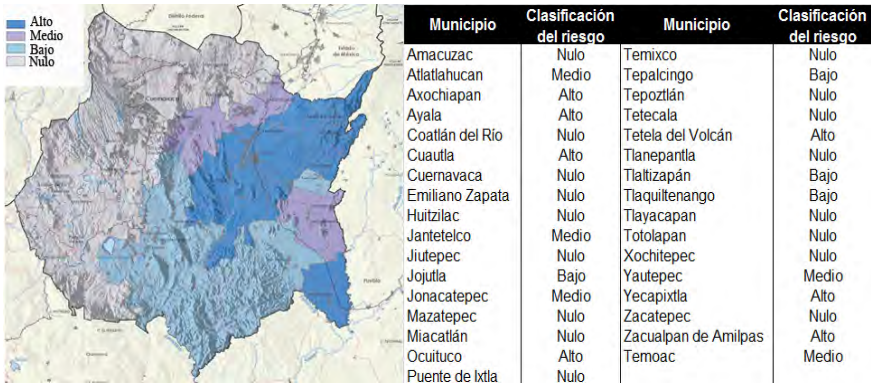
### 5.1. Factores de riesgo geológicos

#### Riesgo por flujos de lodo e inundaciones

La actividad volcánica en el estado de Morelos está constantemente monitoreada, debido principalmente a la presencia del volcán *Popocatepetl*. La combinación de materiales volcánicos (rocas ígneas pómez y, en mayor cantidad, ceniza) e intensas precipitaciones pueden formar flujos de lodo que se movilizan rápidamente. El principal peligro para la vida humana es el enterramiento o el impacto de bloques y otros escombros.

Se ha reportado que el 26.62% de la superficie de Morelos se encuentra en riesgo Alto de sufrir daños a causa de los flujos de lodo o inundaciones. El 10.24% de la superficie está en riesgo Medio; el 21.14% del territorio está considerado dentro de un riesgo Bajo y el 42% de la superficie del estado tiene un riesgo Nulo (Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010). En la figura 5.1 se muestran los 33 municipios y el riesgo en el que se encuentran de sufrir flujos de lodo e inundaciones.





**Figura 5.1.** Regiones del Estado en riesgo de sufrir flujos de lodo e inundaciones. **Fuente:** Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010.

## Riesgo por derrumbes e inestabilidad de laderas



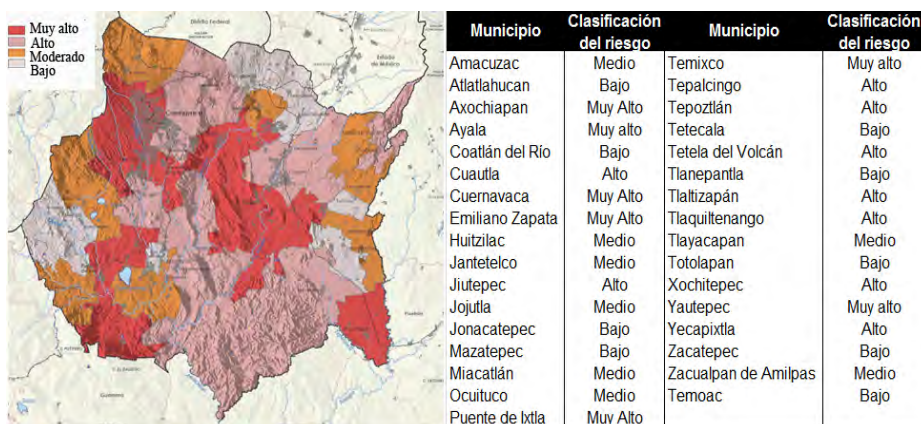
**Figura 5.2.** Son siete los municipios que presentan riesgos muy altos de sufrir deslizamientos de laderas y desprendimientos de rocas.

topográficamente más bajas. En muchas ocasiones el peligro aumenta por la remoción de materiales para explotación (minas) o, bien, por la construcción de vías de comunicación (taludes) y asentamientos humanos en laderas y barrancas.

Los deslizamientos de laderas y desprendimientos de rocas son procesos geológicos comunes en la superficie de la Tierra (Figura 5.2). La erosión del terreno y la gravedad actúan constantemente en el transporte de materiales desde las zonas más altas hacia las partes

El 83.26% de la población morelense se encuentra en categorías de riesgo muy alto (47.01%) y alto (36.25%). Los municipios en los que se presenta un riesgo muy alto por inestabilidad de laderas son: Axochiapán, Ayala, Cuernavaca, Emiliano Zapata, Puente de Ixtla, Temixco y Yautepec. Estos

municipios abarcan el 47% de la población y el 28% de la superficie del estado. Menos del 17% de la población habita en municipios definidos como de riesgo moderado y bajo (Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010). En la figura 5.3 se muestran los municipios y el riesgo en el que se encuentran de sufrir derrumbes.



**Figura 5.3.** Regiones del estado en riesgo de sufrir deslaves y derrumbes en laderas. **Fuente:** Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010.

## 5.2. Factores de riesgo hidrometeorológicos

### Vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos

De acuerdo con Hesselbach-Moreno *et al.* (2010), en Morelos, la población bajo condiciones de vulnerabilidad muy alta es de cerca de 170 mil habitantes y se concentra en los municipios de Ayala y Temixco. Más del 75% de la población total estatal se encuentra en condiciones de alta vulnerabilidad por fenómenos naturales, entre los que destacan Cuatla y la Zona Metropolitana de Cuernavaca, que en menos del 10% de la superficie estatal concentra al 45% de la población de la entidad y algunos de los municipios más poblados como Cuernavaca y Jiutepec.

Bajo condiciones de vulnerabilidad media se encuentran seis municipios con aproximadamente 15 mil habitantes. Por su parte, los once municipios con vulnerabilidad baja concentran a poco más del 8% de la población total de Morelos, entre los que destacan, por tamaño de la población y extensión territorial, los municipios de Miacatlán y Tepalcingo (Figura 5.4).

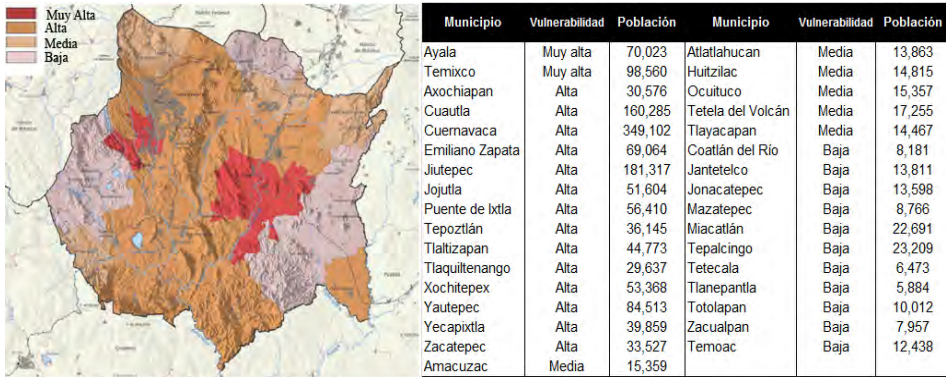


Figura 5.4. Vulnerabilidad de los municipios de Morelos ante los fenómenos hidrometeorológicos. Fuente: Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010.

### Riesgo por inundaciones pluviales

En el estado de Morelos el período de mayor precipitación se presenta entre mayo y octubre. Es en este lapso en donde, en función del tiempo de duración e intensidad de la precipitación, la intercepción por la vegetación, la pendiente del terreno y la porosidad eficaz de la relación suelo-roca, el agua precipitada se infiltra en mayor volumen, promoviendo el incremento en la humedad de los suelos y la recarga natural a los acuíferos o, bien, escurriendo y aumentando considerablemente los caudales en los cauces de arroyos y ríos (Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010).

La severidad de las inundaciones se incrementa por las alteraciones en el drenado natural, la deforestación y el establecimiento de asentamientos humanos en áreas naturalmente inundables (laderas de barrancas, cauces de ríos, entre otros).

Se ha estimado que el 65.26% de la población estatal se encuentra bajo un riesgo muy alto de sufrir inundaciones; el 14.23% está en riesgo alto; el 12.62% presenta riesgo moderado y el 7.89% de la población se ubica en un riesgo bajo (Figura 5.5).

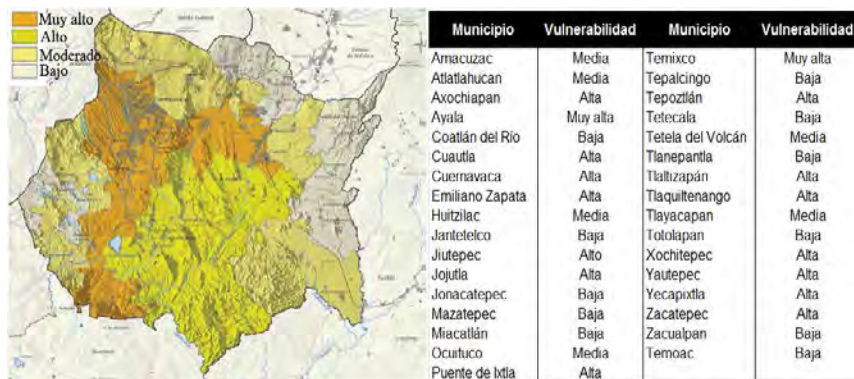


Figura 5.5. Nivel de riesgo (izquierda) y vulnerabilidad (derecha) de los municipios de Morelos por inundaciones pluviales. Fuente: Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010.

### Riesgo por temperaturas extremas

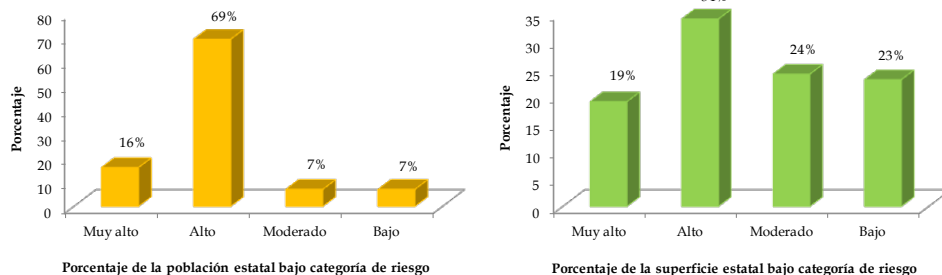
Para Morelos se han previsto diversos escenarios sobre los cambios que presentarán las precipitaciones totales y la temperatura media anual (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Escenarios a futuro de la precipitación total y temperatura media anual.

Escenario	Precipitación total anual	Temperatura media anual
Año 2020	Variará entre +5 y -5%	Entre 0.6 y 1.4°C
Año 2050	Disminuirá entre 5 y 10%	Entre 1.0 y 2.5°C
Año 2080	Disminuirá entre 5 y 20%	Entre 2 y 4°C

Fuente: INE en [http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/estados/futuro\\_morelos.html](http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_morelos.html)

Como se observa en la tabla anterior, las precipitaciones en Morelos disminuirán gradualmente con el tiempo y las temperaturas aumentarán, generando períodos más largos de sequía. En la figura 5.6 se muestran los porcentajes de los territorios y la población que se encuentran expuestos a sufrir sequía. Se observa que el 69% de la población se encuentra en riesgo alto por sequías, en tanto que en el 34% del territorio se presenta la misma condición de riesgo.



**Figura 5.6.** Porcentajes de riesgo por sequía en la población y la superficie estatal. **Fuente:** Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010.

La persistencia de las temporadas secas representa un riesgo para la agricultura, principalmente la que se practica en la región oriente con cultivos de sorgo, gramíneas, maíz, jitomate y cacahuete. En algunos municipios como Amacuzac, Axochiapan, Ayala, Puente de Ixtla, y Coatlán del Río, la totalidad de su superficie territorial se encuentra considerada bajo riesgo de sequías.

En conjunto con la sequía, otro de los efectos causado por las modificaciones en la temperatura media anual es la presencia de temperaturas máximas extremas.

En Morelos los niveles máximos de calor se presentan de marzo a junio, con importantes picos en abril y mayo. Los registros de temperatura en el período de 1941-2006, de entre 38 y 46°C, han permitido estimar que en municipios como Jojutla, el total de su territorio se encuentra en riesgo de padecer temperaturas máximas extremas en los siguientes años. Algo similar se identifica en Puente de Ixtla, Xochitepec y Zacatepec, en donde la región meridional de estos municipios se encuentra en la misma condición de riesgo (Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010).

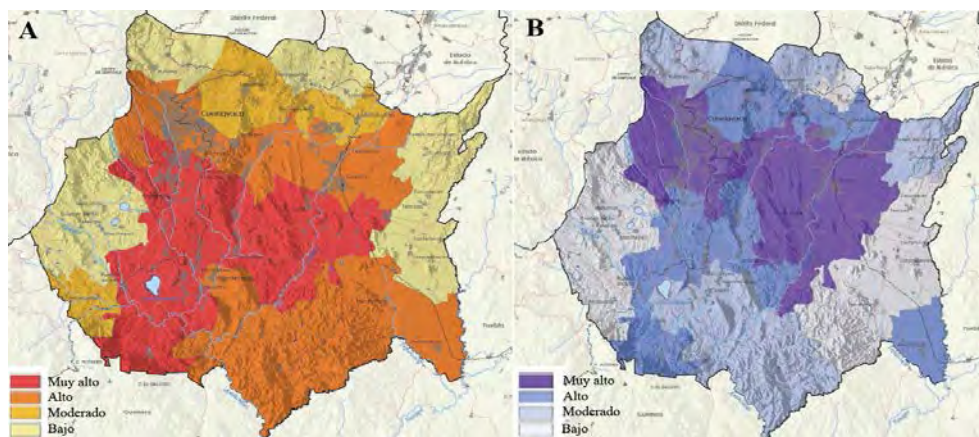
Se reporta que un 36.3% del territorio se encuentra dentro de la categoría de riesgo muy alto de sufrir temperaturas máximas extremas; el 27.7% se encuentra en riesgo alto; el 10.36% en riesgo moderado y el 25.6% en riesgo bajo.

En los territorios con riesgo alto se ubica el 55.7% de la población estatal; el 29.6% en riesgo alto; el 4.9% en riesgo moderado y el 9.7% en riesgo bajo (atlas) (Figura 5.7a).

El riesgo más alto por temperaturas máximas extremas en el estado se presenta en el centro y una parte del suroeste del estado, en los municipios de Ayala, Emiliano Zapata, Jojutla, Puente de Ixtla, Temixco, Tlaltizapán, Xochitepec y Zacatepec.

El grupo más sensible a las temperaturas elevadas y a las oleadas de calor es la población mayor de 65 años que, en general, tiene menor capacidad termorreguladora, por lo que un aumento en la frecuencia o intensidad de las olas de calor incrementaría el riesgo de mortalidad, principalmente en éstas y en aquéllas que se encuentran en situación de pobreza (Confalonieri *et al.*, 2007).

Además de las temperaturas máximas extremas registradas en el estado, el descenso extremo de las temperaturas también es un factor de riesgo en diversas regiones para la población, principalmente para los adultos mayores y niños pequeños, así como para las personas que carecen de hogar o que deben estar expuestos al frío durante largos períodos (Ranhoff, 2000) (Figura 5.7b).



**Figura 5.7.** Nivel de riesgo por temperaturas máximas extremas (A) y mínimas extremas (B) en Morelos. **Fuente:** Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010.

En el estado de Morelos, los municipios con riesgo muy alto de temperaturas mínimas extremas son: Ayala, Cuautla, Cuernavaca, Emiliano Zapata, Jiutepec, Temixco, Yautepec y Yecapixtla. Registros de temperaturas de entre  $-2^{\circ}$  a  $0^{\circ}\text{C}$ , para el período 1941-2006, aunados a la

vulnerabilidad social establecen que las principales zonas de riesgo son las regiones altas de Atlatlahucan, Huitzilac y Tepoztlán.

El 65% de la población morelense se encuentra dentro de la categoría de riesgo muy alto por temperaturas mínimas extremas; el 18% en riesgo alto; el 8% en riesgo moderado y el 9% en riesgo bajo. El porcentaje de riesgo por temperaturas mínimas extremas en la superficie del territorio estatal es similar en todos los niveles de riesgo, esto es alrededor del 24-26% (Hesselbach-Moreno *et al.*, 2010).

### **5.3. Factores de riesgo químicos**

#### **Riesgo por incendios forestales**

Las altas temperaturas, en combinación con períodos prolongados de sequía, favorecen la aparición de incendios. De acuerdo a información del *Reporte Semanal de Resultados de Incendios Forestales* (SEMARNAT-CONAFOR, 2011), en el estado han ocurrido 240 incendios del 1º de enero al 29 de septiembre del año 2011, con un total de 2,512.20 has afectadas (1,405.8 has de arbustos y matorrales, 917.7 has de pastizal y 188.7 has de renuevos). En la tabla 5.2 se muestra el número de incendios y la superficie afectada en Morelos durante los últimos años.

Los incendios representan un riesgo para el suelo y la biodiversidad, lo que implica pérdidas o efectos indeseables en otros componentes ambientales asociados (Figura 5.8).

**Tabla 5.2.** Incendios registrados en Morelos desde el año 2000 hasta el 2011 y superficie afectada.

Año	No. De incendios	Pastos (has)	Arbustos y matorrales (has)	Renuevos (has)	Arbolado adulto (has)	Total superficie afectada (has)
2000	266	320	606	0	41	967
2001	160	213	234	0	15	462
2002	227	124	553	0	42	719
2003	226	188	484	15	0	687
2004	123	41	164	4	0	209
2005	182	89	359	6	0	454
2006	176	269	601	18	0	888
2007	126	145	170	9	3	327
2008	214	292	496	50	4	842
2009	189	257	370	49	2	678
2010	140	92.25	1	3.6	179.78	416.63
2011*	240	917.7	1405.8	188.7	0	2752.2

\* Período del 1º de enero al 29 de septiembre

Fuente: SEMARNAT 2009 y 2010, SEMARNAT-CONAFOR 2011



**Figura 5.8.** Los incendios forestales son originados principalmente por actividades humanas asociadas a la expansión agrícola y urbana; sin embargo, las medidas para resguardar los bosques de perturbaciones podrían ser muy onerosas y estar fuera del alcance económico de la mayoría de los países en vías de desarrollo.



Finalmente, una vez que se han detectado factores de riesgo asociados a los efectos del cambio climático, deben proponerse y, posteriormente, adoptarse ciertas medidas de adaptación que le permitirán a la sociedad contender con esta situación. Las medidas de adaptación que se implementen en Morelos, como un conjunto de actividades, acciones, decisiones y actitudes, influirán en la toma de decisiones sobre los procesos y normas sociales que deberán tomar las autoridades correspondientes.

## 6. LA MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO COMO ESTRATEGIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

### 6.1. Introducción

La mitigación puede definirse como “toda intervención antropogénica que reduce las fuentes o aumenta los sumideros de gases de efecto invernadero” (Klein *et al.*, 2007). Una opción de mitigación de carbono debe dar como resultado la reducción del incremento neto de las emisiones de este gas en un área determinada y/o la sustitución de combustibles fósiles (Masera, 1995; Masera *et al.*, 2000).

Como se mencionó en el capítulo uno, la mitigación consiste en buscar y eliminar las causas de la crisis (ambiental) mediante la disminución de las emisiones de GEI y, para ponerla en práctica, se deben modificar procedimientos, usar tecnologías limpias y eficientes, así como fomentar prácticas ecológicas, ya sea para compensar o para evitar más emisiones de GEI. Las medidas de mitigación pueden reducir la velocidad con que aumentan las concentraciones actuales de GEI y por consiguiente reducir los impactos del calentamiento global.

A nivel mundial, la estrategia general consiste en conducirnos hacia una estabilización de las emisiones. Entre las medidas de mitigación globales más importantes están las siguientes:

1. La reducción de emisiones de GEI mediante la sustitución de energías convencionales por tecnologías limpias, desde fuentes renovables; promover el ahorro y la eficiencia energética; desarrollar tecnologías de reducción y captura de emisiones en la industria y en el transporte.
2. La conservación y ampliación de las zonas boscosas y de vegetación: las emisiones generadas en 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, aunado a 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 por el uso del transporte y de la energía eléctrica. Se pueden reducir significativamente las emisiones al reducir, tanto la demanda de electricidad de edificios mediante el manejo integral de residuos, como la intensidad del uso de autos particulares.

A continuación serán abordadas diferentes categorías clave en el estado de Morelos, desde la perspectiva de la mitigación —analizando su situación actual, identificando puntos clave de atención—, hasta la aportación de sugerencias para el diseño de las estrategias de mitigación en la entidad morelense.

## 6.2. Energía

### Introducción

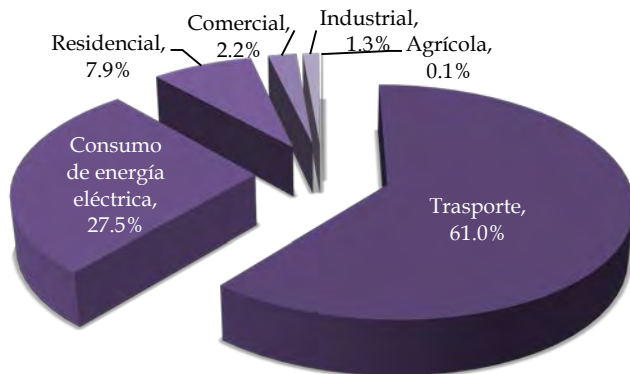
Los procesos de generación y uso de energía son de vital importancia para el desarrollo económico de la sociedad en general; sin embargo, el aumento de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> y otros GEI, derivado principalmente de la dependencia energética ligada al consumo masivo de combustibles fósiles (Figura 6.1), es en gran medida responsable del fenómeno del cambio climático (Rosemberg *et al.*, 2008).

Los datos recabados por el *Inventario Nacional de Emisiones 1990-2010*, señalan que las actividades relacionadas con la generación y uso de la energía son responsables de más del 60% del total de emisiones de GEI en México (SEMARNAT-INECC, 2012), mientras que en el estado de Morelos la categoría *energía* es una de las de mayor impacto. De acuerdo con el *Inventario de Emisiones de GEI del Estado de Morelos*, en el año 2009 cerca del 47% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>, entre otros gases, provenían de las actividades de esta categoría, siendo la quema de combustibles fósiles para el transporte automotriz la principal causa de liberación de estos gases (Figura 6.2), sin dejar de lado las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica, en diferentes actividades, así como el uso residencial de combustibles, categorías que le siguen en importancia (Ortiz-Hernández *et al.*, 2013).

Debido a la importancia de la cantidad de emisiones generadas en esta categoría en el estado de Morelos, especialmente las relacionadas al transporte terrestre, se evidencia la necesidad del planteamiento y la implementación de estrategias que permitan la reducción de dichas emisiones en los próximos años.



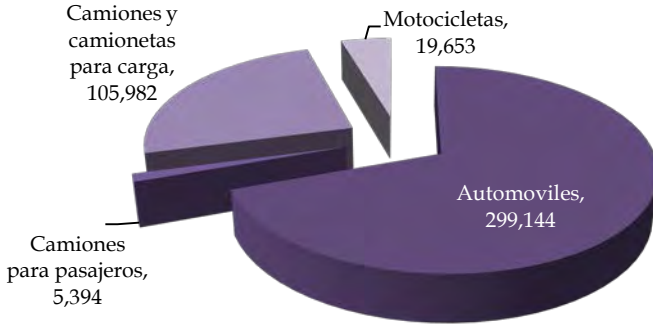
**Figura 6.1.** La dependencia hacia los combustibles fósiles y sus derivados, como la gasolina, es causa principal de emisiones de GEI.



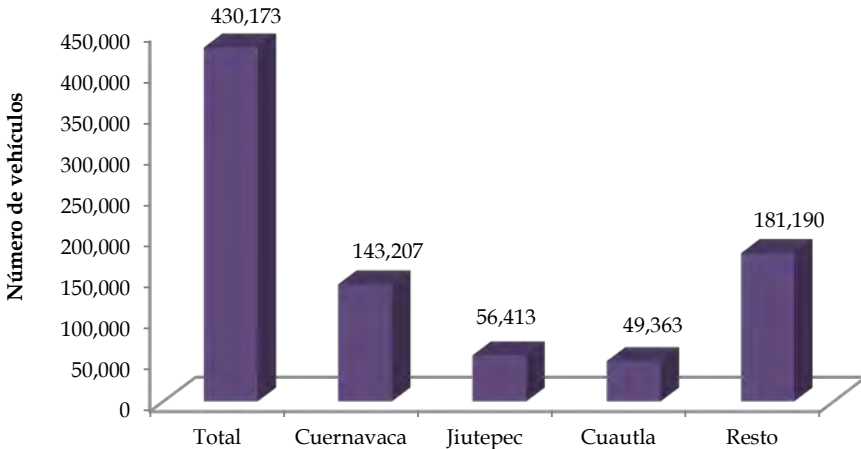
**Figura 6.2.** Principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub>-eq de la categoría *energía* en el estado de Morelos (2009).

## Transporte terrestre

La explosión demográfica, el nivel socio-económico de la población y la falta de un transporte público eficiente, han influido en las familias para adquirir automóviles propios, generando el incremento del parque vehicular en Morelos y en el país en general. El problema de la contaminación no sólo depende de la cantidad de vehículos, sino también de las características de los combustibles — el consumo de combustible está relacionado con la cantidad de emisiones (Urbina-Ortiz, 2009) — y de las condiciones de los vehículos y de las vialidades. Según estadísticas del INEGI, en el año 2011, se registraron 430,173 vehículos automotores en el estado de Morelos (Figura 6.3), de los cuales los automóviles de uso privado representaban cerca del 70%. La distribución de estos vehículos a lo largo del territorio morelense es heterogénea; sin embargo, más del 50% se concentra en sólo tres municipios (Cuautla, Cuernavaca y Jiutepec) (Figura 6.4). En conjunto, estos automóviles generan más de 2.5 millones de Gg de CO<sub>2</sub>-eq anualmente, derivados de la quema de gasolina y diesel, principalmente (Ortiz-Hernández *et al.*, 2013).



**Figura 6.3.** Distribución por tipo de vehículos automotores en el estado de Morelos en el año 2011 (INEGI, 2011).



**Figura 6.4.** Distribución municipal por número de vehículos automotores registrados en el año 2011 en el estado de Morelos (INEGI, 2011).

Con base en lo anterior, resulta pertinente que las estrategias de mitigación a desarrollarse estén encaminadas a limitar el número total de vehículos automotores en la entidad morelense. Para esto, se puede considerar la viabilidad del establecimiento de un programa de circulación vial basado en el del Distrito Federal, mediante programas de verificación en las regiones interestatales (estados vecinos), que contemplen restricciones de circulación en las zonas metropolitanas del estado de Morelos.

Además de limitar el número de vehículos automotores, es preciso impulsar el uso de tecnologías automotrices de menor impacto ambiental, como los automóviles híbridos y eléctricos, lo cual puede lograrse mediante

incentivos fiscales y descuentos en la adquisición a los usuarios, inclusive, se pueden promover convenios con compañías automotrices distribuidoras.

Aparte de los automóviles híbridos y eléctricos, existen actualmente en el mercado internacional experiencias exitosas con el uso de combustibles alternos de menor impacto ambiental que los combustibles fósiles y sus derivados, como es el etanol y el bio-diesel. Para lograr esa transición de combustibles es indispensable impulsar la investigación y el desarrollo tecnológico de combustibles alternos, por lo que en este punto, las Instituciones de Educación Superior (IES) juegan un papel fundamental.

Otro aspecto que se sugiere tomar en cuenta para el diseño de las estrategias de mitigación, es la cantidad extralimitada de reductores de velocidad (“topes”) en todas las localidades de la entidad. Se sugiere que sea contemplada la viabilidad de establecer un programa de regulación de su cantidad. Esto se sugiere con base en diversos estudios que han demostrado que dichos “topes” ocasionan un incremento de hasta 40 veces las emisiones de GEI y 21 veces el consumo de combustible, debido al constante frenado y arranque.

Por otro lado, el transporte de carga y el servicio público de pasajeros son de vital importancia para la economía de las ciudades actuales; sin embargo, el tránsito de camiones de carga y distribución (Figura 6.5) por las vialidades principales de las ciudades, principalmente en horarios pico, genera un incremento significativo en las emisiones de GEI debido a su gran tamaño y peso. Estos camiones dificultan el tráfico disminuyendo la velocidad promedio de circulación y elevando, como consecuencia, las emisiones de los demás vehículos que transitan en el mismo tramo.



**Figura 6.5.** Los camiones de carga generan un incremento significativo en las emisiones de GEI debido a su gran tamaño y peso.

Por tal motivo, la implantación de acciones que permitan reorganizar las rutas de recorrido y horarios de circulación de los camiones de carga, así como nuevos esquemas de distribución, centrales de abasto y movilidad con vehículos más eficientes, son algunas de las sugerencias para disminuir las emisiones de GEI en esta categoría.

Por su parte, el servicio de transporte público de pasajeros es una necesidad social para las grandes ciudades, pero también una oportunidad para generar opciones que permitan disminuir las emisiones generadas por los vehículos automotores de uso particular.

En el estado de Morelos, el sistema de transporte público imperante no cumple con los requisitos mínimos de sustentabilidad, seguridad y eficiencia vial. Se plantea la implementación de un nuevo sistema de transporte público basado en autobuses de alta capacidad y tecnología (ahorro de combustible y/o uso de combustibles alternos), que brinde movilidad urbana de manera rápida y segura por medio de la integración de una infraestructura preferente (carril exclusivo, zonas de ascenso y descenso de usuarios, facilidades para personas con capacidades diferentes), operaciones rápidas y frecuentes, sistema de pago automatizado y excelencia en la calidad del servicio mediante la capacitación frecuente de sus operadores y el mantenimiento preventivo de las unidades.

Para lograr este replanteamiento en el sistema de transporte público se necesita de una vinculación muy estrecha entre todos los sectores implicados, además de estudios estadísticos sobre aspectos viales en la entidad, además de estudios de reingeniería vial para reorganizar las rutas de transporte actual.

Independientemente del establecimiento de un nuevo sistema de transporte público, es ineludible la modernización del parque vehicular de transporte público urbano de pasajeros (camiones y taxis) en el estado de Morelos.

El acceso a un transporte público seguro y de calidad, permitirá la migración de los ciudadanos del uso particular de vehículos a opciones más sustentables, como el uso del transporte público, compartido o de cero emisiones (Eichhorst, 2010).



En las grandes ciudades del mundo se cuenta con sistemas de transporte colectivo, como redes de trenes subterráneos o autobuses de pasajeros, que dan servicio a un gran número de la población y que son utilizados como estrategias para mitigar las emisiones de GEI. Un ejemplo de esto fue la implantación del *Metrobús* en la Ciudad de México. Esta estrategia de transporte incluye el uso de autobuses de gran capacidad que transitan por carriles de uso exclusivo con una adecuada planeación de horarios y recorridos para disminuir el tiempo de traslado y el nivel de emisiones generado. Esta estrategia ha permitido la mitigación de aproximadamente 110,000 ton anuales de emisiones de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera (Metrobús, Ciudad de México, 2013).

Dentro del mismo contexto del transporte público y de pasajeros, se sugiere considerar el establecimiento de un sistema de transporte escolar para estudiantes de nivel de educación básica y media superior inscritos en planteles públicos y privados de las zonas metropolitanas de Morelos ya que esto reduciría significativamente el tránsito en horas pico ocasionado por el desplazamiento de los padres a las escuelas en vehículos particulares. Dicho transporte deberá estar fuertemente regulado y garantizar la seguridad e integridad de los menores.

### **Consumo de energía eléctrica y gas LP en el sector residencial**

En Morelos, el desarrollo residencial se ha incrementado en años recientes. En el año 2008 Morelos ocupó el 14<sup>o</sup> lugar a nivel nacional en edificación residencial (INEGI, 2011b). La segunda subcategoría energética, en lo que a emisiones de CO<sub>2</sub>-eq se refiere, es el uso y consumo de energía eléctrica, con un 27% del total de emisiones. Esta subcategoría engloba al uso de la energía eléctrica en los ramos agrícola, bombeo de aguas, doméstico e industrial y de servicios (Ortiz-Hernández *et al.*, 2013).

Como se observa en la figura 6.6, la liberación de GEI hacia la atmósfera proveniente de esta subcategoría tiene una tendencia a la alza, observándose un incremento considerable entre el año base (2005) y el año 2009. El sector industrial es el que manifiesta el mayor consumo, seguido del uso doméstico (Figura 6.7); por ello es muy importante establecer estrategias de ahorro y optimización en el consumo de energía eléctrica que permitan revertir esta tendencia.

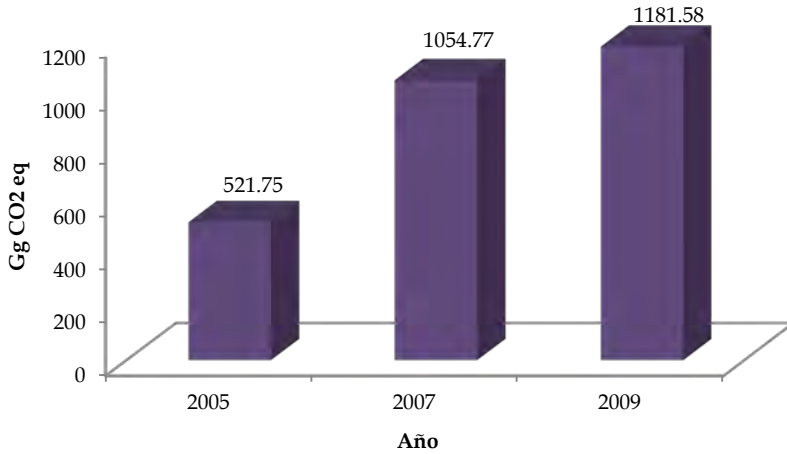


Figura 6.6. Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq provenientes del uso de energía eléctrica de todos los sectores.



Figura 6.7. La industria es el conjunto de actividades definida por una serie de procesos para transformar en productos elaborados las materias primas. Los diferentes tipos de industrias en su conjunto son el sector que presenta un mayor consumo de energía eléctrica, seguido del uso doméstico.

Como se observa en la figura 6.8, en lo referente al consumo residencial de gas LP para el estado de Morelos, en el año 2009 se reportaron 114,000 ton (SIE-SENER, 2009), consumo que tiene una tendencia ligeramente a la baja de acuerdo con el consumo reportado para el año 2005 (130,000 ton) —lo que contrasta con el mayor consumo de energía eléctrica para los mismos períodos—. La gran importancia del sector residencial como emisor de GEI,

es que representa un gran potencial para el establecimiento de acciones que permitan mitigar el volumen de sus emisiones.



**Figura 6.8.** Consumo de gas LP (ton) por sector en el estado de Morelos (2009). **Fuente:** SIE-SENER (2009), consumo de gas LP en el sector residencial, comercial y agrícola (<http://sie.energia.gob.mx>).

Con base en lo anterior, se proponen algunos aspectos a tomarse en cuenta para el diseño de las estrategias de mitigación en esta subcategoría; entre ellos destaca el impulsar la energía solar como energía alternativa, mediante la implementación de paneles solares en las viviendas domésticas, para disminuir el consumo de electricidad y de gas LP (Figura 6.9). Para lograr esto, es necesario, además de la adecuación de la normatividad vigente, obtener subsidios y facilidades para la obtención de créditos y descuentos en la adquisición de equipo.



**Figura 6.9.** El gas licuado de petróleo (LP) es de fácil manejo, lo cual le permite su uso tanto en los hogares, como en los servicios, la industria y el transporte, principalmente. Esta situación ha contribuido a situar al gas LP como uno de los principales combustibles de la matriz energética nacional.

Por otra parte, se sugiere contemplar un programa de intercambio de focos incandescentes por bombillas compactas fluorescentes o de LED, para los sectores residencial y comercial, principalmente. Las bombillas fluorescentes son hasta cinco veces más eficientes y duraderas que los focos incandescentes. Para que dicho programa sea de carácter integral tendría que contemplar, a su vez, la recolección y acopio de las bombillas fluorescentes cuando su vida útil termine, así como asegurar su adecuada disposición final, debido al contenido de mercurio presente en éstas. Si bien la cantidad de mercurio contenida en una bombilla fluorescente es mínima (aproximadamente 5 mg), no existen parámetros oficiales que obliguen a los fabricantes a cumplir con este estándar, ni tampoco existe ninguna regulación mexicana que exija a los fabricantes que proporcionen información a los consumidores acerca del manejo del producto, o de disposición final del mismo una vez que éste ha terminado su vida útil.

De igual forma, se debe promover el cambio de electrodomésticos obsoletos por otros que incluyan tecnologías e innovaciones que disminuyan el consumo de energía, lo cual se puede lograr mediante subsidios y/o descuentos para la adquisición de electrodomésticos con eficiencia energética.

## 6.3. Procesos industriales

### Introducción

Los procesos industriales tienen como propósito principal el transformar materias primas en un producto final. Durante el proceso de producción de estos bienes, el potencial para impactar negativamente en el ambiente aumenta considerablemente debido a aspectos como la instrumentación, manipulación o a la naturaleza química del proceso (Figura 6.10).



**Figura 6.10.** Los impactos ambientales del sector industrial están relacionados con el tipo de operaciones que se realizan durante el proceso productivo, la tecnología utilizada, el tipo y cantidad de combustibles usados y las materias primas empleadas.

En el caso del estado de Morelos, el sector denominado *industria mineral no metálica* tiene una fuerte influencia en los procesos industriales existentes y se refiere a la producción de productos a base de minerales no metálicos tales como: vidrio, cristal, artículos de arcillas, abrasivos y aglutinantes para la construcción, como cemento, concreto premezclado, cal y yeso. Dentro de este sector, las producciones de cemento, cal, yeso y vidrio, representan la principal fuente de emisiones de GEI para el estado de Morelos, emitiendo principalmente CO<sub>2</sub>.

La fuerte influencia de la industria minera no metálica en la entidad se debe en gran medida a las características geológicas del estado morelense,

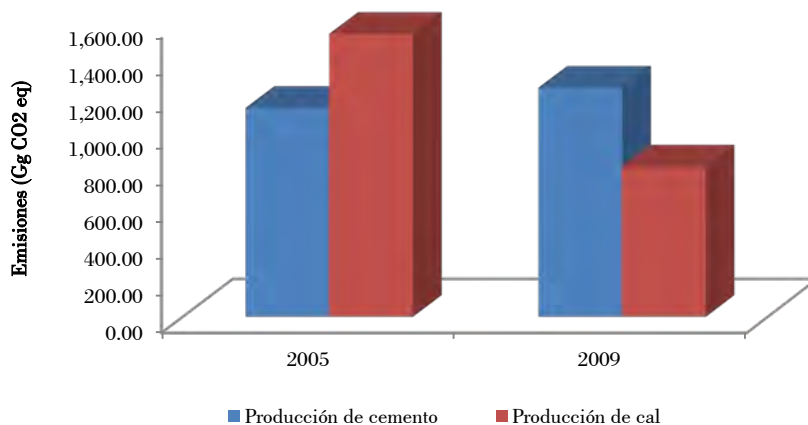
situación que ha permitido la explotación de distintos minerales principalmente como materiales de construcción.

Los municipios con mayor presencia de industria minera en el estado son Emiliano Zapata, Jiutepec y Yautepec, logrando en conjunto aproximadamente el 80% de la producción minera total del estado, destacando las calizas de la *Formación Morelos*, en donde se han instalado 122 plantas para la transformación, como las cementeras ubicadas en los municipios de Jiutepec y de Emiliano Zapata, caleras y plantas de trituración para agregados pétreos y carbonato de calcio en distintas partes del estado. Además, en Tilzapotla y Axochiapan existen aproximadamente 88 plantas para la calcinación de yeso con capacidades muy variables (Figura 6.11).

Como se muestra en la figura 6.12, la industria cementera representa la principal fuente de contribución de emisiones de GEI en el estado de Morelos en la actualidad.



**Figura 6.11.** Las tecnologías del proceso de producción de yeso y las precarias condiciones laborales demandan una inmediata intervención para regular esta importante actividad en el Estado y abatir las emisiones de contaminantes atmosféricos.



**Figura 6.12.** Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq correspondientes a la producción de cemento y de cal en el estado de Morelos en los años 2005 y 2009.

A partir de las estimaciones de GEI del sector minero no metálico en el estado de Morelos se proponen diferentes acciones a tomarse en cuenta para el diseño de las estrategias de mitigación en la categoría de *procesos industriales* en dicho estado. Es importante señalar que aunque el proceso de producción de yeso no está incluido en los inventarios de GEI, debido a su importancia económica y su impacto en el estado de Morelos, será abordado entre las consideraciones de este libro.

Inicialmente se propone, como medida prioritaria, impulsar el uso de tecnologías más eficientes y amigables con el ambiente así como el uso más eficiente de la energía en todos los diferentes procesos de producción en Morelos, principalmente en la industria minera no metálica (cemento, cal y yeso). Lo anterior permitirá la optimización de los procesos industriales mediante técnicas *eco-eficientes* como el manejo adecuado de los residuos, técnicas de forestación, captura de CO<sub>2</sub>, optimización de uso de energía y uso de energías alternas. Para lograr esto se sugiere implementar estímulos a las industrias mediante certificados/distinciones de “industria responsable contra el cambio climático” o similar. Además, es fundamental la vinculación con instituciones académicas para impulsar el desarrollo de estas tecnologías en las industrias morelenses.

En cuanto a la industria yesera se refiere, es primordial la regularización del proceso de producción así como la modernización de su infraestructura. La industria yesera en Morelos no cuenta con una estandarización del

proceso productivo y suele ser en algunos casos de tipo artesanal, por lo que se carece de un control que permita regular tanto la cantidad de materia prima usada como las emisiones de GEI ocasionadas. Adicionalmente, se sugiere fomentar el uso de energía solar como fuente alterna de energía en municipios con presencia de industria yesera, así como clima cálido la mayor parte del año (Axochiapan y Puente de Ixtla en particular).

Otra actividad poco atendida en la entidad es la fabricación de ladrillos, considerada como fuente de contaminación de área (Figura 6.13), debido a que durante su proceso se usa una amplia variedad de tipos y cantidades de combustibles para la cocción del ladrillo y no se cuenta ni con las condiciones de eficiencia energética ni con los sistemas de control de emisiones contaminantes; asimismo, no se reúnen las condiciones mínimas de seguridad para los trabajadores, aunque el impacto ambiental a la salud de la población y a los ecosistemas en general no se ha estudiado a fondo en el país.



**Figura 6.13.** Las ladrilleras localizadas en la entidad pueden contribuir con importantes emisiones de gases de efecto invernadero no cuantificado en el inventario estatal. El principal combustible que utilizan es la leña.



## 6.4. Agricultura y ganadería

### Introducción

A nivel mundial, la agricultura representa la mayor proporción de uso del suelo por el hombre y es una fuente importante de emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero; representa, además, la principal fuente de emisión de  $\text{CH}_4$  y  $\text{NO}_2$  y en menor medida, aunque también importante, de  $\text{CO}_2$ . Las prácticas agropecuarias intensivas, como la cría de ganado, el cultivo de arroz y el uso de fertilizantes emiten el mayor porcentaje del  $\text{CH}_4$  proveniente de actividades antropogénicas y gran parte del  $\text{NO}_2$  (García *et al.*, 2006) (Figura 6.14).



**Figura 6.14.** Las prácticas agrícolas intensivas son una fuente de emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero, principalmente de metano y óxido nitroso.

Debido a los efectos asociados al cambio climático, se estiman cambios en los patrones de temperatura y precipitación que podrían modificar las temporadas de producción agrícola, las características de plagas y enfermedades agrícolas y la idoneidad de los cultivos, afectando así tanto a la producción como a los costos, los ingresos y el estilo de vida de la población. La variabilidad del clima ya está haciendo peligrar la seguridad alimentaria en muchos países (Figura 6.15) y está planteando una amenaza inminente para otros en forma de fenómenos meteorológicos extremos (FAO, 2010).



**Figura 6.15.** En ciertas regiones del mundo, algunos cultivos puedan beneficiarse por los impactos del cambio climático; sin embargo, en general se esperan impactos negativos para la agricultura. Esta situación representa una grave amenaza a la seguridad alimentaria mundial donde, posiblemente, los más afectados sean los países en vías de desarrollo.

La agricultura es una de las principales actividades económicas en el estado de Morelos y la caña de azúcar uno de sus productos más representativos. Ésta es una gramínea que se cultiva tradicionalmente en los municipios de Tlaltizapán, Tlaquiltenango, Jojutla y Cuautla, y su cultivo tiene un gran impacto en la entidad debido al valor económico de sus productos y a la superficie cultivada ya que es el cultivo perenne con más superficie en el estado de Morelos (INEGI-Gobierno de Morelos, 2010).



**Figura 6.16.** De acuerdo con el número de cabezas de ganado en Morelos, la actividad ganadera es baja.

En lo que respecta a la ganadería, Morelos no es considerado un estado particularmente ganadero, ya que cuenta únicamente con un número aproximado de 559 cabezas de ganado (Figura 6.16). Las actividades ganaderas contribuyen a la emisión de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  esencialmente a través de dos procesos: la fermentación entérica,

principalmente en rumiantes (bovinos, ovinos y caprinos) y el tratamiento anaeróbico de las excretas animales o manejo de estiércol.

De acuerdo con el Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero, la subcategoría de quema de cultivos de caña de azúcar es la responsable de la mayor proporción de emisiones de GEI, en orden de importancia son el CO, los NO<sub>x</sub>, el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O. Las principales emisiones de CH<sub>4</sub> provienen del cultivo de arroz y la quema del cultivo de caña de azúcar, contribuyendo en igual proporción a las emisiones. La producción más significativa de óxido nitroso proviene de los suelos agrícolas, seguida de las emisiones generadas por el manejo de estiércol y la quema del cultivo de caña de azúcar (Figura 6.17).



**Figura 6.17.** Los cultivos de *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar) presentan una práctica común, que es la quema precosecha, actividad prohibida en algunos países como Cuba y Brasil. El humo y las cenizas producidas por la combustión pueden ser arrastrados hasta 15 km de distancia.

Debido a las actividades de agricultura (suelos agrícolas, manejo de estiércol, fermentación entérica, quema de cultivo de caña de azúcar y producción de arroz), se emitieron, en 2005, 431.67 Gg de CO<sub>2</sub>-eq mientras que en 2009 fueron 467.96 Gg de CO<sub>2</sub>-eq, lo que representa un incremento del 8.40% en las emisiones. En esta categoría Morelos contribuyó con el 0.96% de las emisiones nacionales en el año 2005 (Ortiz-Hernández *et al.*, 2013).

De acuerdo con los datos anteriores, es importante proponer medidas de mitigación para minimizar el impacto de las emisiones derivadas de las actividades agrícolas y ganaderas en la entidad. Para contribuir a ello, a continuación se proponen diferentes acciones a tomarse en cuenta para el diseño de las estrategias de mitigación en la categoría de *agricultura y ganadería* en el estado de Morelos.

De manera inicial se propone impulsar el empleo de técnicas de agricultura sustentable en los principales cultivos del estado de Morelos. Las técnicas sustentables incluyen, entre otras, el compostaje, el uso de fertilizantes orgánicos, el manejo adecuado de la biomasa y la optimización de los procesos de irrigación (Figura 6.18). Lo anterior permitirá el aprovechamiento óptimo de los subproductos del cultivo y de los procesos productivos, minimizando de esta forma los impactos derivados de los residuos generados en el proceso. Para lograr lo anterior es fundamental la participación de instituciones académicas que impulsen la investigación y el desarrollo de técnicas sustentables de agricultura, así como la capacitación adecuada para el manejo de residuos agroindustriales, su reutilización como fertilizantes orgánicos y manejo adecuado del agua en cultivos agrícolas.



**Figura 6.18.** El agua es un recurso escaso, indispensable y estratégico para el desarrollo socioeconómico de ahí la necesidad de establecer políticas de gestión integrales del recurso hídrico.

En cuanto a la caña de azúcar, cultivo emblemático del estado de Morelos, se propone tomar en consideración la eliminación de la quema de los cultivos cañeros mediante la modernización del esquema de producción de caña de azúcar y la mecanización de la cosecha a través de maquinaria especializada, lo que permitirá una disminución de las emisiones de GEI

generadas por la práctica de quema durante la cosecha de la caña de azúcar.

Finalmente, en lo que a ganadería se refiere, se sugiere impulsar la producción de biogás mediante la fermentación entérica y /o composteo, derivada de un manejo integral del estiércol proveniente del sector ganadero (Figura 6.19). Además, la implementación del proceso de fermentación entérica derivado del manejo adecuado del estiércol permitirá la producción de bio-fertilizantes, lo que disminuirá el costo de fertilizantes comerciales así como los riesgos de infección asociados al contacto con el estiércol.



**Figura 6.19.** El manejo integral de los residuos orgánicos de origen vegetal o animal, puede incluir un proceso de compostaje o lombricompostaje. La calidad del sustrato lo hace susceptible para incorporarse a la producción agrícola, al cultivo de plantas ornamentales y/o a la floricultura.

## 6.5. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSyS)

### Introducción

Los bosques son un sumidero y fuente de CO<sub>2</sub> atmosférico ya que absorben carbono por fotosíntesis, pero emiten carbono por descomposición y por la quema de árboles debida a causas antropogénicas y naturales. La gestión de los bosques para conservar y aumentar su carbono almacenado ayudará a reducir la tasa de aumento de CO<sub>2</sub> y a estabilizar sus concentraciones atmosféricas (Figura 6.20).



6.20. Las zonas boscosas desempeñan un papel clave en la mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a su capacidad para absorber carbono por medio del proceso de fotosíntesis.

En el *Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009* (CONAFOR, 2012) se reporta que la superficie continental del territorio nacional es de 194,317,118.10 ha, de las cuales el 71% (poco más de 138 millones de ha) está ocupado por vegetación forestal y el 29% restante corresponde a usos del suelo distinto al forestal. La *Organización para la Alimentación y la Agricultura* (FAO, por sus siglas en inglés) reporta que México presentó una pérdida anual de 235 mil ha de bosques y selvas en el período 2000-2005, mientras que para el período 2005-2010 fue del orden de 155 mil ha anuales, equivalente a una tasa de pérdida de 0.24% para cada año del período de referencia.

Para el estado de Morelos, el *Anuario de Estadísticas por Entidad Federativa 2011* (INEGI, 2011a) reporta que éste cuenta con un total de 88,488 ha arboladas, 26,361 corresponden a bosques y 62,127 a selvas, además de 109,317 ha que se categorizan como otras áreas forestales y perturbadas. El *Programa Nacional de Reforestación* (UACH-UNICEDER, 2002) de Morelos afirma que la entidad perdió 62,912 ha de bosque en el período de 1975 a 1994, es decir, un promedio anual de 3,311 ha y, en el mismo lapso, se reforestaron sólo 9,573 ha, resultando un déficit que aumenta cada año. Lo anterior implica la responsabilidad de proteger las 88,488 ha de bosques y selvas que quedan en el Estado, ya que, de no hacerlo, y suponiendo que continúe el ritmo de pérdida anual indicado, en 25 años se perdería la cubierta vegetal de la entidad.

De acuerdo a la SEMARNAT-CEAMA (2006), en el escenario tendencial para los usos de suelo y vegetación en Morelos, las áreas naturales disminuyen ligeramente, mientras que aumentan las zonas de pastizales inducidos y la zona urbana, al tiempo que las zonas agrícolas permanecen prácticamente sin cambio (Figura 6.21). El cambio de uso de suelo ha sido señalado como una de las principales causas de deterioro ambiental para Latinoamérica durante el presente siglo (Veblen *et al.*, 2007) (Figura 6.22).

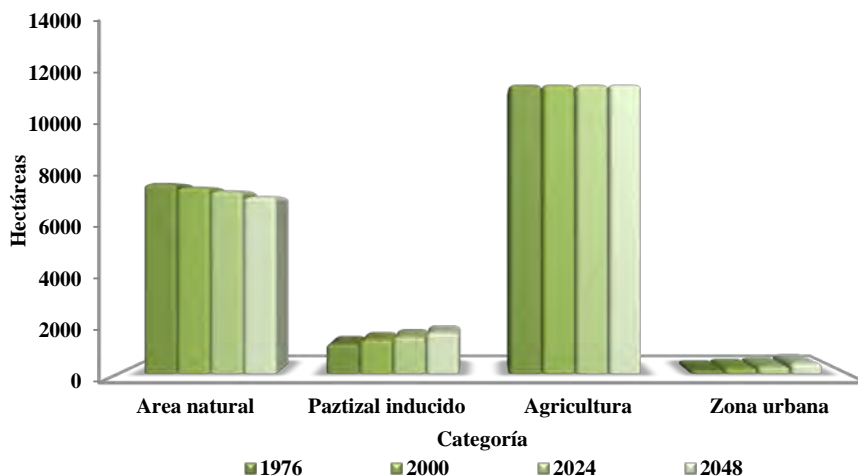


Figura 6.21. Cambios generales en el uso de suelo y vegetación para el estado de Morelos (SEMARNAT-CEAMA, 2006).



**Figura 6.22.** La acelerada pérdida de la vegetación primaria trae consigo la pérdida de los diversos componentes de la biodiversidad; asimismo, existen evidencias de las consecuencias negativas sobre una cuenca hidrológica por la remoción de la cubierta vegetal.

La UACH-UNICEDER (2002) menciona que los factores más relevantes que afectan el desarrollo forestal del estado de Morelos, y que pueden ser prioridad para el apoyo a la mitigación de emisiones de GEI, son los siguientes:

- Tala ilegal y clandestina (madera, leña, carbón y tierra de monte)
- Incendios por descuido, negligencia, naturales o producidos al quemar pastos (promedio de 215 incendios entre 1995 y 2001) (Figura 6.23)
- Presión urbana incluso sobre áreas naturales protegidas: Corredor Biológico Chichinautzin (COBIO-Chichinautzin)
- Pastoreo desordenado (prácticamente en todas las plantaciones, afectando también a los renuevos y a la reforestación realizada)
- Problemas de tenencia agraria
- Sequía en los primeros meses del año
- Deficiente vigilancia y falta de retenes
- Plagas y enfermedades (como los descortezadores de la familia Scolytidae, de la que sólo se trata una superficie promedio de 18.7 ha al año)
- Recursos y personal insuficientes



- Indefinición de procesos y tiempos para la operación del Programa
- No hay un inventario forestal confiable y actualizado (se toma como base el de 1994)



**Figura 6.23.** Las quemas agrícolas y los incendios forestales representan uno de los factores más relevantes que afectan el desarrollo forestal del estado de Morelos.

El sector forestal, de acuerdo al Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero en el estado de Morelos, reportó emisiones totales de 266.99 Gg de CO<sub>2</sub>-eq para el año 2009. La categoría *USCUSyS* es una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero del estado de Morelos, con un aporte del 2.91% del total de las emisiones para 2009 (Ortiz-Hernández *et al.*, 2013).

En el año de 2008, la ONU creó el *Programa de Colaboración de las Naciones Unidas* para reducir las emisiones causadas por la deforestación y la degradación de los bosques en países en desarrollo (Programa ONU-REDD). En dicho programa, se consideran prioritarias la conservación, el manejo sustentable de bosques y el aumento de las reservas de carbono (FAO-PNUD-PNUMA, 2011).

Bajo este tenor se han desarrollado diversas estrategias de adaptación y mitigación para reducir los riesgos del cambio climático; sin embargo, sus efectos varían en el tiempo y espacio (Parry *et al.*, 2007).

Las estrategias de mitigación propuestas deben incorporar la evaluación de impactos ambientales y socioeconómicos de su potencial ejecución, además de establecer los mecanismos de financiamiento (mercados de carbono) para el manejo forestal sostenible a partir de estudios sobre el valor económico de los servicios ambientales que proporcionan los bosques y las selvas.

En México, la percepción que la sociedad tiene sobre el deterioro ambiental y la necesidad de impulsar acciones que lo detengan ha aumentado considerablemente en los últimos años. Esta circunstancia se ha convertido en un motor novedoso para el desarrollo de políticas públicas que tienen como propósito solucionar diversos problemas sociales, económicos y ambientales y que permiten mitigar simultáneamente los efectos del cambio climático (de Jong *et al.*, 2004).

Con base en la información anterior, se proponen diferentes acciones a tomarse en cuenta para el diseño de las estrategias de mitigación en la categoría de *USCUSyS* en el estado de Morelos.

Primeramente, un tema prioritario que debe tomarse en cuenta en el rubro de la silvicultura es el de la regulación del manejo forestal sustentable en toda la entidad morelense. La administración de bosques y selvas nativas, a través de un programa forestal sustentable, permitiría conservar su diversidad biológica y productividad, además de fortalecer el sistema estatal de áreas naturales protegidas y de ecosistemas frágiles, asegurando la conservación de las reservas de carbono existentes y de los servicios ambientales. Para lograr esto, es necesario abordar diferentes medidas, entre ellas, la aplicación de políticas, estrategias y planes de manejo sustentables, la prevención de incendios forestales, el impulso de mecanismos de compensación económica por servicios ambientales en áreas estratégicas como cuencas hidrográficas y áreas eco-turísticas, además de, por supuesto, una coordinación estrecha entre las diferentes dependencias de los tres niveles de gobierno y las comunidades implicadas.

Aunado a lo anterior, se propone tomar en cuenta el impulso al establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles en el territorio morelense, ya que éstos permiten tener una mayor superficie forestal sin menoscabo de las actividades agrícolas y ganaderas, incrementando la biomasa arbórea y la subsecuente captación de carbono. Además, los sistemas mencionados mejorarían las condiciones sociales, económicas y culturales de las comunidades rurales involucradas.

## 6.6. Residuos

### Introducción

De acuerdo con la metodología propuesta por el IPCC para la estimación de GEI, existen cuatro categorías para la elaboración de inventarios. Para el caso de la categoría de residuos, en el estado de Morelos ésta representa el 23.31% del total de emisiones; de este porcentaje, el 15.06% corresponde al manejo de aguas residuales mientras que el 8.25% restante, a la deposición de residuos sólidos. Para el caso de residuos, la mayor concentración de GEI se encuentra en la etapa de disposición final (Figura 6.24).



**Figura 6.24.** La disposición final de residuos sólidos representa el 8.25% del total de emisiones de gases de efecto invernadero en el estado de Morelos.

El modelo de desarrollo imperante, así como el crecimiento poblacional, constituyen los factores preponderantes para el aumento en la cantidad y tipos de residuos que se generan en la sociedad moderna (Figura 6.25). La extracción de materias primas para la producción de insumos que satisfagan las necesidades de la sociedad moderna implica impactos ambientales en la producción y el transporte, ya que éstas al convertirse, posteriormente, en residuos, deben recibir un tratamiento adecuado que mitigue los efectos dañinos a la atmósfera derivados de un tratamiento inadecuado, sobre todo de los residuos orgánicos, los cuales, por su naturaleza intrínseca, generan GEI de alto potencial, especialmente  $\text{CH}_4$ .

En lo que respecta a las plantas tratadoras de agua residual, el principal problema es el manejo de los lodos residuales municipales e industriales, los cuales no se atienden de manera adecuada y son pocas las plantas de tratamiento que cuentan con un sistema de tratamiento de los mismos, además de que no existen cifras exactas referentes a la cantidad de lodos generados a nivel municipal y mucho menos por giro industrial (Oropeza, 2006).



**Figura 6.25.** La problemática asociada a la generación de residuos sólidos urbanos en la entidad, demanda la urgente implementación de un sistema de gestión integral.

En el caso de los lodos derivados de las plantas tratadoras de agua residual, al igual que los residuos, se deben considerar, en primera instancia, la minimización, el tratamiento adecuado y, en su caso, la disposición final adecuada y segura (Figura 6.26).



**Figura 6.26.** La infraestructura instalada para el tratamiento de las aguas residuales es insuficiente, además de que pocas de las plantas depuradoras incluyen el tratamiento y la disposición segura de los

La categoría *residuos* es la tercera en contribución de GEI en Morelos, por lo que es imperativo diseñar estrategias tendientes a disminuir sus emisiones, en especial porque se trata de un sector dinámico, cuyo crecimiento es directamente proporcional al aumento de la población. Asimismo, este sector entraña una lógica de cambios continuos en cuanto a su política de manejo por lo que, consecuentemente, no existe una continuidad que garantice una estrategia de largo plazo.

La respuesta planteada por el IPCC para atenuar la generación de GEI, y que ha sido asumida por la comunidad internacional, implica acciones de mitigación y de adaptación que, en primera instancia, reduzcan las emisiones de GEI y por otro lado propongan las medidas pertinentes adoptadas por la sociedad en su conjunto y aplicadas como una política pública desde los diferentes órdenes de gobierno.

Las medidas que se deben adoptar implican la aplicación de estrategias diferenciadas, no lineales, e interrelacionadas entre sí, que repercutan de manera directa en la reducción de la vulnerabilidad y en la contribución de acciones que impacten a nivel global en materia de cambio climático. Todo esto con un componente de generación de conocimiento y con el fortalecimiento de capacidades aplicables de manera transversal.

Las estrategias de acción aplicables para el estado de Morelos, asociadas a la generación de GEI de la categoría de residuos, se deben basar en la implementación de acciones de mitigación y adaptación aplicables a las diferentes fases que comprenden la *gestión integral de residuos*, destacando aquellas en las que se concentre la mayor cantidad de GEI, asumiendo estas fases de manera integral y considerando las interrelaciones que se presentan entre sí.

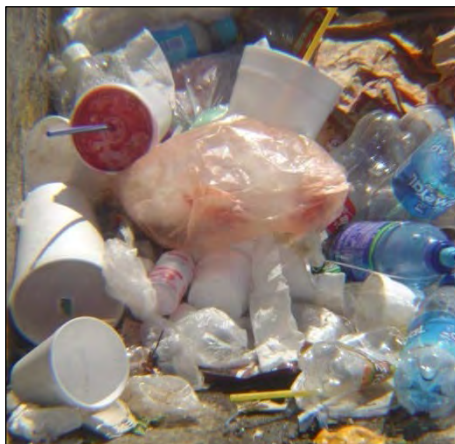
La respuesta que a nivel local se impulsó para atender la problemática asociada a los residuos, y que sirviera de base para el impulso de estrategias integrales, fue la creación de la *Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Morelos* (PLEM, 2007), documento que cita normas para llevar a cabo una gestión eficiente de los residuos sólidos, así como las acciones que el gobierno y la población en general deben realizar, apegados al marco legal, para contribuir a la reducción de la contaminación ambiental y atmosférica. Asimismo, se emitió el *Reglamento* de la ley previamente mencionada y el *Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Morelos*.

Entre las acciones que se proponen a tomarse en cuenta para el diseño de las estrategias de mitigación en la categoría de *USCUSyS* en el estado de Morelos, están las siguientes.

Entendiendo la prevención como la mejor alternativa para la reducción de potenciales residuos sólidos —como la producción de materiales como empaques y embalajes—, se sugiere el establecimiento de una campaña

continua para la prevención de la generación de residuos, adecuando el marco legal para desincentivar su uso en productos comerciales.

Por otra parte, y con base en el conocimiento de que el establecimiento de cadenas mercantiles para las diferentes corrientes de residuos propicia la utilización de los mismos con fines de reciclaje y/o reutilización, es importante, además de hacer más eficiente el manejo integral de residuos, impulsar la valorización de residuos en el territorio morelense mediante la modificación del esquema de los servicios de recolección, generando así cadenas de valor. Para lograr lo anterior, es fundamental alcanzar convenios y acuerdos intermunicipales, así como estrategias metropolitanas para adecuar la normatividad en el manejo de residuos de ámbito estatal que permitan su minimización y valorización (Figura 6.27).



**Figura 6.27.** La minimización y valorización de los residuos sólidos municipales forman parte de una estrategia integral donde deben estar involucrados todos los sectores de la sociedad.

Dentro del mismo tema, es sabido que los residuos orgánicos representan más del 50% de la generación diaria de residuos y que la descomposición anaerobia de estos residuos resulta en emisiones de GEI de alto potencial. Con el tratamiento de los residuos orgánicos mediante la técnica de compostaje se puede obtener un producto susceptible de utilizarse como abono, por lo que es importante el establecimiento de plantas de compostaje regionales y/o municipales en zonas de alta generación de residuos orgánicos y en áreas estratégicas para la agricultura en el territorio morelense.

Finalmente, en cuanto al manejo de aguas residuales, un aspecto prioritario para el estado de Morelos es el de asegurar el manejo eficiente y la operación continua de las plantas tratadoras de agua residual existentes. La operación de las plantas tratadoras de agua residual es una atribución municipal, lo que recurrentemente implica un descuido y abandono de los procesos, provocando problemas de operación y de manejo de residuos. Para lograr que éstas funcionen de manera eficiente, se requiere

modernizar su infraestructura y contar con una supervisión designada de las diferentes plantas en la entidad (Figura 6.28).



**Figura 6.28.** El 8.25% de las emisiones de GEI en la entidad corresponde al manejo de aguas residuales; sin embargo, un importante volumen de aguas residuales no es tratado y se descarga a cuerpos de agua superficiales.

## 7. LA ADAPTACIÓN COMO ESTRATEGIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

### 7.1. Introducción

La adaptación se define como el ajuste en los sistemas naturales o humanos (ecológicos, sociales o económicos) en respuesta a los estímulos climáticos, o sus efectos esperados o reales, para moderar el daño o explotar las oportunidades benéficas que representan estos cambios (IPCC, 2007).

En el contexto del cambio climático, la adaptación ha sido hasta ahora objeto de menor atención respecto a la mitigación; sin embargo, la adaptación es clave en las políticas futuras en materia de cambio climático, ya que permite atender directamente los impactos locales sobre los sectores más desprotegidos de la sociedad (Perczyk, 2004). De hecho, la adaptación es considerada como una serie de cambios locales, en tanto que la mitigación es un proceso global que requiere de la cooperación internacional y un compromiso común (Pittock, 2009).

La capacidad de adaptación permite reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático, lo cual 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 considerándolos para enmarcarse dentro de los planes de desarrollo sectorial, social y económico, ya sea en ámbitos nacionales, regionales o locales. Es cada vez más importante hacer las estimaciones climáticas a nivel regional en sectores tales como: agricultura, energía, recursos hidrológicos, planeación urbana, turismo o comercio. Con base en estudios de este tipo se pueden identificar 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.

A continuación serán abordadas diferentes categorías clave en el estado de Morelos, desde la perspectiva de la adaptación, analizando así su situación actual, identificando puntos clave de atención, así como sugiriendo diferentes acciones a tomarse en cuenta para el diseño de las estrategias de adaptación para la entidad morelense.

## 7.2. Energía

Dada la importancia de la categoría *energía* en la generación de emisiones de GEI en el estado de Morelos, es imprescindible generar medidas que permitan la adaptación de la infraestructura estatal, residencial y las costumbres de la población en general sobre el uso y consumo de energía.

Entre las acciones que se proponen a tomarse en cuenta para el diseño de las estrategias de adaptación en la categoría de *energía* en el estado de Morelos, están las siguientes.

Inicialmente, se considera importante una revisión y adecuación del marco legal morelense (leyes, normas y reglamentos vigentes) en materia energética, tomando en cuenta la tendencia del cambio climático. Esto con la finalidad de aumentar la efectividad en su aplicación e imponer las sanciones correspondientes en su caso. Dentro de este contexto, se deberá adecuar e impulsar la *Ley de Cambio Climático* en el estado de Morelos, así como establecer mecanismos regulatorios para la producción de energía mediante la aplicación de eco-tecnologías en los sectores correspondientes.

Otro aspecto fundamental tiene que ver con la necesidad en Morelos de una adecuada planeación del desarrollo urbano bajo criterios de sustentabilidad. Es necesario promover y establecer programas de planeación urbana que permitan el crecimiento de zonas habitacionales e industriales donde se fomente el ahorro de energía y, sobre todo, que contengan con los potenciales efectos del cambio climático (Figura 7.1). Para lograr esto, es fundamental la actuación coordinada entre las autoridades de desarrollo urbano, transporte y medio ambiente, además de fomentar y gestionar infraestructura de vialidad urbana bajo condiciones de cambio climático.



**Figura 7.1.** El crecimiento urbano no debe competir con los recursos naturales y para eso se requiere de una adecuada planeación urbana.

Finalmente, las diferentes instancias gubernamentales tendrán que analizar adecuadamente los factores implicados y realizar una planeación adecuada para fomentar una nueva cultura del uso y ahorro energético mediante programas de educación y capacitación permanentes, así como generar programas que permitan modificar y adaptar la infraestructura de los servicios públicos de alumbrado (Figura 7.2), al incorporar tecnologías menos contaminantes, el mejoramiento continuo de las vialidades para disminuir la emisiones y el fomento a la incorporación de ecotecnologías en el sector residencial que permitan en conjunto mejorar la calidad de vida de la población morelense y reducir su vulnerabilidad ante el fenómeno del cambio climático.



**Figura 7.2.** Los servicios públicos de alumbrado deben adaptar y modernizar su infraestructura para el óptimo aprovechamiento del recurso energético.

### 7.3. Procesos industriales

Como se comentó en el capítulo anterior, el sector denominado *industria mineral no metálica* (cemento, cal y yeso, principalmente) tiene una fuerte influencia entre los procesos industriales existentes en el estado de Morelos, aportando significativamente a la emisión de GEI, principalmente de CO<sub>2</sub>.

Dado que los impactos ambientales del sector industrial en general, están muy relacionados al tipo de operaciones que se realizan en el proceso productivo, los factores a tomar en cuenta para el posterior diseño de estrategias de adaptación en esta categoría están encaminados a lograr modificaciones en los procesos de producción para poder adaptarse y contender con el fenómeno del cambio climático (Figura 7.3).



**Figura 7.3.** La adaptación del tipo de operaciones propias de los diferentes procesos industriales, representan uno de los principales objetivos para lograr contender con el cambio climático en esta categoría.

Una de las acciones adaptativas en las diferentes industrias morelenses que pudiera aportar beneficios significativos contra el cambio climático, es la de adecuar la normatividad estatal correspondiente para lograr la implementación de áreas o departamentos ambientales especializados dentro de las empresas para el control y análisis interno de los GEI generados en el proceso productivo de la empresa. Esto permitirá desarrollar programas de evaluación internos de emisiones de GEI, así como el monitoreo y la vigilancia de las mismas. Por otra parte, la

adecuación de la normatividad deberá hacerse en coordinación con la *Ley Estatal de Cambio Climático*.



**Figura 7.4.** En el sector de la industria mineral no metálica se encuentra la producción de yeso. Este proceso productivo requiere de una modernización tecnológica que permita la sustitución de combustibles altamente contaminantes.

Otro aspecto a tomar en cuenta en esta categoría, particularmente en la industria calera, es el de la modernización o mejoramiento tecnológico de los hornos de calcinación usados actualmente, ya que se estima que gran parte del calor utilizado en dichos hornos de calcinación es desaprovechado por la baja eficiencia de la tecnología que se utiliza. Por lo anterior, es importante aprovechar al máximo el uso del calor utilizado para calcinar las rocas y optimizar el proceso productivo. Esta medida traería como beneficios, desde una reducción de los costos productivos (se requeriría menos combustible) hasta la disminución de emisiones de GEI y otros contaminantes atmosféricos (Figura 7.4).

## 7.4. Agricultura y ganadería

El cambio climático afectará a la agricultura de diversas formas. En zonas con deficiente dotación de agua, el aumento de temperaturas incrementará la evapotranspiración y reducirá los niveles de humedad del suelo, acrecentando, en consecuencia, las zonas áridas. Además, el incremento de la temperatura aumentará la supervivencia de las plagas agrícolas durante el invierno. La frecuencia y gravedad de fenómenos extremos como ciclones, inundaciones, tormentas, granizadas, heladas y sequías, provocarán fluctuaciones importantes en los rendimientos agrícolas debido a proceso de erosión o lavado de nutrientes del suelo (García *et al.*, 2006). Los cultivos bajo irrigación no se verán, en principio, tan afectados como los de temporal, a menos que la disponibilidad de agua en cuencas, acuíferos y presas se vea reducida significativamente. Los cambios en la producción agrícola se verán reflejados en los precios, lo cual afectará al resto de la sociedad (Figura 7.5). En el *Estudio de País* se concluye que en la mayor parte de México, los efectos del cambio climático bajo diferentes escenarios serían de reducción en los rendimientos en el cultivo del maíz (Osnaya, 2003; Magaña y Gay, 2002).



**Figura 7.5.** La producción agrícola en Morelos se verá afectada por los efectos del cambio climático, por ello es necesaria la adecuación de prácticas y técnicas agropecuarias para contender con dichos efectos.

Por lo tanto, el establecimiento de medidas de adaptación para contender con los efectos del cambio climático son de suma importancia. La FAO señala que para que las medidas de adaptación den buenos resultados

tienen que tener en cuenta las prácticas y la vulnerabilidad locales. La vulnerabilidad al cambio climático de un país en desarrollo tiene además una relación estrecha con el ingreso per cápita, la fortaleza de las instituciones y el acceso a la tecnología. Los enfoques de adaptación más eficaces son los que ocupan factores como la tenencia de la tierra, conflictos internos, seguridad alimentaria, la migración en masa y las enfermedades.

Entre los factores a tomar en cuenta en esta categoría está el de adaptar el uso de especies o variedades agrícolas a aquellas que tengan la capacidad de resistir los efectos del cambio climático, de acuerdo a los escenarios climáticos presentados. Para lograr esto se requiere, en primera instancia, de un análisis e identificación de variedades agrícolas capaces de resistir efectos ambientales ligados al cambio climático, como cambios de temperatura, sequías, inundaciones y salinización de suelos. Dichas especies deben permitir también la potencial captura de CO<sub>2</sub> sin detrimento alguno de la producción. Este trabajo de investigación debe estar estrechamente vinculado sobre todo con instituciones académicas. Se debe también considerar la posibilidad de desarrollar un banco estatal de germoplasma de las variedades agrícolas en el estado de Morelos. Un banco de germoplasma o banco de semillas es un lugar destinado a la conservación de la diversidad genética de uno o varios cultivos y sus especies silvestres relacionadas (Figura 7.6).



**Figura 7.6.** El establecimiento de un banco estatal de germoplasma de variedades agrícolas permitirá la conservación de la diversidad genética de uno o varios cultivos y de las especies silvestres relacionadas.

Por otra parte, es sabido que los altos costos de los alimentos comerciales para ganado han orientado, a nivel mundial, a la utilización de residuos y subproductos agropecuarios como recursos para la alimentación de ganado. Partiendo de esto, se debe tomar en consideración el establecimiento de campañas de difusión dirigidas a los productores estatales, con el fin de promover el uso de diferentes residuos agropecuarios para su incorporación como alimento al sistema ganadero productivo. Esta acción traería diferentes beneficios, entre ellos, una disminución en el volumen de residuos enviados a disposición final y la reducción de costos en la adquisición de alimentos y forrajes.



## 7.5. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSyS)

La capacidad de adaptación al cambio climático obedece a factores como la riqueza, la infraestructura, la tecnología, la educación, la información, el acceso a los recursos y las capacidades administrativas de los sistemas socio-económicos involucrados. Es posible que los países desarrollados y en desarrollo mejoren su capacidad y adquieran nuevas capacidades de adaptación, diferenciándose únicamente en la forma: los desarrollados en forma preventiva y planificada y los países en desarrollo de manera reactiva, siendo esta última mucho más costosa.

Una importante interrogante es determinar la capacidad de adaptación que tienen las especies vegetales a cambios bruscos en las condiciones ambientales, ya que los ecosistemas naturales han pasado procesos de millones de años para adaptarse a las condiciones climáticas actuales, así como poder determinar si las plantas podrán adaptarse a estos cambios en un período relativamente corto.

Los factores de atención a tomar en cuenta para el adecuado diseño de medidas de adaptación en el sector forestal de Morelos son cuestiones orientadas básicamente hacia la reducción de la degradación antropogénica de las selvas y bosques de la entidad.

Inicialmente, se recomienda contemplar la adecuación y/o el establecimiento de un programa estatal de ordenamiento forestal sostenible, donde se impulsen y fortalezcan las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA's), se actualice periódicamente la cartografía y la investigación de campo en la entidad, además de contemplar propuestas para pago por servicios ambientales. Este programa estatal de ordenamiento forestal permitiría reducir la degradación de los ecosistemas naturales, así como sustentar el establecimiento de nuevos ecosistemas forestales con mejores características para la adaptación y el secuestro de carbono en el estado de Morelos (Figura 7.7).



**Figura 7.7.** Los ecosistemas forestales, así como las prácticas de cambio de uso de suelo, deben regularse a través de un adecuado programa de ordenamiento estatal.

Por otra parte, resulta importante implementar un programa estatal de establecimiento de corredores biológicos entre ecosistemas fragmentados en Morelos. Un corredor biológico se define como un área usada para realizar una regeneración o recuperación mediante procesos biológicos de las zonas de amortiguamiento de las grandes extensiones de bosques existentes y que han sido degradados a causa de la deforestación irracional de las extensas coberturas boscosas. Esta acción permitiría a los ecosistemas forestales con proceso de fragmentación, recuperar su capacidad de adaptación a las condiciones de cambio climático vislumbradas. Para lograr esto, es indispensable, además de una coordinación estrecha entre las diferentes dependencias gubernamentales responsables, involucrar a las comunidades rurales asentadas en los ecosistemas forestales (Figura 7.8).



**Figura 7.8.** Un sistema estatal de áreas naturales protegidas correctamente administrado y con recursos económicos representa una estrategia de conservación de las áreas forestales de la entidad.

Finalmente, en vista de que cualquier crecimiento urbano/industrial debe contemplar la conservación y ampliación de las áreas forestales, se considera fundamental la adecuada planeación de las zonas de crecimiento urbano/industrial mediante un programa estatal de desarrollo urbano sustentable, considerando y reguardando la conservación y ampliación de las áreas forestales en la entidad morelense. Para lograr esto, se requiere de una coordinación estrecha entre las diferentes dependencias estatales y municipales, además de considerar desde el *Plan Estatal de Desarrollo*, hasta los diferentes programas de ordenamiento ecológico en el estado de Morelos.

## 7.6. Residuos

El manejo apropiado de los residuos representa un gran reto y una gran área de oportunidad para la realización de actividades económicas, sobre todo en las zonas urbanas de Morelos. Las medidas de adaptación adecuadas al sector morelense deben estar encaminadas a minimizar el problema de la disposición inadecuada de los residuos, a través de la implementación de medidas como la valorización de los residuos, el diseño y construcción de infraestructura apropiada que permita su separación, reciclaje, recolección y disposición final (Figura 7.9), junto con el cumplimiento de la normatividad vigente en las instalaciones y en las operaciones de manejo de residuos.



**Figura 7.9.** Hacer más eficiente aspectos como la separación, el reciclaje, la recolección y la disposición final de los residuos sólidos es un tema prioritario en el estado de Morelos.

Entre los factores más importantes a tomarse en cuenta en esta categoría está el de diseñar e implementar un esquema tarifario por la recolección de residuos, especialmente los residuos orgánicos generados en la entidad. Actualmente, los sistemas de limpia municipales no cuentan con esquemas tarifarios por la prestación del servicio, lo que significa una carga financiera importante para los municipios. Con un esquema tarifario con base en la cantidad de residuos generados se reducirá la generación de residuos en Morelos, cubriendo las necesidades básicas de una gestión adecuada de éstos. Lo anterior debe acompañarse de una fuerte campaña de sensibilización social.

Se deberá fomentar la incorporación de sistemas de gestión ambiental realizando primeramente una investigación exhaustiva para determinar el

modelo de gestión ideal aplicable para Morelos y poder establecerlo como una política pública de observancia obligatoria por todos los municipios. La aplicación de modelos heterogéneos de manejo de residuos propicia que los gobiernos municipales atiendan de forma diferente y aislada la gestión de residuos.

Por otra parte, el impulso al desarrollo de tecnologías para el manejo integral de residuos es un tema importante para Morelos. El manejo integral de residuos requiere del desarrollo de investigación para diseñar e implementar tecnologías propias que permitan el manejo adecuado de los residuos. Para lograr esto, se requiere crear alianzas estratégicas entre el Gobierno Estatal y los gobiernos municipales, además del sector empresarial y las IES, para desarrollar modelos de manejo adecuado y eficiente de residuos para las diferentes regiones del estado de Morelos (Figura 7.10).



**Figura 7.10.** El manejo integral de residuos requiere del desarrollo de investigación, a fin de que se generen las tecnologías apropiadas a las características de la entidad y los residuos generados.

Se deberán diseñar mecanismos de incentivos y premios para los gobiernos y empresas con buenas prácticas ambientales en el tema de residuos. La difusión de prácticas ambientales adecuadas, propiciará la competencia, obligatoriedad y aplicación de modelos de gestión integral de residuos en la entidad. Adicionalmente, se deben diseñar los criterios básicos para la obtención de dichos reconocimientos a aquellos municipios que se hayan caracterizado por aplicar una adecuada gestión de los residuos.

En el estado de Morelos el esquema tarifario actual para el tratamiento de aguas residuales no satisface las necesidades básicas del proceso. Con base en esto, se deben fortalecer y aplicar los esquemas de pago por saneamiento en las plantas de tratamiento, y para lograrlo, se debe contar con una estrecha vinculación entre todos los sectores participantes para definir tarifas por saneamiento que solventen las necesidades básicas y que estén de acuerdo con el nivel socioeconómico de los usuarios.

Por otro lado, se deben estandarizar los sistemas y las características constructivas de las diferentes plantas tratadoras en Morelos, ya que los criterios actuales de tratamiento son heterogéneos y no existe una política pública que estandarice los procesos constructivos de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Además, se requiere involucrar a las IES para desarrollar esquemas tecnológicos, mediante la investigación, que mejoren el desempeño en general de las plantas tratadoras.

## 7.7. Agua

De acuerdo con datos de la FAO, nuestro planeta tiene aproximadamente 1,400 millones de km<sup>3</sup> de agua (FAO, 2002); sin embargo, por lo menos el 98% de este recurso se encuentra en los océanos y sólo aproximadamente unos 45,000 km<sup>3</sup> (0.003%) corresponden a agua dulce, principalmente atrapada en las capas de hielo de los polos, por lo que el agua disponible para consumo humano, la higiene, la agricultura y la industria es de entre 9,000 y 14,000 km<sup>3</sup>, los cuales tienen que ser repartidos entre los más de 7,000 millones de personas que habitamos la Tierra, más 140 millones de habitantes que se suman anualmente (Cominelli *et al.*, 2009; AgroDer, 2012).

El agua es parte integral de nuestra vida diaria. En promedio, una persona de las sociedades occidentales consume entre 150-200 litros de agua potable por día en sus diferentes actividades (European Environmental Agency, 2001). A pesar de que el consumo de agua en los hogares es apenas una pequeña parte, si se compara con la cantidad de agua que se utiliza para la agricultura y la industria, es importante generar una conciencia del ahorro y la reutilización del agua para garantizar el abasto de este líquido vital en el futuro.

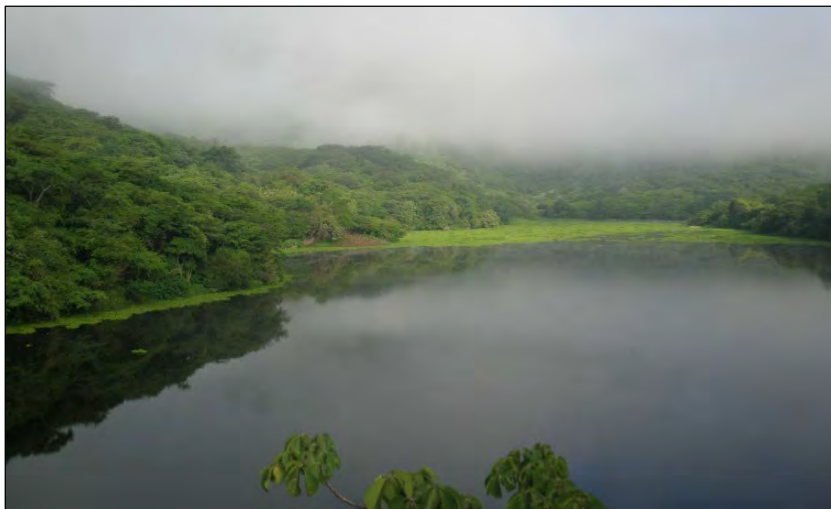
México tiene una población de 113 millones de habitantes, y un crecimiento poblacional de 1.2 millones de habitantes por año. El consumo anual per cápita de agua es de 1,978 m<sup>3</sup>, de los cuales el 92% está ligado a los productos agrícolas y pecuarios, el 3% al uso en la producción industrial y el 5% (36 m<sup>3</sup>/hab/año) está relacionado con el uso del agua en las diversas actividades domésticas (AgroDer, 2012) (Figura 7.11). La familia promedio en México es de 4.3 integrantes (INEGI, 2007), por lo que el consumo promedio de agua en un hogar mexicano es de aproximadamente 479 litros al día, incluyendo el agua de consumos y la utilizada para el procesamiento y preparación de alimentos, así como la utilizada en actividades como el aseo personal, la limpieza del hogar, el lavado de utensilios de cocina y prendas de vestir, entre otras. Sin embargo, en México existen aproximadamente seis millones de personas sin acceso al agua potable (CONAGUA, 2010), por lo que se evidencia que nuestros hábitos de consumo de agua son aún mayores que los calculados.



Figura 7.11. Datos sobre el consumo de agua en México. Fuente: AgroDer, 2012.

La presencia del agua en el estado de Morelos es el resultado de la interacción de varios factores físicos y geográficos, entre los que destaca la precipitación pluvial, el arreglo geológico, los aspectos geomorfológicos, las condiciones geohidrológicas, la cobertura vegetal y el uso y manejo del suelo, así como de aspectos generados por el aprovechamiento, uso y abuso de las aguas nacionales utilizadas en el abastecimiento a centros de población y áreas productivas (INE-UAEM, 2006). Las montañas en el estado presentan una precipitación anual promedio de 1,045 mm, superior a la media nacional de 777 mm; no obstante, los 5,164 millones de m<sup>3</sup> de aguas meteóricas no son aprovechados óptimamente: 2,374 millones de m<sup>3</sup> se infiltran al subsuelo, recargando los acuíferos, y los restantes 2,790 se incorporan al ciclo hidrológico y a cuerpos de agua (INE-UAEM, 2006) (Figura 7.12). El estado de Morelos se encuentra entre los estados con menor acervo hídrico del país, alrededor de 3,120 m<sup>3</sup> por habitante al año (CEAMA, 2009).





**Figura 7.12.** Las precipitaciones en la entidad asociados a factores físico, bióticos y sociales determinan la recarga de los cuerpos de agua.

La problemática del abasto de agua es un asunto nacional, y en el caso de Morelos la situación es preocupante debido al incremento poblacional que demanda grandes cantidades de agua para uso doméstico, personal y de esparcimiento. La creciente construcción de nuevas viviendas requiere de la creación de infraestructura para suministrar el líquido así como planear como se hará llegar ese recurso a las nuevas viviendas. El agua de Morelos está siendo sobreexplotada, por lo que las autoridades deben actuar de manera inmediata para poder cubrir las necesidades de los morelenses y a la vez brindarles servicios de calidad, ya que si la calidad del agua o la infraestructura de drenaje no son óptimas se desencadenan inconvenientes relacionados principalmente con la salud (INE-UAEM, 2006).

Una de las primeras acciones a tomarse en cuenta para el diseño de las estrategias de adaptación en esta categoría es la de impulsar la actualización de la legislación vigente en materia de agua para evitar la sobreexplotación del recurso por la demanda de los diferentes sectores de la sociedad y asegurar su suministro en el futuro. En dicha adecuación del marco legal, se deben también impulsar nuevas políticas públicas para la gestión eficiente del agua, de modo que se pueda asegurar la distribución equitativa del recurso hídrico entre la población morelense, además de promover el uso eficiente del agua en los diferentes sectores productivos de la entidad.

De manera igualmente importante se encuentra la necesidad de establecer un programa de adecuación y modernización de la infraestructura hidráulica en general por áreas prioritarias en Morelos. El mantenimiento y modernización de dicha infraestructura permitirá asegurar la extracción, el suministro, el uso adecuado del agua, además del tratamiento de las descargas de aguas residuales generadas. Para lograr esto, se requiere de diferentes estudios iniciales encaminados a conocer la situación actual de la infraestructura hidráulica. Esta medida traería numerosos beneficios, entre ellos, el ahorro en el consumo de agua, la disminución de los volúmenes de descargas de aguas residuales y, nuevamente, el aseguramiento de la distribución equitativa del recurso hídrico entre la población.

Finalmente, se sugiere tomar en cuenta la viabilidad de establecer un programa de captura y uso de aguas pluviales en zonas prioritarias específicas de Morelos. Esto debido a que se calcula que la precipitación media anual en Morelos es de aproximadamente 980 mm, lo que abre la posibilidad de implementar mecanismos de captación de agua pluvial en sitios específicos. Para lograr esto se requiere diseñar sistemas de captación, almacenamiento y aprovechamiento de aguas pluviales, por lo que las IES tendrían una participación fundamental. Además, se requiere de diversos estudios para identificar zonas con potencial para la captación de agua pluvial en el estado de Morelos.

## 7.8. Biodiversidad

Las características geográficas del estado de Morelos le otorgan una gran diversidad ambiental y microclimática, la cual ha dado lugar al establecimiento de diversos ecosistemas en la entidad. En cuanto a su biodiversidad, Morelos registra el 33% de las especies de aves, el 21% de las especies de mamíferos, el 14% de reptiles (Figura 7.13) y el 10% de plantas vasculares reportadas para el país, ubicándose en el lugar 17 con respecto a otros estados en cuanto a riqueza de especies (CONABIO, 1998; CONABIO y UAEM, 2004; Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003).



Figura 7.13. El estado de Morelos alberga al 14% de los reptiles reportados para el país.

Los sistemas naturales pueden ser especialmente vulnerables al cambio climático, dada su limitada capacidad de adaptación, y algunos de estos sistemas pueden sufrir daños significativos e irreversibles. Se espera que el cambio climático incremente los peligros actuales de extinción de algunas especies más vulnerables y que la amplitud geográfica de sus daños aumente con la magnitud y la rapidez misma del cambio climático (IPCC, 2007). Los cambios a nivel de especie pueden afectar directamente las funciones de los organismos (por ejemplo, el crecimiento y comportamiento) y modificar las características poblacionales (por ejemplo, el tamaño y estructura). Estos cambios pueden, a su vez, producir pérdidas en otras especies y un efecto en cascada sobre la biodiversidad y la apertura del sistema a invasiones de especies no autóctonas y, por ende, una mayor alteración (Gitay *et al.*, 2002).

La solución a este tipo de desafíos requiere la integración tanto de factores climáticos como socioeconómicos, para luego diseñar medidas de adaptación adecuadas al contexto local institucional (Burton *et al.*, 2002).

El concepto de adaptación basado en ecosistemas ha emergido recientemente en las discusiones internacionales sobre adaptación al cambio climático; con este enfoque se pretende mantener e incrementar la

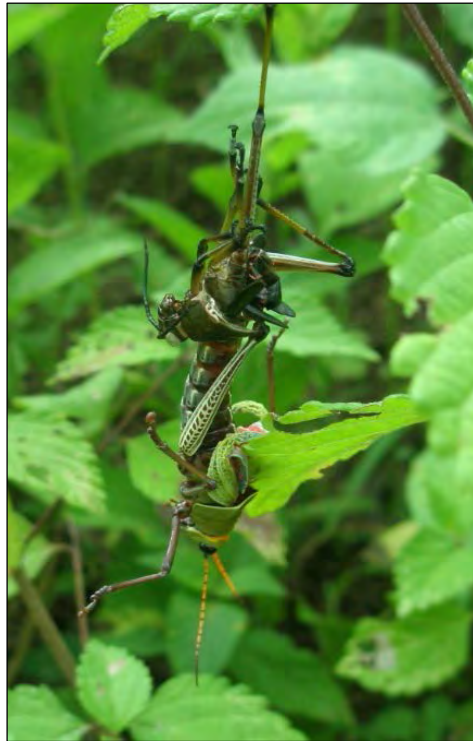
resiliencia y reducir la vulnerabilidad de ecosistemas y comunidades humanas ante el cambio climático global (March *et al.*, 2011). La adaptación con base en ecosistemas pretende establecer un círculo virtuoso entre las acciones que soporten la sustentabilidad de las comunidades humanas, las acciones de conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, a través de medidas de adaptación que favorezcan a estos tres objetivos de manera simultánea. Debido a lo anterior, el diseño de las estrategias de adaptación para reducir los riesgos potenciales del cambio climático resulta de suma importancia en la actualidad. Entendiendo esto, se mencionan a continuación algunas medidas a tomarse en cuenta para un adecuado diseño de estrategias en esta categoría.

Es necesario promover la identificación y el manejo adecuado de especies invasoras y plagas en la entidad morelense. Las especies invasoras pueden definirse como animales, plantas u otros organismos, generalmente transportados e introducidos por el ser humano en lugares fuera de su área de distribución natural y que han conseguido establecerse y dispersarse en la nueva región, donde resultan generalmente dañinos, es decir, producen cambios importantes en la composición, la estructura o los procesos de los ecosistemas, poniendo en peligro la diversidad biológica nativa. Debido a lo anterior, la capacidad de detectar y manejar adecuadamente dichas especies es esencial para minimizar los potenciales impactos ambientales.

Relacionado al punto anterior, existen además diferentes organismos que ayudan a descifrar fenómenos o acontecimientos relacionados con el ambiente; a estos organismos se les denomina *especies indicadoras*. Los sistemas biológicos son más sensibles a pequeñas alteraciones ambientales y por ello, un adecuado manejo de este tipo de organismos puede traer beneficios en materia de prevención de efectos relacionados al cambio climático (Figura 7.14). Con base en lo anterior, resulta importante establecer un sistema de bioindicadores en Morelos, para detectar respuestas oportunas de alteraciones climáticas y diseñar estrategias adecuadas para su minimización. Para lograr esto, se requiere de un trabajo coordinado con las IES para identificar dichas especies, sus tolerancias ecológicas y sus mecanismos de adaptación.

Finalmente, debido a que la confluencia de diferentes regiones biogeográficas en Morelos genera una importante diversidad biológica que debe de ser estudiada y conservada, resulta fundamental establecer un programa para la conservación de la diversidad genética en los ecosistemas

naturales de la entidad. Dicho programa deberá contemplar aspectos como el manejo integral sustentable de las áreas naturales, la regulación de las actividades turísticas en zonas naturales vulnerables, así como el aumento de la conectividad de áreas naturales en la entidad. Entre los diferentes beneficios consecuentes de dicho programa, estarían la disminución de la vulnerabilidad de ecosistemas ante el cambio climático y la obtención de servicios ambientales derivados de selvas y bosques de la entidad.



**Figura 7.14.** La capacidad que presentan diferentes sistemas biológicos a pequeñas alteraciones ambientales permite prevenir efectos relacionados al cambio climático.

## 7.9. Turismo

El estado de Morelos, por su ubicación geográfica, clima privilegiado, gran biodiversidad con que cuenta, sus grandes atractivos turísticos y culturales y su excelente infraestructura de comunicación con el resto del país, representa un punto de atracción turístico para los habitantes de otros estados, que convierten a las ciudades morelenses en lugares de descanso y recreación (Figuras 7.15 y 7.16), situación que motiva a que en la entidad exista una población flotante de características y magnitudes importantes.



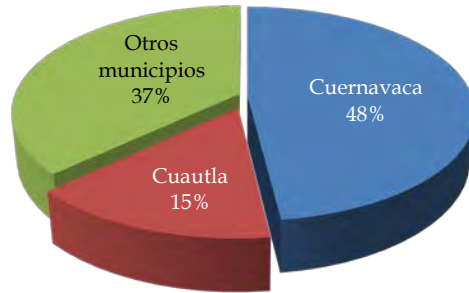
**Figura 7.16.** Entre los atractivos turísticos en Morelos, destacan los parques naturales y deportes



**Figura 7.15.** El estado de Morelos es uno de los principales destinos turísticos del país.

El sector turístico representa beneficios económicos asociados al consumo que es generado en subsectores y ramas de actividad que proveen servicios necesarios para el funcionamiento del sector; no obstante, cabe mencionar que la entidad destaca en el mercado nacional dada su disponibilidad de condiciones ambientales regionales, lo cual queda

demostrado en la importancia de los períodos vacacionales. Si bien, la entidad cuenta con una oferta de servicios turísticos, ésta encuentra su principal proveedor en la capital del estado, como se observa en la figura 7.17.



**Figura 7.17.** Destino de los visitantes en el estado de Morelos.  
**Fuente:** Modificado de Monroy-Ortiz *et al.* (2013).

Cuernavaca representa el principal destino de descanso turístico en la entidad debido a que está asociada a las condiciones ambientales locales y a la relativa accesibilidad de la ciudad y su proximidad con la capital del país (Figura 7.18).



**Figura 7.18.** Los atractivos naturales, arqueológicos, históricos y de esparcimiento hacen que la capital del estado de Morelos sea un destino turístico importante.

En virtud de lo anterior, resulta importante establecer un programa de regulación de las actividades turísticas en Morelos, principalmente las que tengan influencia en zonas naturales vulnerables. Para lograr esto, es necesario adecuar el marco legal, impulsando la actualización de la legislación en materia del sector turístico, buscando minimizar los impactos ocasionados por la población flotante en territorio morelense.

Otro aspecto importante resulta en que la oferta turística se basa en las particularidades ambientales que tienen que ver con los aspectos climáticos, entornos naturales, históricos, culturales, y sociales; en este sentido habría que enfocar esfuerzos para conservar la biodiversidad, las condiciones climáticas, así como las principales características de los ecosistemas.

Finalmente, la instrumentación de políticas es un pendiente para los sectores en los que el ambiente interviene de manera directa; es de una responsabilidad vigente modificar los planes y programas urbanos, así como todas aquellas actividades que demuestren consistentemente un aprovechamiento ambiental directo.

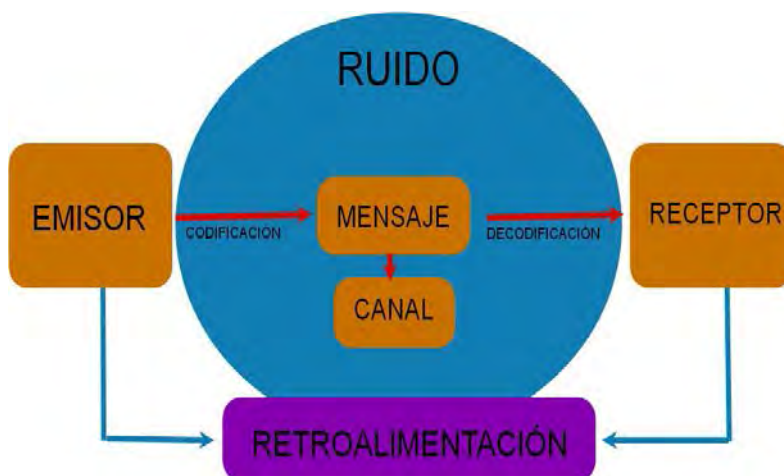




## 8. EDUCACIÓN AMBIENTAL Y COMUNICACIÓN

### Introducción

La educación es una vía útil y necesaria para potenciar al máximo la formación ambiental en los diferentes estratos de la sociedad, desde los políticos, los profesionales (del ámbito empresarial hasta la academia), hasta la sociedad civil en todos sus niveles, que a través de su actuación diaria inciden de manera directa sobre el ambiente. La *educación ambiental* (EA), tanto la formal, impartida en el aula, y la no formal, realizada desde distintas plataformas sociales y culturales, puede ser un instrumento eficaz para contribuir a salvar el reto ineludible de modificar las actitudes y comportamientos de responsabilidad ciudadana con su medio natural, social y cultural. Por su parte, el lenguaje, como medio de comunicación en el proceso de aprendizaje, es vital para que la educación permee los canales y cumpla con su objetivo. Existen diversas teorías y formas de comunicar y educar; sin embargo, la composición y comprensión de los elementos emisor-mensaje-receptor-retroalimentación es fundamental para realizar exitosamente un proceso de comunicación educativa. En la figura 8.1 se esquematiza el diagrama del proceso de comunicación.



**Figura 8.1.** Diagrama de comunicación. Los elementos EMISOR (¿quién?), RECEPTOR (¿para quién?) Y MENSAJE (¿qué?), son clave para el proceso de comunicación. La forma en cómo se transmite el mensaje CANAL (¿cómo?) codificado por el emisor y decodificado por el receptor irá a la par con los elementos externos que puedan modificar el objetivo del mensaje (ruido). La RETROALIMENTACIÓN es la fase en donde el emisor podrá darse cuenta si fue exitosa su misiva.

Por tal motivo, implementar estrategias de comunicación educativas (formales y no formales) son necesarias para atender la problemática ambiental local y global que aqueja a los seres vivos. Dichas estrategias educativas tienen la viabilidad de seguir generando conocimiento y, por consiguiente, de atender una necesidad importante de nuestra sociedad: informar y crear hábitos ambientales en la humanidad para la recomposición social desde una visión sustentable.

### **Educación ambiental (EA) formal, no formal e informal**

La EA formal y no formal tienden a jugar un papel central para la comprensión sobre el cuidado del planeta, y específicamente en las causas y consecuencias del cambio climático. En la figura 8.2 se ilustra el esquema de los niveles de educación necesarios para generar cambios en materia ambiental.



**Figura 8.2.** Educación ambiental en sus tres niveles. La consolidación de los tres niveles en los diversos sectores de la población cumple con las funciones sociales, ambientales y culturales que requieren las ciudades contemporáneas.

A pesar de no contar con un plan educativo a nivel nacional como asignatura o materia sobre EA y cambio climático, se han realizado reformas positivas en materia educativa. En la reforma educativa del 2005 se propuso a la EA como uno de los temas transversales que debe conformar la educación integral centrada en valores humanos. La transversalidad funge como eje rector de fortalecimiento en los aspectos éticos del alumno; sin embargo, el éxito de estas iniciativas está vinculado con la adecuada identificación de los temas a tratar, el compromiso del facilitador del conocimiento y el trabajo en equipo de los centros educativos.

Bajo las actuales condiciones de deterioro ambiental, la incorporación de la EA en los centros de trabajo, la academia y la vida cotidiana, permite involucrar y concientizar las acciones de cada individuo para revertir o mitigar los efectos de las actividades humanas que contribuyen a la generación de GEI (Figura 8.3); por ello, la implementación de campañas, cursos, convocatorias, planes de manejo de residuos en empresas, corporativos e instituciones son parte de la EA no formal que día a día van tomando más cabida en la vida de nuestra sociedad contemporánea.



**Figura 8.3.** La educación ambiental no formal es una herramienta que permite involucrar y concientizar las acciones de cada individuo para revertir o mitigar los efectos de las actividades humanas que contribuyen a la generación de gases de efecto invernadero.

La EA y los procesos de comunicación, al paso del tiempo se constituyen como herramientas valiosas para construir conocimientos, actitudes, habilidades y destrezas en los integrantes de los diversos sectores que constituyen la sociedad; permitiendo ser parte de la cultura y de la vida diaria como educación no formal, pues ya forma parte de sus vidas.

### **Comunicación educativa**

La comunicación educativa se produce en un contexto único, por lo cual, sin este proceso la educación no existiría; es por ello que la adquisición de capacidades comunicativas es una de las competencias específicas ineludibles del docente y facilitador de conocimientos. La comunicación educativa como un proceso de comunicación está compuesta por factores que intervienen en la forma de su proceso y éstos son definitivos para su éxito.

En el estado de Morelos se han desarrollado distintas acciones relacionadas con la temática ambiental estatal, desde la Academia, en educación básica, media y superior, hasta el Gobierno del Estado de Morelos, sociedad civil e iniciativa privada, que han realizado diversas estrategias en educación ambiental formal, no formal e informal. Han sido más de veinte años donde distintas instituciones y organizaciones de manera constante han incidido en manifestar acciones por la conservación ambiental. A continuación se describen las acciones más relevantes de las últimas dos décadas.

### **Educación Ambiental en el estado de Morelos**

La difusión de acciones específicas para la mitigación de GEI, el consumo consciente, el establecimiento de planes de manejo integral de residuos, el ahorro de energía eléctrica y agua, la conservación de bosques, el cambio climático y su adaptación son tópicos concretos y necesarios para los programas de EA, ya que permiten que la sociedad pueda comprender la problemática ambiental y los fenómenos relacionados a ésta desde sus orígenes.

Con la finalidad de abordar a fondo este problema, es indispensable proporcionar a los individuos información, mediante la difusión en los diferentes medios de comunicación, que promueva en ellos una identidad preventiva ambientalista para la toma de decisiones y soluciones ante el cambio climático basada en conocimientos, actitudes y creencias; para ello, la Academia, instituciones del sector público, privado y gubernamental, así como la sociedad civil han comenzado a realizar actividades en educación formal y no formal.

En su conjunto, las acciones antes descritas, desde la perspectiva particular de sus disciplinas, han generado cambios graduales en la concepción general relacionada al cuidado ambiental, mitigación de gases de efecto invernadero, ahorro y consumo consciente de recursos naturales y adaptación al cambio climático en los diversos sectores, habitantes y visitantes del estado de Morelos; sin embargo, estas acciones son todavía incipientes y recientes, por lo que para su fortalecimiento se requiere de la sinergia entre las diversas instituciones y sectores del estado de Morelos para diseñar estrategias coordinadas y organizadas mediante un plan maestro con contenidos disponibles para todos los actores de la sociedad morelense. Ante dicha situación, el sector educativo es una instancia social

decisiva para generar una conciencia en la población sobre temas ambientales, como el cambio climático.

### **Propuestas de mitigación y adaptación ante el cambio climático desde la educación ambiental (formal y no formal)**

Involucrar a los diversos sectores de la población morelense resulta fundamental; la vinculación, colaboración e implementación de estrategias en cada uno de ellos, permitirá cubrir de manera integral las necesidades para la difusión e implementación de acciones ante procesos de sensibilización, mitigación y adaptación ante el cambio climático.

Desde la educación formal, el establecimiento de una asignatura o materia dentro del plan nacional educativo es una propuesta que permitirá promover el conocimiento de las ciencias ambientales en condiciones de cambio climático, desde un punto de vista científico y no de calidad moral, como eje transversal en una reforma educativa, debido a que a nivel nacional no existe una estrategia de educación formal para promover acciones ante el cambio climático.

Asimismo, la capacitación continua de los académicos, profesores y facilitadores del conocimiento, permitirá la retroalimentación y modificación de las estrategias poco viables para la difusión y divulgación de metodologías educativas ambientales en sus espacios de formación, permitiendo la mejora de programas establecidos para fines específicos. Por ello, es recomendable trabajar desde la interculturalidad, es decir, desde la transversalidad que permiten las ciencias educativas para la formación integral del individuo (Figura 8.4).



**Figura 8.4.** La construcción de ciudadanía ambientalmente responsable debe ser un objetivo fundamental de una política de educación ambiental para el desarrollo sustentable.

Las tareas pendientes son muchas, por lo que es necesario, desde el interior de las mismas secretarías estatales, vincular, promover y fungir como productoras, para que las medidas correspondientes se implementen y puedan traer beneficios, tanto a la población morelense como al planeta entero.





## 9. GÉNERO Y CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático tiene y tendrá efectos e impactos diferenciados según categorías sociales como género, edad, nivel económico y etnia; es decir, el cambio climático puede aumentar la desigualdad en el mundo si no son atendidas sus causas y sus efectos (PNUD, 2008).

El término *género* se refiere a roles, responsabilidades y oportunidades atribuidas por la sociedad y asociadas a mujeres y hombres, así como las estructuras ocultas de poder que rigen las relaciones entre ellos (Figura 9.1). *Género* es, en esencia, un término que se utiliza para enfatizar que la desigualdad sexual no la causan las diferencias anatómicas y fisiológicas que caracterizan a hombres y mujeres, sino, más bien, el trato desigual e injusto que socialmente se les da. En este sentido, *género* hace referencia a las condiciones culturales, sociales, económicas y políticas que constituyen la base de ciertos estándares, valores y pautas de conducta, relacionados con los géneros y las relaciones entre ellos (Riquer, 1993).



**Figura 9.1.** La sociedad atribuye diferentes roles a hombres y mujeres, que muchas veces se transfieren de generación en generación.

En México toda esta situación afecta de manera diferencial a mujeres y hombres, ya que al carecer de recursos naturales cerca de sus comunidades, las mujeres tienen que caminar horas para el acceso al agua, alimentos, plantas medicinales y leña para cocinar. En caso de perder el trabajo, los hombres frecuentemente emigran a los Estados Unidos de América, en busca de mejores oportunidades económicas, dejando a su pareja al cargo de los hijos, familiares y la parcela familiar. Por tal razón, las mujeres están socialmente más vulnerables y se presenta un proceso de feminización de

la agricultura. Además las mujeres en todo el mundo tienen una alta vulnerabilidad por encontrarse dentro del sector más empobrecido y desinformado, por razones de discriminación (Figura 9.2). Según los datos de *Naciones Unidas para los Derechos Humanos* (2008), se estima que el 70% de los 1.3 mil millones de personas que viven en situación de extrema pobreza en el mundo son mujeres (Ariyabandu y Fonseca, 2009; Arend y Lowman, 2011).



**Figura 9.2.** La pobreza y la discriminación son factores asociados a los altos niveles de vulnerabilidad que las mujeres en todo el mundo presentan.

México, por su situación socioeconómica y geográfica, es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático; por ubicarse entre los ecosistemas neoártico y neotropical es poseedor de la cuarta biodiversidad del mundo, pero sin duda esta situación lo expone también a efectos del cambio climático. La vulnerabilidad social se agrava por el manejo irracional o inadecuado de los recursos naturales, tanto por los individuos como por los programas de desarrollo y explotación generados por los tres niveles de gobierno.

Esta vulnerabilidad social obliga a las mujeres a prepararse ante nuevas eventualidades y a adquirir capacidades adicionales para responder de manera eficaz y segura ante los acontecimientos que no sólo afectan directamente su vida, sino también la de los que la rodean. Es importante generar procesos de prevención que protejan la vida humana, animal, natural y el patrimonio material, así como actividades que garanticen una vida con dignidad. Este proceso de prevenir, superar crisis, salvar vidas y bienes ante eventos inesperados se llama *resiliencia*. Este término se refiere

al aprendizaje que las personas adquieren durante emergencias, no sólo para sobrevivir, sino también para recuperarse rápidamente y regresar a la normalidad a la brevedad posible, así como con una mayor capacidad de enfrentar las adversidades. Por lo mismo, es importante orientar las actividades productivas futuras hacia la prevención de eventualidades socioeconómicas y desastres ambientales, donde se abran campos para las mujeres emprendedoras en el manejo integral de los recursos naturales, las energías renovables y el reciclaje de los residuos sólidos. El conjunto de estas actividades de solidaridad no sólo fortalecen económicamente a las mujeres, generando bienestar para sus familias, la comunidad y el entorno natural, sino que también ayuda a reducir los efectos negativos del cambio climático.

Más allá de pensar únicamente en cómo generar una respuesta tomando en cuenta las diferentes necesidades de hombres y mujeres ante el cambio climático, es indispensable reconocer los diferentes aportes de las mujeres, hombres y niños para producir conocimientos que puedan responder a las necesidades y realidades locales, lo cual podría generar una estrategia global más amplia ante el cambio climático. La consideración de un enfoque de género no sólo debe centrarse en la mujer, pues hombres y niños también son vulnerables al cambio climático, pero a menudo en formas diferentes, formas que tienen que ser consideradas y comunicadas (Figura 9.3). Tomar en cuenta las relaciones de género en el marco de la mitigación del cambio climático permite estudiar las consecuencias en términos de género en una reflexión dinámica e integral.

De acuerdo con las cifras generadas por la ONU, en 2008 se estimó que para el año 2025 casi dos tercios de la población mundial estarán en riesgo de experimentar algún tipo de crisis en relación al agua. En México las cifras de la *Encuesta Nacional de Uso del Tiempo* (2002) reflejan que la participación de las mujeres en el acarreo de agua es el doble que la de los hombres. Esta responsabilidad toma especial importancia en el contexto del cambio climático, ya que el fenómeno podría dificultar el acceso al agua potable, generando efectos en la salud.



**Figura 9.3.** Tanto hombres como mujeres son susceptibles al cambio climático y sus repercusiones sociales.

A pesar de las dificultades particulares de las mujeres ante las respuestas al cambio climático, existen evidencias de que las mujeres están desarrollando estrategias de mitigación ante éste. En Bangladesh, India y Nepal, las mujeres están adaptando sus prácticas de cultivo de acuerdo a los cambios en la duración, temporada e intensidad de las lluvias para asegurar sus cosechas. Analizar la relación entre género y cambio climático contribuye a entender mejor el fenómeno y así optimizar las políticas de adaptación y mitigación. Identificar las brechas de género en el acceso a los recursos y en la capacidad de enfrentar los riesgos y desastres climáticos permite desarrollar respuestas adecuadas. El papel que las mujeres desempeñan, especialmente en los países en desarrollo, en términos de gestión de los recursos y abastecimiento básico, debe ser reconocido en la formación de una estrategia internacional.

Las políticas de mitigación y adaptación deben de ir de la mano con las políticas sociales y económicas. Al identificar y entender las diferencias en

la vulnerabilidad de las mujeres y los hombres ante el cambio climático, se pueden desarrollar políticas que respondan al problema de vulnerabilidad, lo cual, en consecuencia, contribuirá a reducir las amenazas ante el cambio climático (Figura 9.4).



**Figura 9.4.** El reconocimiento de la vulnerabilidad de las mujeres ante el cambio climático permite desarrollar políticas públicas que respondan a esta problemática.



## 10. CONSIDERACIONES FINALES

Como se evidenció a lo largo del presente libro, es innegable que el cambio climático representa una crisis ambiental, energética y económica de dimensiones substanciales a nivel mundial, y el estado de Morelos no es ajeno a sus potenciales efectos; sin embargo, la entidad morelense ha asumido el reto de enfrentar y contender con tal fenómeno y para lo cual se han ido desarrollando diferentes esfuerzos a lo largo del Estado.

Como se trató en el capítulo dos, en Morelos ya han sido identificadas y analizadas en el *Inventario de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Morelos* (Ortiz-Hernández *et al.*, 2013) las principales fuentes de emisiones de GEI; sin embargo, debe resaltarse la necesidad de actualizar permanentemente los datos de las emisiones, para conocer el comportamiento de las emisiones a través del tiempo, así como la implementación de indicadores para monitorear la efectividad de las medidas de mitigación aplicadas en esta entidad.

Por otra parte, el estudio del comportamiento climático y sus variaciones es de gran importancia para desarrollar proyecciones de escenarios climáticos, ya que de acuerdo con los escenarios climáticos para Morelos, se proyectan aumentos continuos de la temperatura media anual del aire desde 0.5 hasta 3.8° C. En el caso de la precipitación, las proyecciones analizadas muestran tendencias a la disminución de las lluvias en ambos escenarios. Lo anterior es una base para resaltar la necesidad de poner en marcha las medidas de mitigación y de adaptación pues, además, los estudios de vulnerabilidad reportados para diferentes sectores clave en el estado de Morelos dejan claro que los potenciales impactos relacionados a este fenómeno son de carácter irreversible y ponen en riesgo tanto la disponibilidad del agua, la biodiversidad, los sistemas productivos, los cultivos agrícolas, así como la forma de vida en general de la sociedad. Además, el cambio en las



condiciones climáticas puede incidir en el surgimiento de nuevas enfermedades o la expansión de epidemias.

Finalmente, como resultado del desarrollo del presente libro, se evidenció la necesidad de contar con información estadística confiable y precisa en distintas áreas relacionadas con el cambio climático en el estado de Morelos. Esta situación resulta trascendental y requiere de atención prioritaria ya que el contar con datos estadísticos confiables representa la plataforma básica para el desarrollo de estrategias y la consecuente toma de decisiones para minimizar los potenciales impactos asociados al cambio climático en la entidad.

Con base en lo anterior, se propone la creación de un organismo descentralizado dependiente del Gobierno del Estado de Morelos que tenga la capacidad de generación, integración y actualización de información estadística precisa, contando con indicadores ambientales y factores de emisión de GEI específicos para el estado de Morelos. La información estadística generada y recopilada deberá ser integrada en un *Sistema Morelense de Información Ambiental contra el Cambio Climático* accesible al público.

Como parte de dicho organismo, se tendría que impulsar la creación de un *Consejo Consultivo* sobre el cambio climático en Morelos, que coadyuve en la aplicación de las políticas públicas emanadas de este libro e impulse la participación ciudadana en el proceso.

Para cumplir con este propósito es necesario impulsar la formación de recursos humanos en áreas temáticas relacionadas al cambio climático, mediante ofertas educativas/académicas en coordinación con IES así como estrategias comunicativas y la capacitación de personal para contar con material humano mejor preparado para enfrentar la problemática ambiental presente y futura.

Para llevar a cabo lo expuesto anteriormente, resulta fundamental establecer una coordinación estrecha entre los diferentes sectores de la

sociedad a través del diseño y el establecimiento de esquemas de participación interinstitucional gobierno-instituciones, académicas-sociedad e iniciativa privada, en beneficio tanto de la recopilación de información estadística, como de la implementación de medidas en la entidad, para contrarrestar los efectos del cambio climático.

De esta forma, el estado de Morelos levanta la mano en la lucha contra el cambio climático y con el desarrollo de este libro se da un paso importante hacia un mejor entendimiento y una vislumbre de las perspectivas a seguir para hacer de Morelos un estado preparado para contender con el fenómeno del cambio climático, minimizando sus devastadores efectos.



## LITERATURA CONSULTADA

- Agrawal A. (2008). The role of local institutions in adaptation to climate change. International Forestry Research and Institutions Program (IFRI) Working Paper no. W08I-3, University of Michigan. Michigan, EEUU.
- AgroDer. (2012). Huella Hídrica en México en el contexto de Norteamérica. WWF México y AgroDer. México, DF.
- Arend E. y Lowman S. (2011). *Governing Climate Funds: What Will Work for Women?* Gender Action (WEDO, Grow, Oxfam).
- Ariyabandu y Fonseca. (2009). Do disaster discriminate? En: Brauch *et al.* (eds.): *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts*. Springer Verlag, Berlin, Alemania.
- Bolongaro C. R. A., Torres R. V., Pohle M. O., Chavarría H. J. y García V. F. (2013). Vulnerabilidad del recurso hídrico en el estado de Morelos ante el cambio climático. Cambio climático: vulnerabilidad en sectores clave en el estado de Morelos. En: Ortiz-Hernández M. L. y Sánchez-Salinas E. (comps.) (2013). *Cambio climático: Vulnerabilidad de sectores clave en el estado de Morelos*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. ISBN 978-607-7771-95-1. Cuernavaca, Morelos. 288 pp.
- Bonilla-Barbosa J. y Villaseñor J. (2003). *Catálogo de la Flora del Estado de Morelos*. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, México. 129 pp.

- Boyd E. (2008). Navigating Amazonia under uncertainty: past, present and future environmental governance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 363: 1911-1916 pp.
- Burton I., Hug S., Lim B., Pilifosova O. y Schipper E. (2002). From impact assessment to adaptation priorities: the shapping of adaptation policy. *Climate Policy*. 2:145-149 pp.
- CEAMA (Comisión Estatal del Agua y Medio ambiente). (2009). Programa hídrico del estado de Morelos 2007-2012. En: <http://www.morelos.gob.mx/10consejeria/files/PlanesEstatales/VersionProgramaHidrico2007-2012.pdf>.
- CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). (1992). Nueva York, EEUU.
- CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). (2007). Unidos por el clima. Alemania.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). (2002). El agua en el estado de Morelos, Gerencia Regional Balsas subgerencia regional técnica. Cuernavaca, México.
- Cominelli E., Galbiati M., Tonelli C. y Bowler C. (2009). Water: the invisible problem. *EMBO Reports*. 10:671-676 pp.
- CONABIO y UAEM. (2004). La diversidad biológica en Morelos: Estudio de Estado. Contreras-MacBeath, T., Boyás, J., Jaramillo, F. (eds). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, México.

- CONABIO. (1998). La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- CONAFOR. (2012). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2012. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, México. 173 pp.
- CONAGUA. (2010). Atlas digital del agua, México. Usos del agua. Agua potable.  
<http://www.conagua.gob.mx/atlas/atlas.html?seccion=2&mapa=0>
- CONAGUA. (2011). Actualización de bases de datos del REPDA. Organismo de Cuenca Balsas.
- Confalonieri U., Menne B., Akhtar R., Ebi K., Hauengue M., Kovats R., B., R., Woodward A. (2007). Human health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press. Cambridge, UK pp. 391-431 pp.
- De Jong B.H., Masera O. y Hernández T. (2004). Opciones de captura de carbono en el sector forestal. En: Martínez, J., A. Fernández (Comp). Cambio Climático: una visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 369-380 pp.
- DOF. (2012). Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación 6 de Junio de 2012. 44 pp.
- Duarte C. M., Alonso S., Benito G., Dachs J., Montes C., Pardo M., Ríos F. A., Simó R. y Valladares F. (2006). Cambio global: impacto de la

actividad humana sobre el sistema Tierra. Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid. 1-166 pp.

Ebi K. L. (2008). Healthy people 2100: modeling population health impacts of climate change. *Climatic Change*. 88: 5-19 pp.

Ebi K. L., Sari, R., Menne, B. (2006). An approach for assessing human health vulnerability and public health intervention to adapt to climate change. *Environ. Health. Perspect.* 114 (12): 1930-1934 pp.

Eichhorst U. (2010). Módulo 5f: Adaptación del transporte urbano al cambio climático. En *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH Ed. Daniel Bongardt, Eschborn, Alemania*. 66 pp.

European Environmental Agency. (2001). Indicator Fact Sheet Signals 2001: Chapter Households, YIR01HH07 Household Water Consumption. Copenhagen, Dinamarca: European Environmental Agency.

FAO. (2002). *Crops and Drops: Making the Best Use of Water for Agriculture*. World Food Day. Roma, Italia.

FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales. Informe principal. Estudio FAO: Montes 163, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 346 pp.

FAO-PNUD-PNUMA. (2011). Estrategia del Programa ONU-REDD 2011-2015. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Châtelaine, Ginebra, Suiza. 24 pp.

- Füssel H. (2007). Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability Science*. 2:265-275 pp.
- García A., Laurín M., Llosá M. J., González V., Sanz M. J., Porcuna J. L. (2006). Contribución de la agricultura ecológica a la mitigación del cambio climático en comparación con la agricultura convencional. *Agroecología*. 1:75-88 pp.
- Gbetibouo G. A. y Ringler C. (2009). Mapping South African Farming Sector Vulnerability to Climate Change and Variability: A Subnational Assessment. IFPRI Discussion Paper 00885. International Food Policy Research Institute Environment and Production Technology Division. Washington, D.C., EEUU. 30 pp.
- Gitay H., Suarez A. y Watson R. (2002). Climate change and biodiversity: IPCC Technical Paper V. Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginebra, Suiza. 77 pp.
- González E. M., Jurado E., González E. S., Aguirre C. O., Jiménez P. J. y Navar J. (2003). Cambio Climático Mundial: Origen y Consecuencias. *Ciencia UANL*, 6(3), 377-386 pp.
- Henle K., Dick D., Harpke A., Kühn I., Schweiger O. y Settle J. (2008). Climate Change Impacts on European Amphibians and Reptiles. *Convention on the conservation of european wildlife and natural habitats*. 51 pp.
- Hesselbach-Moreno H., Reyna S. F., Sánchez D. L. F., del Río-León M. D., Sánchez-Chávez J. C., Chávez A. J., Espinoza M. M., Pérez-Calderón, M., del R., Galindo-Pérez, M. C., Bustamante F. A. B., Negrete S. L. (2010). Atlas de riesgos y peligros del estado de Morelos, Sistema Nacional de Protección Civil-Gobierno del Estado de Morelos. Morelos, México.



Huacuja M. G. (2006). El cambio Climático: el día que me cambió el planeta, editorial S y G editores S.A. de C.V. México, D.F. 1-46 pp.

Hurtado M., Arias M. y Riojas R. (2013). Vulnerabilidad en salud asociada a la variabilidad y cambio climático en el estado de Morelos. En: Ortiz-Hernández M. L. y Sánchez-Salinas E. (comps.) Cambio climático: Vulnerabilidad de sectores clave en el estado de Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. ISBN 978-607-7771-95-1. Cuernavaca, Morelos. 203-249 pp.

INE. (2010a). Glosario de términos en cambio climático. [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/glosario.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/glosario.html). Consultado en abril de 2012.

INE. (2010b). ¿Cómo afecta el cambio climático a la biodiversidad. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/656/biodiversidad.pdf>.

INE. El cambio climático en México. Información por Estado y sector. [http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/estados/futuro\\_morelos.html](http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_morelos.html). Consultado en abril de 2013.

INEGI. (2007). Estadísticas a propósito del día de la familia mexicana. Datos nacionales. <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2007/familia0.pdf>.

INEGI. (2011a). Vehículos de motor registrados en circulación, estado de Morelos. Consultado en línea: [http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158,13158](http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158,13158).

INEGI. (2011b). Perspectiva estadística Morelos. Aguascalientes, México. 90 pp.

- INEGI-Gobierno de Morelos. (2010). Anuario estadístico, Morelos. Aguascalientes, México. (Última actualización al 6 de mayo de 2011).
- INE-SEMARNAT. (2009). Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México, D.F. 274 pp.
- INE-UAEM. (2006). Análisis de la vulnerabilidad y capacidad de adaptación al cambio climático en los sectores más relevantes del estado de Morelos: Diagnóstico del impacto y riesgo derivado de la variabilidad climática y el cambio climático global en la disponibilidad y manejo del agua y en la agricultura. <http://www2.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2006c.pdf>.
- IPCC (2007). 4th Assessment Report: Synthesis Report-Summary for Policy Makers. Extraído en enero de 2013, de [http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/ar4\\_syr\\_spm.pdf](http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/ar4_syr_spm.pdf).
- IPCC (2001). Climate change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers, WMO.
- Klein R. J. T., Huq S., Denton F., Downing T. E., Richels R. G., Robinson J. B., Toth F. L. (2007). Inter-relationships between adaptation and mitigation. En: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. Cambridge, UK. 745-777 pp.
- López L. V. M. (2009). Cambio climático y calentamiento global: ciencias, evidencias, consecuencias y propuestas para enfrentarlos. México, Editorial Trillas. México. 1-29 pp.

- Magaña V. O. y Gay García, C. (2002). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos, estudio realizado para el INE por investigadores del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM <http://www2.ine.gob.mx/descargas/climatico/vulnerabilidad.pdf>.
- March I., Cabral H., Echeverría Y., Bellot M. y Fausto J. (eds). (2011). Adaptación al cambio climático en áreas protegidas del Caribe de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México, Serie Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Protegidas de México. México. 109 pp.
- Martens W. J. (1998). Health impacts of climate change and ozone depletion: an ecoepidemiologic modeling approach. *Environ. Health. Perspect.* 106 (1): 241-251 pp.
- Martínez-Alonso C., Locatelli B., Vignola R. e Imbach P. (eds). (2010). Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina. Libro de actas del Seminario Internacional sobre Adaptación al Cambio Climático: el Rol de los Servicios Ecosistémicos, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Cartago, Costa Rica. 144 pp.
- Masera O. R. (1995). Carbon Mitigation Scenarios for Mexican Forests: Methodological Considerations and Results. *Interciencia* 20, 388-395 pp.
- Masera O., de Jong B. y Ricalde I. (2000). Consolidación de la oficina mexicana para la mitigación de gases de efecto invernadero. Sector Forestal, Instituto Nacional de Ecología. UNAM-ECOSUR. 197 pp.

- Metrobus. Ciudad de México. (2013). Consultado en línea: <http://www.metrobus.df.gob.mx/beneficios.html>.
- Monroy-Ortiz R., Mariscotti Rodríguez J. y Monroy R. (2013). Aproximaciones recientes al estudio de los efectos del cambio climático en el turismo. El caso de Cuernavaca. En: Ortiz-Hernández M. L. y Sánchez-Salinas E. (comps.) Cambio climático: Vulnerabilidad de sectores clave en el estado de Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. ISBN 978-607-7771-95-1. Cuernavaca, Morelos. 41-267 pp.
- Montero M. J. y Pérez J. L. (2008). Regionalización de proyecciones climáticas en México de precipitación y temperatura en superficie usando el método REA para el siglo XXI. En: P. Martínez y A. Aguilar (eds). Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Vol II. Eds A. Aguilar y P. Martínez. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 73-83 pp.
- Ojeda-Bustamante W., Iñiguez-Covarrubias M., González-Camacho J. M. (2010). Vulnerabilidad de la agricultura de riego de México ante el cambio climático. Capítulo 5 del libro "Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático". Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 115-142 pp.
- Oropeza G. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo. Revista Caos Conciencia No. 1 2006 Universidad de Quintana Roo.
- Ortiz-Hernández M. L. y Sánchez-Salinas E. (comps.) (2013). Cambio climático: Vulnerabilidad de sectores clave en el estado de Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. ISBN 978-607-7771-95-1. Cuernavaca, Morelos. México. 288 pp.
- Ortiz-Hernández M. L., Quiroz Castañeda R. E., Sánchez-Salinas E., Castrejón-Godínez M. L. y Macedo Abarca B. (2013). Emisiones de

gases de efecto invernadero en el estado de Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. ISBN 978-607-7771-87-6. México. 141 pp.

Osnaya P. (2003). Avances de México en materia de cambio climático 2001-2002. INE-SEMARNAT. México, D.F. 113 pp.

Oyhantçabal W. (2010). Desarrollo de capacidad institucional adaptativa, lucha contra la sequía y servicios ecosistémicos en el norte del Uruguay. 97-104 pp. En: Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina. Martínez-Alonso, C., Locatelli, B., Vignola, R. e Imbach P. (eds). Cartago, Costa Rica. 144 pp.

Parry M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P. (2007). Technical Summary. En: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L, Cambridge University Press. Cambridge, UK. 23-78 pp.

Perczyk D., Bormioli M., Carlino H., González M. P. (2004). Manual de Cambio Climático. Argentina, Proyecto de Ciudadanía Ambiental Global. 1-39 pp.

Pérez Gil R., Loa-Loza E., Arroyo Quiroz I. y Ramírez R. (2010). Acciones para la puesta en marcha de la Estrategia de Conservación de la Biodiversidad del Estado de Morelos, FAUNAM AC para la CEAMA.

Pittock A. B. (2009). *Climate change: the science, impacts and solutions*. 2nd. Edition, CSIRO Publishing Collingwood. Australia. 368 pp.

PLEM. (2007). Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Morelos. 17 de Octubre de 2007.

- PNUD. (2008). Guía Recursos de género para el cambio climático. 1-147 pp.
- Ranhoff A. H. (2000). Accidental hypothermia in the elderly. *Int. J. Circumpolar Health* 59, 255-259 pp.
- Ribot J. (2009). Vulnerability does not just come fall from the sky: Toward Multi-scale Pro-poor Climate Policy. pp 1-21. En: *Social Dimensions of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World*. Mearns, R. y Norton, A. (eds). The World Bank. Washington, D.C., EEUU.
- Riquer F. (1993). Población y género. Borrador. México: Consejo Nacional de Población (CONAPO).
- Rojano A. A., Ontiveros C. R. E., Ojeda B. W. (2013). Vulnerabilidad de la agricultura de temporal al cambio climático en el estado de Morelos en Ortiz-Hernández M. L. y Sánchez-Salinas E. (comps.). *Cambio climático: Vulnerabilidad de sectores clave en el estado de Morelos*, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. ISBN 978-607-7771-95-1. Cuernavaca, Morelos. 148-194 pp.
- Rosemberg A., Martín-Murillo L. y Maffei L. (2008). *Desarrollando las renovables renovando el desarrollo: hacia una energía limpia, segura y justa*. Fundación Sustainlabour, Ed. Paralelo Edición, S.A. Madrid, España. 120 pp.
- Salazar A. y Macera O. (2010). México ante el cambio climático: Resolviendo necesidades locales con impactos globales. Unión de científicos comprometidos con la sociedad, A.C.
- SEMARNAT. (2009). Compendio de estadísticas ambientales, Dimensión ambiental, Incendios.  
[http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio\\_2009/01\\_ambiental/forestales\\_05.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio_2009/01_ambiental/forestales_05.html).

- SEMARNAT. (2010). Compendio de estadísticas ambientales, Dimensión ambiental, Incendios. [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/01\\_ambiental/forestales\\_05.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/01_ambiental/forestales_05.html).
- SEMARNAT-CEAMA. (2006). Modelo de ordenamiento ecológico y por riesgo eruptivo del territorio del volcán Popocatepetl y su zona de influencia, Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales-Comisión Estatal de Agua y Medio Ambiente. Puebla, Puebla. 337 pp.
- SEMARNAT-CONAFOR. (2011). Reporte semanal de resultados de incendios forestales. Datos acumulados del 01 de enero al 29 de septiembre de 2011. Coordinación general de conservación y restauración y Gerencia de Protección contra incendios forestales.
- SEMARNAT-INECC. (2012). Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México, 441 pp.
- SIE-SENER. (2009). Consumo de gas LP en el sector residencial, comercial y agrícola. Consultado en línea: <http://sie.energia.gob.mx>.
- UACH-UNICEDER. (2002). Evaluación del programa nacional de reforestación (PRONARE 2002) Morelos. Unidad de Investigación, Capacitación y Evaluación para el Desarrollo Rural de la Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México. 60 pp.
- UICN. (2012). Adaptación basada en ecosistemas: una respuesta al Cambio Climático.
- Urbina-Ortiz V. (2009). Impacto de los automóviles usados de procedencia extranjera ilegal al cambio climático en el Municipio de San Luis Potosí y zona conurbada. Tesis de Licenciatura. Facultad de Economía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. 117 pp.

- Veblen T. T., Young K. R. y Orne A. R. (2007). Future environments of South America. In: Veblen, T.T., Young, K.R., Orne, A.R. (eds.). *The Physical Geography of South America*. Oxford University Press. Nueva York, EEUU. 340-352 pp.
- Verbrugge A., Moomaw W., y Nyboer J. (2011). Aneex 1. Glossary, Acronyms, Chemical Symbol and Prefixes. pp 953-972. En: *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona Y., Seyboth K., Matschoss P., Kadner S., Zwickel T., Eickemeier P., Hansen G., Schlömer S., von Stechow C. (eds), Cambridge University Press. Cambridge, UK/ Nueva York, EEUU. 1076 pp.
- Wreford A., Moran D. y Adger N. (2010). *Climate Change and Agriculture: Impacts, Adaptation and Mitigation*. OECD, Paris, Francia. 1-36 pp.







MORELOS  
FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO:

ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS

se terminó de imprimir en el mes de Marzo de 2013,  
en los talleres de Dicograf, S.A. de C.V.  
Poder Legislativo 304, Cuernavaca, Morelos.  
La edición consta de 700 ejemplares  
para su composición se utilizó el tipo Book Antiqua.





Los efectos del cambio climático son irrefutables e irreversibles, además de que representan un desafío para la capacidad de resiliencia de los sistemas naturales y humanos del planeta. Para reducir al mínimo los impactos potenciales del cambio climático en una región determinada, es necesario evidenciar sus circunstancias actuales, identificar las áreas de mayor vulnerabilidad y definir las estrategias que permitan diseñar políticas de mitigación y adaptación ante este fenómeno.

En este contexto surge esta obra, que busca proporcionar las bases científicas para comprender la situación del estado de Morelos frente al cambio climático. El libro incluye temas como las emisiones de gases de efecto invernadero, los análisis y escenarios climáticos, la vulnerabilidad de sectores clave, los factores de riesgo, así como las propuestas de mitigación y adaptación ante el cambio climático y algunas de sus implicaciones, entre otros temas. Todo esto, con la finalidad de establecer los fundamentos que permitan contender con los impactos potenciales del cambio climático en Morelos.



ISBN: 978-607-8332-02-1



9 786078 332021