

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## MÉXICO

2007



Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

SAGARPA

SRE

SEDESOL

SCT

SEMARNAT

SE

SENER



## **COMISIÓN INTERSECRETARIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO**

**M. C. JUAN RAFAEL ELVIRA QUESADA**

*PRESIDENTE DE LA COMISIÓN*

*TITULAR DE LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES*

**ING. ALBERTO CÁRDENAS JIMÉNEZ**

*TITULAR DE LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN*

**DR. LUIS TÉLLEZ KUENZLER**

*TITULAR DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES*

**DR. EDUARDO SOJO GARZA ALDAPE**

*TITULAR DE LA SECRETARÍA DE ECONOMÍA*

**MTRA. BEATRIZ ZAVALA PENICHE**

*TITULAR DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL*

**DRA. GEORGINA KESSEL MARTÍNEZ**

*TITULAR DE LA SECRETARÍA DE ENERGÍA*

**EMB. PATRICIA ESPINOSA CANTELLANO**

*TITULAR DE LA SECRETARÍA DE RELACIONES EXTERIORES*

---

**DR. FERNANDO TUDELA ABAD**

*PRESIDENTE SUPLENTE DE LA COMISIÓN*

*SUBSECRETARIO DE PLANEACIÓN Y POLÍTICA AMBIENTAL, SEMARNAT*

**ING. MIGUEL CERVANTES SÁNCHEZ**

*SECRETARIO TÉCNICO DE LA COMISIÓN*

*DIRECTOR GENERAL ADJUNTO PARA PROYECTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO, SEMARNAT*

---

## **CONSEJO CONSULTIVO DE CAMBIO CLIMÁTICO**

**ÓRGANO PERMANENTE DE CONSULTA DE LA COMISIÓN INTERSECRETARIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO**

**DR. MARIO MOLINA PASQUEL**

*PRESIDENTE DEL CONSEJO*

**DR. CARLOS GAY GARCÍA**

*SECRETARIO DEL CONSEJO*

---

Cómo Citar: CICC, 2007. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, SEMARNAT. México.

Compilación y edición a cargo del Secretariado Técnico:

Ing. Miguel Cervantes Sánchez

Dr. Germán González Dávila

Lic. Lucrecia Martín Chávez

Dra. Rosalva Landa Ordaz

Dra. Leticia Ozawa Meida

Dr. Antony Challenger Jones

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales**

Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental

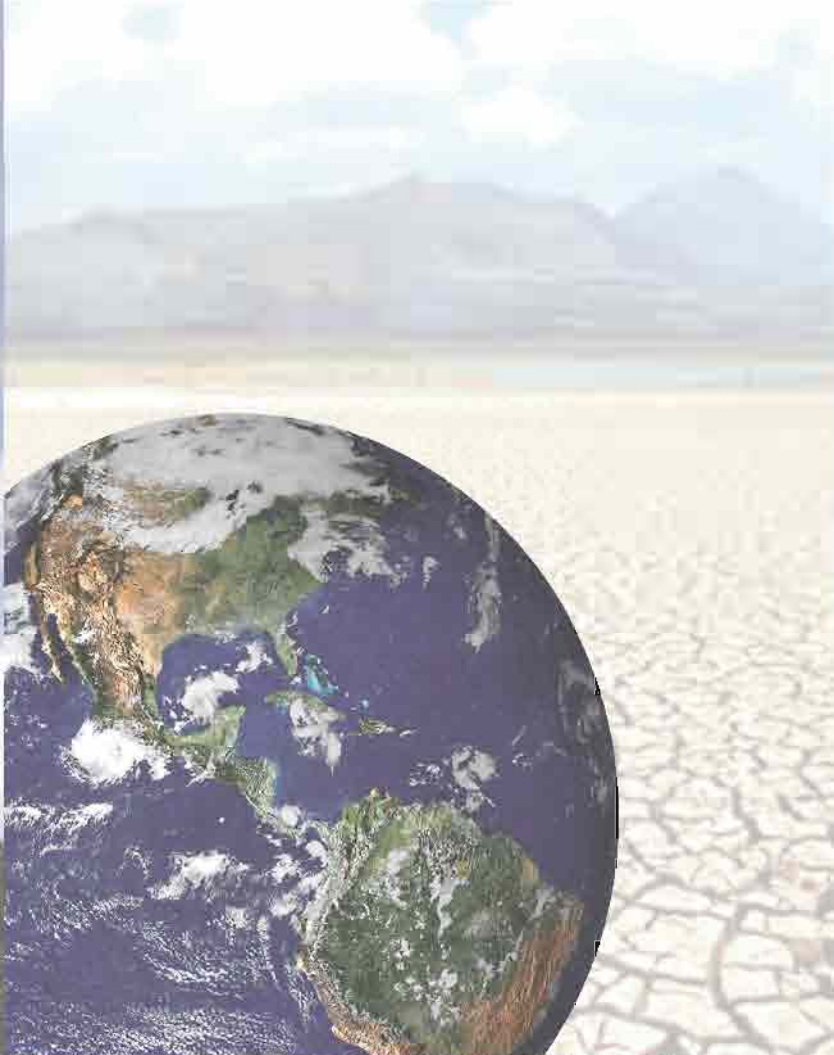
Bld. Adolfo Ruiz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña,

C.P. 14210, Tlalpan, México, D. F.

Impreso en México, mayo 2007

ISBN 968-817-837-3







# Contenido

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>13</b>
<b>1. EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>17</b>
<b>1.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO</b>	<b>19</b>
1.1.1 GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	21
1.1.2 RECONOCIMIENTO MUNDIAL DEL PROBLEMA	22
<b>1.2 RESPUESTA DE LA COMUNIDAD INTERNACIONAL</b>	<b>28</b>
1.2.1 EL PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO	28
1.2.2 RESPONSABILIDADES COMUNES PERO DIFERENCIADAS	31
1.2.3 EL PROTOCOLO DE KIOTO	33
1.2.4 MERCADOS DE BONOS DE CARBONO	33
<b>1.3 MÉXICO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>34</b>
1.3.1 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	34
1.3.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA CONVENCIÓN EN MÉXICO	36
1.3.3 AVANCES EN LA INSTRUMENTACIÓN DEL MECANISMO PARA UN DESARROLLO LIMPIO	37
1.3.4 EDUCACIÓN Y COMUNICACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO	37
<b>2. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN</b>	<b>41</b>
<b>2.1 GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA</b>	<b>43</b>
2.1.1 CONTRIBUCIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA A LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	43
2.1.2 PROYECCIONES DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DE EMISIONES DE GEI AL 2014 Y AL 2025	44
<b>A. Proyecciones de Emisiones en el Contexto Mundial al 2025</b>	<b>44</b>
<b>B. Prospectiva del Consumo Energético y sus Emisiones de GEI en México al 2014</b>	<b>45</b>
<b>C. Evolución de la Intensidad Energética y de la Intensidad de Carbono</b>	<b>49</b>
2.1.3 OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN EN GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA	49
<b>A. Eficiencia Energética</b>	<b>49</b>
a) Normas y Programas de Eficiencia Energética, CONAE	49
b) Programas de Ahorro y Eficiencia Energética, FIDE	50



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

c) <i>Eficiencia Energética en el Sector Vivienda</i>	50
d) <i>Investigación y Desarrollo</i>	52
<b>B. <i>Inversión y Políticas en PEMEX</i></b>	<b>52</b>
a) <i>Contabilidad y Reporte de Emisiones de GEI</i>	52
b) <i>Proyectos para la Reducción de Emisiones</i>	52
c) <i>Investigación y Desarrollo</i>	56
<b>C. <i>Inversión y Políticas en CFE y en LFC</i></b>	<b>56</b>
a) <i>Contabilidad y Reporte de Emisiones de GEI</i>	56
b) <i>Proyectos para la Reducción de Emisiones</i>	56
<b>D. <i>Medidas en el Sector Industrial</i></b>	<b>57</b>
a) <i>Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero</i>	57
b) <i>Cogeneración en el Sector Industrial</i>	59
c) <i>Investigación y Desarrollo</i>	60
<b>E. <i>Uso de Fuentes Renovables de Energía y Bajas en Emisiones de Carbono</i></b>	<b>60</b>
a) <i>Solar</i>	62
b) <i>Eólica</i>	62
c) <i>Mini-hidráulica</i>	63
d) <i>Bioenergía</i>	63
e) <i>Geotérmica</i>	66
f) <i>Energía Nuclear e Hidrógeno</i>	66
g) <i>Investigación y Desarrollo</i>	66
<b>F. <i>Transporte</i></b>	<b>66</b>
a) <i>Eliminación del Parque Vehicular Antiguo</i>	69
b) <i>Impulso al Transporte Ferroviario</i>	69
c) <i>Transporte Público</i>	69
d) <i>Transporte Marítimo y Aéreo</i>	70
e) <i>Investigación y Desarrollo</i>	70
<b>2.1.4 LÍNEAS DE ACCIÓN CLIMÁTICA PARA GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA</b>	<b>70</b>



# Contenido

<b>2.2 VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO</b>	<b>73</b>
2.2.1 COBERTURA VEGETAL Y CAMBIO CLIMÁTICO	73
2.2.2 CONTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES VINCULADAS CON USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO, SILVICULTURA, AGRICULTURA Y GANADERÍA A LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y TIPOS DE MITIGACIÓN	75
2.2.3 OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN EN VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO	78
<b>A. Bosques</b>	<b>78</b>
a) Conservación de Carbono	78
b) Captura de Carbono en el Sector Forestal	88
c) Sustitución de Carbono con Productos Forestales	92
d) Resumen del Potencial de Mitigación de Emisiones en Bosques	93
e) Investigación y Desarrollo	93
<b>B. Agricultura</b>	<b>94</b>
a) Reconversión Productiva en Agricultura	94
b) Uso Eficiente de Fertilizantes	95
c) Uso Controlado del Fuego	96
d) Labranza de Conservación y Conservación de Suelos	96
e) Investigación y Desarrollo	97
<b>C. Ganadería</b>	<b>97</b>
a) Captura de Carbono en Tierras de Pastoreo	97
b) Reducción de Emisiones de Metano en la Ganadería Intensiva	98
c) Investigación y Desarrollo	98
d) Resumen del Potencial de Mitigación de Emisiones en Agricultura y Ganadería	99
<b>D. Transversalidad y Acciones de Mitigación</b>	<b>99</b>
2.2.4 LINEAS DE ACCIÓN CLIMÁTICA PARA VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO	100
<b>2.3 ESTRATEGIA DE VALORACIÓN PROGRESIVA DEL CARBONO EN LA ECONOMÍA NACIONAL</b>	<b>100</b>



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

<b>3. VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN</b>	<b>103</b>
<b>3.1 VULNERABILIDAD</b>	<b>105</b>
3.1.1 <i>IMPACTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EFECTOS ESPERADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO</i>	109
<b>3.2 HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDADES NACIONALES</b>	<b>116</b>
3.2.1 <i>BASES PARA EL DISEÑO Y LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN</i>	116
<b>A. <i>El Uso de la Información Climática</i></b>	<b>117</b>
3.2.2 <i>AVANCES EN LA CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDADES DE ADAPTACIÓN</i>	117
<b>3.3 ELEMENTOS PARA LA ADAPTACIÓN NACIONAL</b>	<b>120</b>
3.3.1 <i>GESTIÓN DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS</i>	120
<b>A. <i>Capacidad Instalada</i></b>	<b>120</b>
a) <i>Estructura Institucional</i>	120
b) <i>Planeación</i>	121
c) <i>Marco Jurídico</i>	122
<b>B. <i>Capacidades por Desarrollar</i></b>	<b>122</b>
a) <i>Retos para la Gestión</i>	122
b) <i>Investigación y Desarrollo</i>	123
3.3.2 <i>BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS AMBIENTALES</i>	123
<b>A. <i>Capacidad Instalada</i></b>	<b>124</b>
<b>B. <i>Capacidades por Desarrollar</i></b>	<b>124</b>
a) <i>Retos para la Gestión</i>	124
b) <i>Investigación y Desarrollo</i>	125
3.3.3 <i>AGRICULTURA Y GANADERÍA</i>	126
<b>A. <i>Capacidad Instalada</i></b>	<b>126</b>
a) <i>Red Nacional de Estaciones Agro-Climáticas</i>	126
b) <i>Avances en la Adaptación de Zonas Áridas y Semiáridas</i>	127
c) <i>Programa de Apoyo, Investigación y Transferencia Tecnológica</i>	127
<b>B. <i>Capacidades por Desarrollar</i></b>	<b>128</b>
a) <i>Retos para la Gestión</i>	128





# Contenido

<b>b) Investigación y Desarrollo</b>	<b>129</b>
3.3.4 ZONA COSTERA	129
<b>A. Capacidad Instalada</b>	<b>130</b>
<b>B. Capacidades por Desarrollar</b>	<b>131</b>
<b>a) Retos para la Gestión</b>	<b>131</b>
<b>b) Investigación y Desarrollo</b>	<b>131</b>
3.3.5 ASENTAMIENTOS HUMANOS	131
<b>A. Capacidad Instalada</b>	<b>132</b>
<b>a) Sistema Nacional de Protección Civil</b>	<b>132</b>
<b>b) Programa Hábitat y Desarrollo de Atlas de Riesgos</b>	<b>132</b>
<b>c) Ordenamiento Territorial</b>	<b>132</b>
<b>B. Capacidades por Desarrollar</b>	<b>133</b>
<b>a) Retos para la Gestión</b>	<b>133</b>
<b>b) Investigación y Desarrollo</b>	<b>133</b>
3.3.6 GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA	134
<b>A. Capacidad Instalada</b>	<b>134</b>
<b>B. Capacidades por Desarrollar</b>	<b>134</b>
<b>a) Retos para la Gestión</b>	<b>134</b>
<b>b) Investigación y Desarrollo</b>	<b>134</b>
3.3.7 CONSIDERACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	135
3.4 TRANSVERSALIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	136
4. POSICIONAMIENTO GENERAL DE MÉXICO EN RELACIÓN CON EL RÉGIMEN INTERNACIONAL DE ATENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	139
REFERENCIAS	145
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	153



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## Índice de Gráficos

Gráfico 1.1	Concentración atmosférica de CO <sub>2</sub> durante el último siglo	19
Gráfico 1.2	Concentración atmosférica de CO <sub>2</sub> durante los últimos 650 mil años	20
Gráfico 1.3	Concentración atmosférica de CO <sub>2</sub> registrada por el observatorio Mauna Loa, Hawai	21
Gráfico 1.4	El “efecto invernadero”	22
Gráfico 1.5	Tiempo de estabilización de la concentración atmosférica de CO <sub>2</sub> , la temperatura y el nivel del mar	24
Gráfico 1.6	Anomalías de la temperatura media superficial global 1880 – 2005	26
Gráfico 1.7	Incremento del nivel del mar 1993-2005	27
Gráfico 1.8	Disminución de masas de hielo en el polo Norte 1978 –2005	28
Gráfico 1.9	Trayectorias alternativas de emisiones hacia la estabilización	30
Gráfico 1.10	Calentamiento asociado con diversos niveles de estabilización de las concentraciones atmosféricas de GEI	31
Gráfico 1.11	Comercialización en los mercados de bonos de carbono 2005–2006 en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> e [MtCO <sub>2</sub> e] y millones de Euros [€]	34
Gráfico 1.12	Emisiones de GEI por fuente en México, 2002.	35
Gráfico 1.13	Tendencias de las emisiones de GEI por fuente, en el sector de Generación y Uso de Energía en México, 1990-2002	36
Gráfico 1.14	Estructura de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático	37
Gráfico 2.1	Proyección de emisiones al 2025 en millones de toneladas de carbono [MtC]	44
Gráfico 2.2	Evolución de la producción interna de energía primaria [PJ], 1994 y 2004	46
Gráfico 2.3	Evolución del consumo nacional de energéticos por sectores [PJ], 1994-2014	46
Gráfico 2.4	Evolución de las emisiones por sectores en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> e [MtCO <sub>2</sub> e], 1994-2014	47
Gráfico 2.5	Evolución en el consumo de combustibles [PJ], 1994-2014	47
Gráfico 2.6	Evolución de la intensidad de carbono [tCO <sub>2</sub> / millones de pesos PIB]	48
Gráfico 2.7	Evolución de las emisiones de CO <sub>2</sub> /PJ y emisiones de CO <sub>2</sub> per cápita	48
Gráfico 2.8	Evolución de las emisiones fugitivas de metano en porcentajes	55
Gráfico 2.9	Demanda nacional de gasolinas en miles de barriles diarios [mbd], y crecimiento del parque vehicular a gasolina en miles de unidades, 1994-2014	68
Gráfico 2.10	Esquema del flujo de carbono en un ecosistema forestal	74



## Contenido

Gráfico 2.11	Bienestar humano y servicios ambientales	76
Gráfico 2.12	Criterios del Proceso de Montreal para el Manejo Forestal Sustentable (MFS)	79
Gráfico 2.13	Cobertura del PRODEFOR por municipio	80
Gráfico 2.14	Cobertura del PROCYMAF	82
Gráfico 2.15	Incendios forestales y superficie afectada 1980-2005	82
Gráfico 2.16	Algunos servicios ambientales de diversos tipos de ecosistemas	83
Gráfico 2.17	Cobertura del PSAH, 2003-2005	83
Gráfico 2.18	Áreas Naturales Protegidas en México, 2007	85
Gráfico 2.19	Corredor Biológico Mesoamericano México, CBMM	86
Gráfico 2.20	Cobertura del PRONARE en los estados de la República, 2005	89
Gráfico 2.21	Superficie plantada, verificada y pagada por PRODEPLAN, 1997-2005	90
Gráfico 3.1	Catástrofes vinculadas con eventos naturales extremos a nivel mundial durante 2005	105
Gráfico 3.2	Degradación de suelos en México	107
Gráfico 3.3	Zonas de riesgo y grados de vulnerabilidad a huracanes en México	108
Gráfico 3.4	Zonas costeras del golfo de México y mar Caribe más vulnerables al incremento del nivel del mar	112
Gráfico 3.5	Situación actual e impactos previsibles del cambio climático en las zonas aptas para el cultivo de maíz de temporal, de acuerdo con tres escenarios posibles	113



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.1</b>	<b>Gases de efecto invernadero (GEI) considerados por el Protocolo de Kyoto</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 1.2</b>	<b>Los 25 mayores emisores de GEI en el 2000 [MtCO<sub>2</sub>e]</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 1.3</b>	<b>Algunos eventos relevantes en la construcción del régimen climático internacional</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 1.4</b>	<b>Países incluidos en los Anexos I y II de La Convención y en el Anexo B del Protocolo de Kioto</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 1.5</b>	<b>Cartera de Proyectos MDL mexicanos hasta el 2 de mayo de 2007</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 2.1</b>	<b>Emisiones en millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente [MtCO<sub>2</sub>e] 1990-2002</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 2.2</b>	<b>Empresas participantes en el Programa GEI-México (mayo de 2007)</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 2.3</b>	<b>Potencial eólico en La Ventosa, Oaxaca</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 2.4</b>	<b>Potencial del aprovechamiento de la bioenergía en México</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 2.5</b>	<b>Proyectos geotérmicos en etapa de factibilidad de la Cartera del Sector Energía</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 2.6</b>	<b>Oportunidades de mitigación de GEI al 2014, reducciones estimadas de emisiones (REE) en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año [MtCO<sub>2</sub>e/año]</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 2.7</b>	<b>Subcategorías definidas por el IPCC para la categoría USCUSS</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 2.8</b>	<b>Subcategorías definidas por el IPCC para el sector agropecuario</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 2.9</b>	<b>Emisiones de metano y óxido nitroso del sector agropecuario [MtCO<sub>2</sub>e] 1990-2002</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 2.10</b>	<b>Resumen del potencial de mitigación de emisiones [Mt CO<sub>2</sub>e] por manejo y conservación de los recursos forestales</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 2.11</b>	<b>Resumen del potencial de mitigación de emisiones [Mt CO<sub>2</sub>e] en agricultura y ganadería</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 2.12</b>	<b>Fondos del GEF adjudicados a proyectos de cambio climático en México</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 3.1</b>	<b>Pérdidas registradas por los cinco mayores eventos hidrometeorológicos en 2005</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 3.2</b>	<b>Distribución porcentual de los hogares mexicanos por rangos de salarios mínimos equivalentes en el periodo 1992-2004</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 3.3</b>	<b>Huracanes que han impactado en México en el periodo 1980 – 2005 (ordenados por intensidad)</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 3.4</b>	<b>Impactos previsibles del cambio climático en México</b>	<b>114</b>



## Contenido

<b>Tabla 3.5</b>	<b>Algunas acciones vinculadas con la adaptación a cambios en el clima en diversos países</b>	<b>118</b>
<b>Tabla 3.6</b>	<b>Cambios netos esperados en la superficie potencial de los principales tipos de vegetación en México (%)</b>	<b>124</b>
<b>Tabla 3.7</b>	<b>Afectaciones por incremento del nivel medio del mar (NMM) en regiones críticas de la zona costera.</b>	<b>130</b>





# *Presentación*







## Presentación

La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) fue creada con el objeto de coordinar, en el ámbito de sus respectivas competencias, las acciones de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal relativas a la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para prevención y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, a la adaptación frente a los efectos del cambio climático y, en general, para promover el desarrollo de programas y estrategias de acción climática relativos al cumplimiento de los compromisos suscritos por México en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y los demás instrumentos derivados de ella, particularmente el Protocolo de Kioto.

La CICC está presidida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y se integra además por los titulares de las Secretarías de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Comunicaciones y Transportes (SCT), Economía (SE), Desarrollo Social (SEDESOL), Energía (SENER), y Relaciones Exteriores (SRE). La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) es invitada permanente a las reuniones.

El Grupo de Trabajo para la Estrategia Nacional de Cambio Climático de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático integró un documento preliminar que el Consejo Consultivo de Cambio Climático revisó y sometió a consulta pública en julio del 2006, la cual culminó con una reunión de trabajo en las instalaciones de la Secretaría de Relaciones Exteriores en la que participaron 130 especialistas e interesados en el tema. Las conclusiones de esta consulta fueron integradas por el Consejo Consultivo de Cambio Climático y sobre esta base se formuló el documento Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática, mismo que la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático adoptó en octubre de 2006 y presentó en la XII Conferencia de las Partes ante la CMNUCC en noviembre de 2006 en Nairobi.

La SEMARNAT y la SENER trabajaron en colaboración con el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente en la identificación de oportunidades de reducción de emisiones en el rubro de generación y uso de energía. Tales estudios fueron la base para la construcción de propuestas que se integran en la presente Estrategia Nacional de Cambio Climático.

Con base en las oportunidades de mitigación y las acciones de adaptación al cambio climático identificadas previamente, esta Estrategia Nacional de Cambio Climático precisa posibilidades y rangos de reducción

de emisiones, propone los estudios necesarios para definir metas más precisas de mitigación y esboza las necesidades del país para avanzar en la construcción de capacidades de adaptación. La Estrategia Nacional de Cambio Climático contribuye así a un proceso nacional, amplio e incluyente, basado en la construcción de consensos gubernamentales, corporativos y sociales para:

- Identificar oportunidades de reducción de emisiones y desarrollar proyectos de mitigación;
- Reconocer la vulnerabilidad de los respectivos sectores y áreas de competencia e iniciar proyectos para el desarrollo de capacidades nacionales y locales de respuesta y adaptación;
- Proponer líneas de acción, políticas y estrategias, que sirvan de base para un Programa Especial de Cambio Climático inscrito en el Plan Nacional de Desarrollo (2007-2012).

La Estrategia aborda, en un primer capítulo, aspectos generales del cambio climático y la respuesta de la comunidad internacional y de México ante el problema. Continúa con un breve diagnóstico sobre las emisiones provenientes del sector de generación y uso de energía y de las actividades relacionadas con la vegetación y el cambio de uso del suelo, que se acompaña de la identificación de oportunidades de mitigación y la definición de objetivos generales para el periodo 2007-2012, así como de algunas proyecciones a mayor plazo. Se presenta una breve reflexión sobre la valoración progresiva del carbono en la economía nacional. En un tercer capítulo se describen las condiciones de vulnerabilidad de México y las necesidades de adaptación frente al cambio climático, a partir del análisis de las capacidades ya instaladas y de las que aún se requiere desarrollar en el país. En materia de mitigación y adaptación se hace especial énfasis en la orientación de estudios e investigaciones que son prioritarias para enfrentar el problema. Finalmente se presenta el posicionamiento general de México en relación con el régimen internacional de atención al cambio climático.

La presente Estrategia refleja el compromiso del Ejecutivo Federal en relación con la mitigación del cambio climático y la adaptación a los efectos adversos del mismo, sobre la base del reconocimiento del problema como uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la humanidad.

Está por determinarse qué parte de las políticas y medidas mencionadas en esta Estrategia podrá costearse con fondos fiscales, y qué parte tendrá que apoyarse en mecanismos de cooperación internacional para asegurar su viabilidad.





## ***El cambio climático***







# El Cambio Climático

## 1.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO

La atmósfera terrestre es el más global de los bienes ambientales comunes. Es una muy delgada película, constituida por una masa gaseosa de composición prácticamente homogénea<sup>1</sup>, en virtud de las propiedades de difusión de los gases, de los movimientos verticales convectivos, de la circulación general de la atmósfera y de otros mecanismos. Todo contaminante gaseoso que reciba se diluye y acaba distribuyéndose en toda su extensión. Cualquier transformación que sufra la atmósfera en las concentraciones de los gases que forman parte de ella (**Gráfico 1.1**), afecta a la biosfera y a la humanidad en su conjunto.

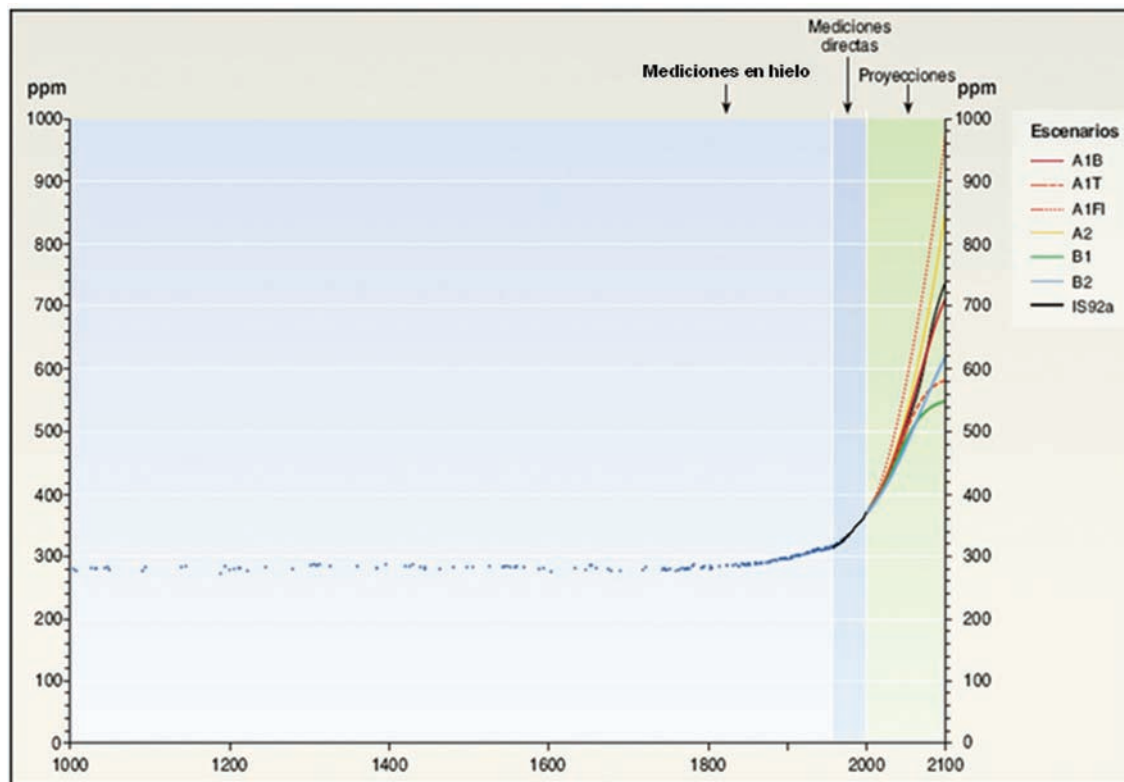
A través de diversos procesos naturales, organizativos y productivos que han implicado extensas modificaciones en la biosfera, los seres humanos evolucionaron como una especie biológica dominante y se han establecido en casi todo el planeta. Por la escala global de su intervención, la

persistencia de su acción y el carácter acumulativo de los resultados, tal vez **el experimento ambiental más trascendente —aunque inconsciente— emprendido por la humanidad ha sido incidir en la transformación de la atmósfera.**

El cambio climático es resultado del uso intensivo de la atmósfera como receptora de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El problema consiste en que los volúmenes de GEI —especialmente bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)— emitidos durante los últimos ciento cincuenta años de industrialización superan la capacidad de captura de la biosfera y el resultado neto es el aumento constante de las concentraciones de estos gases, que obstaculizan la emisión de energía hacia el espacio exterior y acrecientan el proceso natural de «efecto invernadero».

Este proceso de contaminación atmosférica ha hecho que las concentraciones de CO<sub>2</sub> pasen de 280 ppm (partes por millón) antes de la revolución industrial, a más de

**Gráfico 1.1 Concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> durante el último siglo**



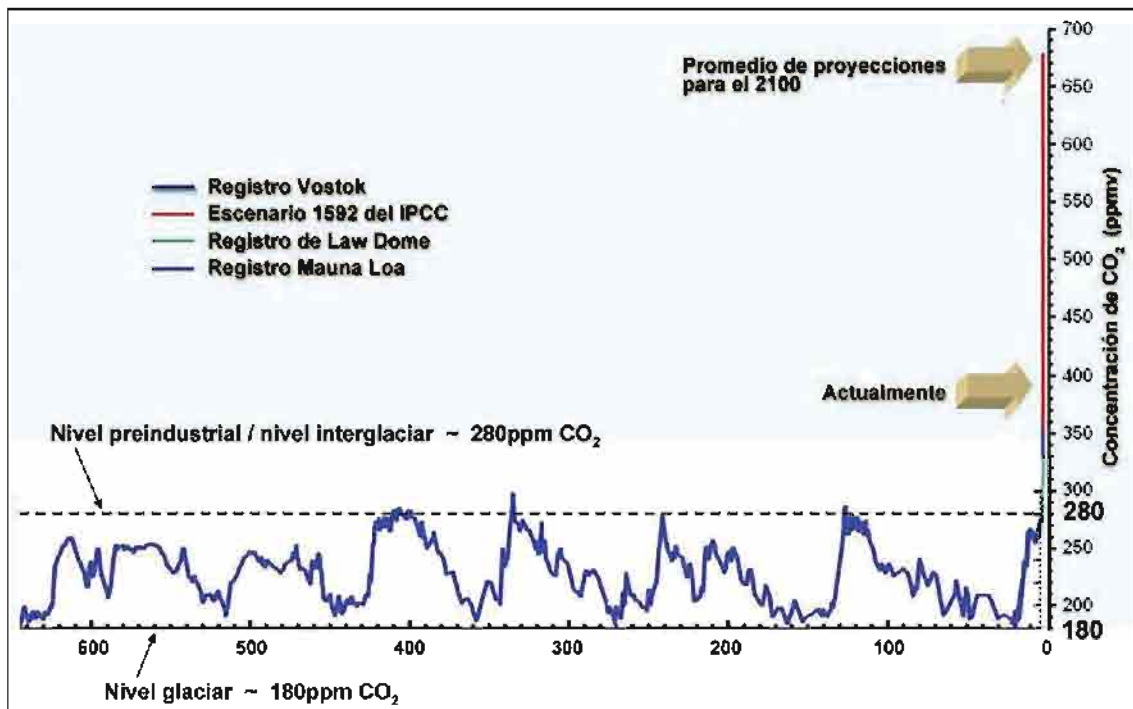
Concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> del año 1000 al 2000, a partir de muestras de hielo y mediciones directas efectuadas durante los últimos decenios. Las proyecciones del período 2000–2100 están basadas en escenarios posibles. FUENTE: IPCC, 2001.

<sup>1</sup> La composición seca de la atmósfera terrestre es: 78% de nitrógeno (N<sub>2</sub>), 21% de oxígeno (O<sub>2</sub>), 0.9% de argón (Ar) y 0.03% de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).



## Estrategía Nacional de Cambio Climático

Gráfico 1.2 Concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> durante los últimos 650 mil años



FUENTE: Siegenthaler *et al.*, 2005.

380 ppm en la actualidad (Gráfico 1.2)<sup>2</sup>, o bien a 430 ppm<sup>3</sup> si se considera a todos los GEI en términos de su equivalencia en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>e) lo que representa la más alta concentración registrada durante los últimos 650 mil años<sup>4</sup>. A mayor concentración de GEI en la atmósfera, mayor la opacidad de ésta a la radiación infrarroja que emite la superficie terrestre y mayor el efecto invernadero, con lo que se elevan la temperatura media global y el nivel del mar tanto por dilatación térmica de los océanos como por el derretimiento de los grandes hielos terrestres. La intervención humana está logrando, en un lapso de décadas, transformaciones de una magnitud superior a las que el sistema natural experimenta en el curso de cientos de miles de años.

Información actualizada de la División de Monitoreo Global de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América (NOAA, por sus siglas en inglés), confirma la tendencia incremental en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Gráfico 1.3).

El cambio climático es inducido por las emisiones antropógenas de GEI y se perfila junto con la pérdida de la biodiversidad y la degradación de ecosistemas y de sus servicios ambientales<sup>5</sup>, como el problema ambiental más trascendente del siglo XXI y uno de los mayores desafíos globales que enfrenta la humanidad.

El cambio climático antropogénico es resultado de la mayor falla de mercado jamás conocida, ya que los precios de los combustibles fósiles nunca reflejaron los costos ambientales de su uso. Numerosos estudios indican que la inacción en el presente elevará exponencialmente los costos de adaptación en el futuro.

Por sus efectos adversos previsibles, el cambio climático trasciende la esfera de lo ambiental y representa una amenaza creciente para muchos procesos de desarrollo. Por su globalidad, requiere de un enfoque multilateral, pues ningún país puede hacerle frente aisladamente. Por su di-

<sup>2</sup> IPCC, 2001.

<sup>3</sup> Stern, 2007.

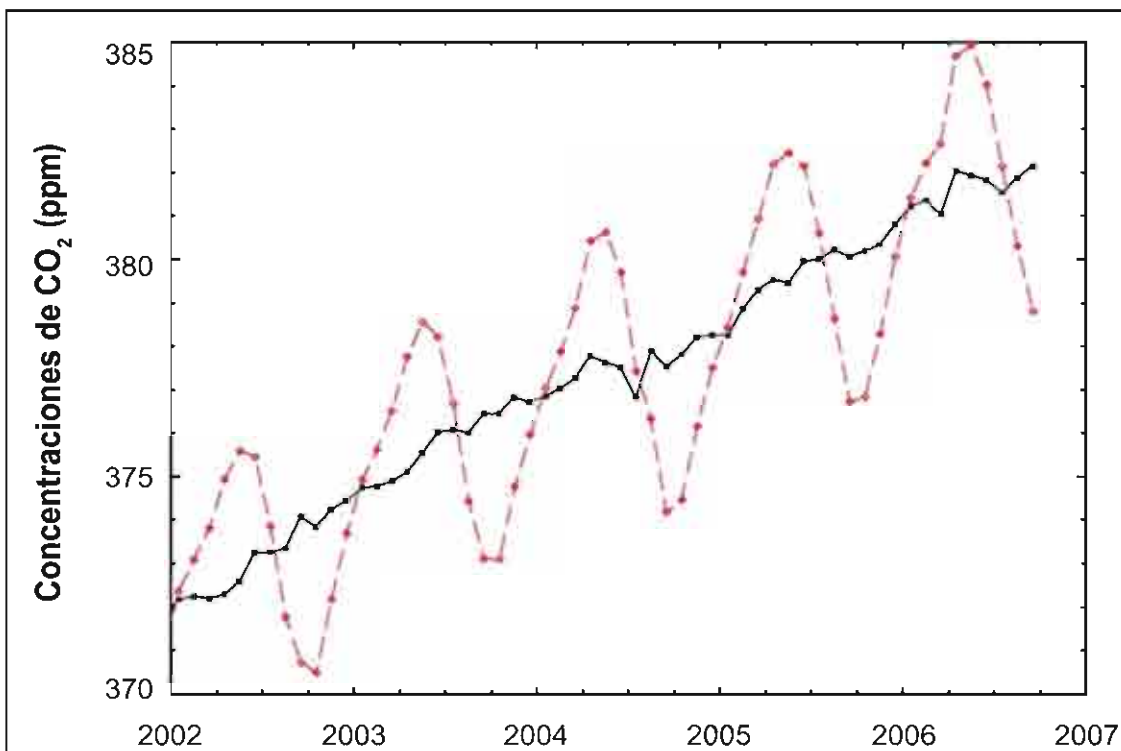
<sup>4</sup> Hopkin, 2005; Siegenthaler *et al.*, 2005.

<sup>5</sup> Millennium Ecosystems Assessment, 2005.



# El Cambio Climático

Gráfico 1.3 Concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> registrada por el observatorio Mauna Loa, Hawái.



La línea roja representa los valores promedio mensuales; la línea negra representa los mismos datos corregidos por el promedio del ciclo estacional. FUENTE: NOAA: <http://www.cmdl.noaa.gov/ccgg/trends/>

mención temporal, impone la necesidad de planear a largo plazo y actuar de inmediato.

**El cambio climático es un problema de seguridad estratégica de los países**, por lo que es urgente incrementar los esfuerzos de mitigación (reducción de emisiones de GEI) y desarrollar capacidades de adaptación ante los impactos adversos previsible.

### 1.1.1. GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

La atmósfera es transparente a la radiación solar que impacta la Tierra y calienta su superficie, pero relativamente opaca para la radiación infrarroja que la superficie terrestre re-emite hacia el espacio exterior (Gráfico 1.4). Esta opacidad relativa se debe a la presencia natural de muy pequeñas cantidades de gases de efecto invernadero (Tabla 1.1), cuya concentración en la atmósfera hace a ésta más o menos opaca a la radiación infrarroja.

El fenómeno del cambio climático antropogénico implica la elevación de las concentraciones de GEI por encima de

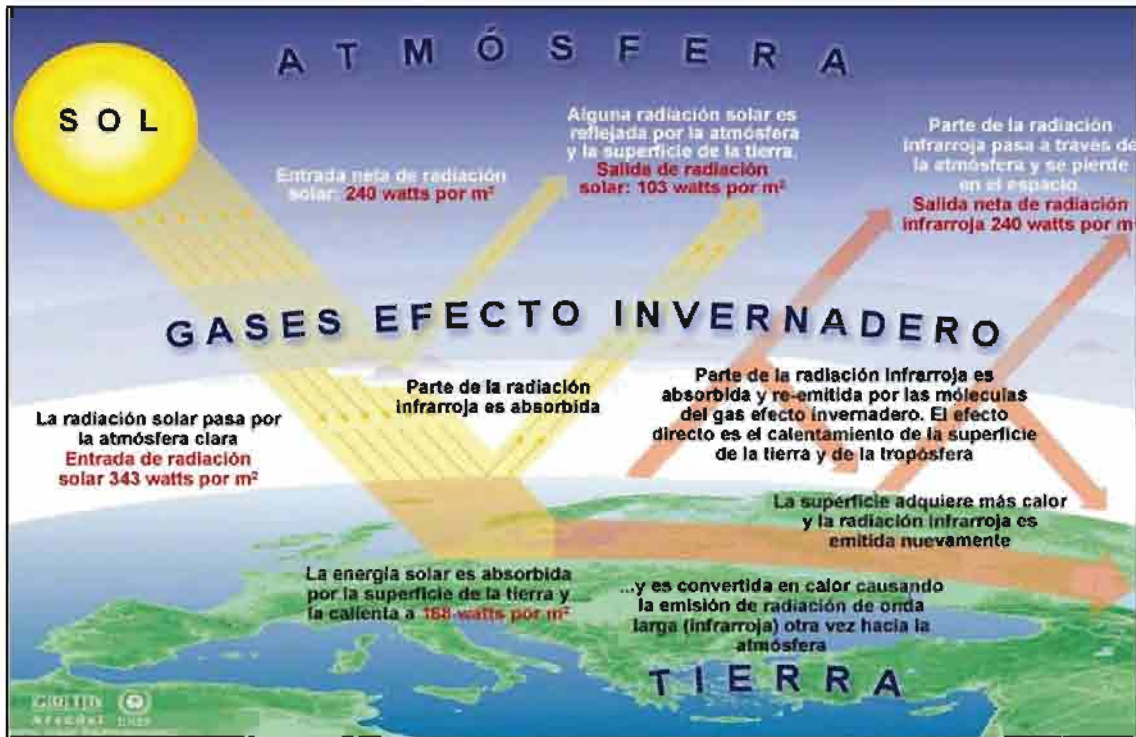
sus niveles naturales, el proceso presenta una inercia considerable. Como las concentraciones de GEI se incrementaron durante más de 150 años y la vida media de estos gases en la atmósfera va de decenas a miles de años, los efectos del cambio climático perdurarán por mucho tiempo (Gráfico 1.5). Se necesita reducir las emisiones antrópicas globales, hasta encontrar un punto de equilibrio con la capacidad de captura de carbono de la biosfera. En ese punto se detendrá el aumento de las concentraciones de GEI.

Los efectos derivados del incremento de las concentraciones atmosféricas de GEI de origen antrópico empiezan ya a manifestarse, mediante fenómenos como la ampliación en los rangos de variabilidad climática y la probable intensificación de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Los efectos previsible —cambios drásticos en los regímenes de lluvias y la ocurrencia de sequías, escasez en la disponibilidad de agua dulce y suelos productivos, incremento de enfermedades infecciosas y de las transmitidas por vectores, elevación del nivel del mar, variaciones



# Estrategía Nacional de Cambio Climático

Gráfico 1.4 El "efecto Invernadero"



FUENTE: PNUMAWMO, 1996.

en la temporalidad de procesos biológicos, etc. — expondrán crecientemente a poblaciones humanas y ecosistemas a riesgos incrementales. Tales situaciones de riesgo ya impactaron los costos de los seguros<sup>6</sup> que, después de los huracanes de 2005, elevaron sustancialmente los montos de sus pólizas en zonas de mayor riesgo, incluso en algunos casos dejaron de ofrecer sus servicios.

A los efectos anteriores se agrega el hecho de que algunos mecanismos de retroalimentación natural propician que los océanos<sup>7</sup> y los ecosistemas terrestres reduzcan su capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>, a la vez que otros ecosistemas empiezan a transformarse en emisores netos de GEI —como es el caso de las tundras, por liberación del metano almacenado en el permafrost. El cambio de albedo por reducción de la extensión de hielo en el Ártico refuerza el efecto del cambio climático, al reflejar menos radiación solar de regreso al espacio.

## 1.1.2. RECONOCIMIENTO MUNDIAL DEL PROBLEMA

En el año 2000, las emisiones globales anuales representaban alrededor de 41 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e (MtCO<sub>2</sub>e)<sup>8</sup>, de las cuales los países desarrollados emitían 17 mil MtCO<sub>2</sub>e y los países en desarrollo 24 mil MtCO<sub>2</sub>e, incluyendo las emisiones por uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS). Se estima que, durante el periodo 1950 – 2000, las emisiones globales acumularon alrededor de 1 billón 100 mil MtCO<sub>2</sub>e; con poco más de 573 mil millones emitidas por los países desarrollados y poco más de 525 mil millones por los países en desarrollo. Casi la totalidad (99.6%) de las emisiones de los países desarrollados derivan de la quema de combustibles fósiles, en tanto que tres quintas partes (58.9%) de las emisiones de los países en desarrollo provienen de la deforestación y los cambios de uso del suelo. En el periodo de 1950 – 2000, los mayores emisores por uso de energía fueron los Estados Unidos de América y la Unión Europea; y por deforestación y cambio de uso del suelo destacaron Indonesia y Brasil. Si se toman en cuenta las emisiones per cápita las posiciones de los países se modifican sensiblemente (Tabla 1.2).

<sup>6</sup> New Economics Foundation, 2005.

<sup>7</sup> Doney, 2008.

<sup>8</sup> El Prefijo Mega es equivalente a 10<sup>6</sup> unidades, en este caso 10<sup>6</sup> toneladas, o millones de toneladas.





# El Cambio Climático

**Tabla 1.1 Gases de efecto invernadero (GEI) considerados por el Protocolo de Kioto**

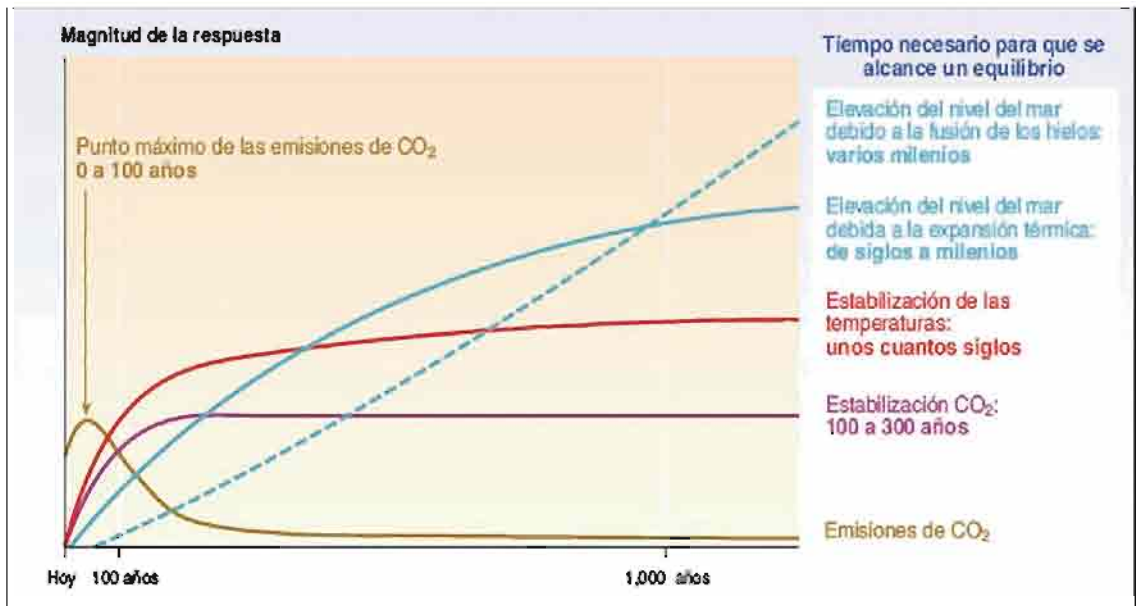
GEI	COMPOSICIÓN MOLECULAR	GWP – SAR (CO <sub>2</sub> e)	GWP - TAR (CO <sub>2</sub> e)	VIDA MEDIA (AÑOS)	ORIGEN
Bióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1	1	50 a 200	Quema de combustibles fósiles y de biomasa, incendios forestales
Metano	CH <sub>4</sub>	21	23	12 ± 3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, emisiones fugitivas
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	310	296	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos, algunos usos médicos
Hidrofluoro-carbonos	HFC-23	11,700	12,000	1.5 a 264	Refrigeración, aire acondicionado, extinguidores, petroquímica, solventes en producción de espumas, refrigerantes y aerosoles, producción y uso de halocarbonos
	HFC-125	2,800	3,400		
	HFC-134a	1,300	1,300		
	HFC-152a	140	120		
	HFC-227ea	2,900	3,500		
	HFC-236fa	6,300	9,400		
Perfluoro-carbonos	HFC-4310mee	1,300	1,500	2,600 a 50,000	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, producción de aluminio, solventes, aerosoles, producción y uso de halocarbonos
	CF <sub>4</sub>	6,500	5,700		
	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9,200	11,900		
	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	7,000	8,600		
Hexafluoruro de azufre	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	7,400	9,000	3,200	Aislante dieléctrico en transformadores e interruptores de redes de distribución eléctrica, refrigerante industrial, producción de aluminio, magnesio y otros metales, producción y uso de halocarbonos
	SF <sub>6</sub>	23,900	22,200		

El potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) permite una contabilidad en términos de equivalentes de CO<sub>2</sub>, o **CO<sub>2</sub>e**. Las equivalencias basadas en el potencial de calentamiento global se sustentan en valoraciones realizadas en el **SAR**: Segundo Informe de Evaluación del IPCC) y en el **TAR** (Tercer Informe de Evaluación del IPCC, por sus siglas en inglés). Para la contabilidad de Reducciones Certificadas de Emisiones del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (CER, por sus siglas en inglés) aplican las equivalencias del SAR. Otros efectos, como la acidificación de los océanos por altas concentraciones de CO<sub>2</sub> no aplican en este esquema de equivalencias. Otros gases de efecto invernadero no incluidos en el Protocolo de Kioto, son considerados por el Protocolo de Montreal que protege la capa de ozono mediante la progresiva eliminación de esos gases. FUENTE: IPCC, 1996; IPCC, 2001



## Estrategía Nacional de Cambio Climático

**Gráfico 1.5** Tiempo de estabilización de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>, la temperatura y el nivel del mar



Aunque se logran minimizar las emisiones humanas de GEI, la temperatura en la superficie terrestre continuará incrementándose lentamente durante más de un siglo. La expansión térmica de los océanos continuará incluso mucho después de haberse reducido las emisiones de CO<sub>2</sub>, y la fusión de las capas de hielo seguirá contribuyendo durante muchos siglos a la elevación del nivel del mar. FUENTE: IPCC, 2001.



# El Cambio Climático

Tabla 1.2 Los 25 mayores emisores de GEI en el 2000, (MtCO<sub>2</sub>e)

Pais	Emisiones 2000 MtCO <sub>2</sub> e	% Total Mundial 2000	tCO <sub>2</sub> e /hab 2000	Posición /hab. 2000	Emisiones 1950-2000 por uso de energía MtCO <sub>2</sub> e	Posición 1950-2000 por uso de energía	Emisiones 1950-2000 por USCUS 2000 MtCO <sub>2</sub> e	Posición 1950-2000 por USCUS	Total Emisiones 1950-2000 MtCO <sub>2</sub> e	% Total Mundial 1950-2000
1 EE UU	6,468.80	15.65	22.90	14	212,905.00	1	-26,198.50	150	186,706.70	16.77
2 China	4,915.80	11.89	3.90	122	71,765.60	4	38,909.40	3	110,675.00	9.94
3 UE (25)	4,721.10	11.42	10.40	53	175,937.60	2	630.80	49	176,568.40	15.86
4 Indonesia	3,067.70	7.42	14.90	24	4,591.70	28	75,740.50	1	80,332.20	7.22
5 Brasil	2,221.50	5.37	12.80	38	7,442.40	19	60,946.40	2	68,388.80	6.14
6 Federación Rusa	1,969.90	4.77	13.50	33	77,120.80	3	13,838.40	5	90,959.10	8.17
7 India	1,848.80	4.47	1.80	163	18,771.20	9	-1,191.10	148	17,580.10	1.58
8 Japón	1,355.90	3.28	10.70	50	37,345.60	6	5,007.80	13	42,353.40	3.80
9 Alemania	1,013.30	2.45	12.30	40	47,333.20	5	187.90	70	47,521.20	4.27
10 Malasia	855.70	2.07	37.20	4	1,632.70	53	20,654.10	4	22,286.80	2.00
11 Canadá	748.70	1.81	24.30	12	17,430.80	11	5,193.80	12	22,624.60	2.03
12 Reino Unido	657.10	1.59	11.00	47	29,758.00	7	-21.00	139	29,737.00	2.67
13 México	622.60	1.51	6.40	93	9,393.10	15	4,300.00	16	13,693.10	1.23
14 Italia	529.30	1.28	9.20	67	14,383.60	13	-5.00	135	14,378.60	1.29
15 Rep. Corea	520.40	1.26	11.10	45	6,932.50	20	867.20	42	7,799.70	0.70
16 Francia	512.20	1.24	8.70	69	18,688.10	10	52.20	85	18,740.30	1.68
17 Myanmar (Birmania)	508.40	1.23	10.70	51	218.00	100	12,570.90	6	12,788.90	1.15
18 Australia	495.50	1.20	25.90	9	9,188.30	16	1,320.90	33	10,509.20	0.94
19 Irán	484.00	1.17	7.60	75	5,961.90	23	565.30	50	6,527.30	0.59
20 Ucrania*	482.10	1.17	9.80	61	20,768.10	8	--	--	20,768.10	1.87
21 Sudáfrica	419.30	1.01	9.50	63	10,201.90	14	48.70	87	10,250.60	0.92
22 Nigeria	388.10	0.94	3.30	126	1,799.80	48	5,539.90	11	7,339.70	0.66
23 Venezuela	383.80	0.93	15.80	23	4,284.60	30	6,399.40	10	10,684.00	0.96
24 Turquía	376.20	0.91	5.60	107	4,089.70	31	1,394.80	31	5,484.50	0.49
25 España	373.20	0.90	9.20	66	7,689.20	18	-114.90	144	7,574.30	0.68
<b>Top 25</b>	<b>32,854.30</b>	<b>79.71%</b>			<b>697,781.50</b>		<b>226,538.70</b>		<b>924,320.20</b>	<b>84.16%</b>
<b>Resto del mundo</b>	<b>8,365.20</b>	<b>20.29%</b>			<b>89,473.60</b>		<b>84,541.70</b>		<b>174,015.50</b>	<b>15.84%</b>
<b>Anexo I</b>	<b>17,081.90</b>	<b>41.44%</b>	<b>13.69</b>		<b>571,273.40</b>		<b>1,966.50</b>		<b>573,239.60</b>	<b>52.19%</b>
<b>no-Anexo I</b>	<b>24,137.60</b>	<b>58.56%</b>	<b>4.86</b>		<b>215,981.70</b>		<b>309,113.90</b>		<b>525,096.10</b>	<b>47.81%</b>
<b>Mundial 2000</b>	<b>41,219.50</b>	<b>100%</b>	<b>6.55</b>		<b>787,255.10</b>		<b>311,080.40</b>		<b>1,098,335.70</b>	<b>100%</b>

\* La columna de emisiones por país del año 2000 incluye todas las fuentes, excepto en el caso de Ucrania para el que no se cuenta con datos de USCUS. La columna de emisiones acumuladas 1950 – 2000 por uso de energía incluye producción de cemento. FUENTE: WRI, 2007.



## Estrategía Nacional de Cambio Climático

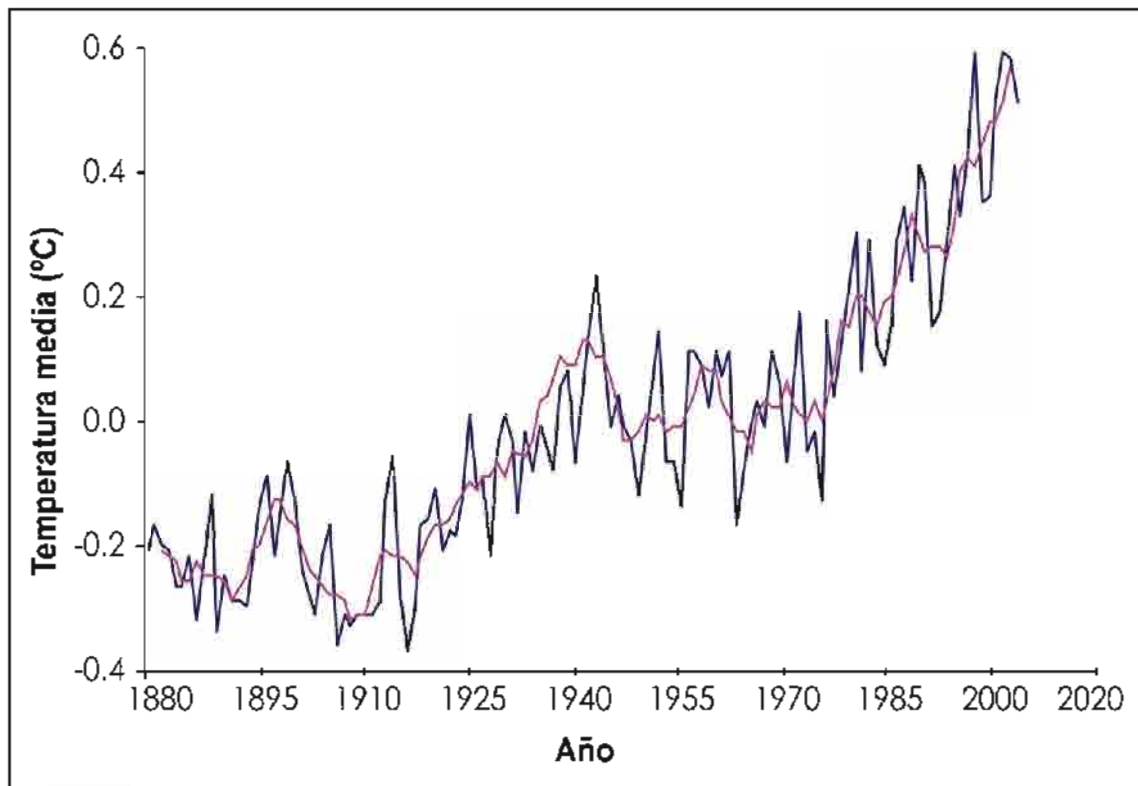
En la contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación<sup>9</sup> (FAR, por sus siglas en inglés) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), publicada en febrero del 2007 se confirma el carácter antropogénico del calentamiento global. Este documento reporta que las emisiones globales anuales de CO<sub>2</sub>e provenientes del uso de combustibles fósiles y de la producción de cemento<sup>10</sup> pasaron, de un promedio de 23.5 [entre 22.0 y 25.0] Giga toneladas<sup>11</sup> de CO<sub>2</sub>e (GtCO<sub>2</sub>e) durante los años 1990, a 26.4 [25.3 a 27.5] GtCO<sub>2</sub>e durante el periodo 2000-2005. Por cambio de uso del suelo y deforestación las emisiones alcanzaron un promedio de 5.9 [1.8 a 9.9] GtCO<sub>2</sub>e en la década de los años noventa.

Los cambios en la concentración atmosférica de los GEI se correlacionan estrechamente con los cambios en la

temperatura media de la superficie del planeta<sup>12</sup>, que en sólo tres décadas se incrementó 0.6°C (Gráfico 1.6). Aunque la magnitud del calentamiento varía según las regiones, la tendencia es global y consistente con otras evidencias, tales como los cambios en el inicio, la duración y el final de las estaciones; la elevación del nivel del mar (Gráfico 1.7) y el derretimiento de las grandes masas de hielo (Gráfico 1.8).

Además del calentamiento atmosférico, existen evidencias de un incremento en la temperatura de los océanos así como de sus concentraciones disueltas de CO<sub>2</sub><sup>13</sup>, hecho de suma importancia ya que los océanos son un componente fundamental del sistema climático por su interacción con la atmósfera<sup>14,15</sup>, y su capacidad para absorber CO<sub>2</sub>, la cuál llega a ser equivalente a la de algunos ecosistemas terrestres.

Gráfico 1.6. Anomalías de la temperatura media superficial global 1880 – 2005



La línea azul corresponde a la temperatura media anual; la línea roja corresponde a la media de 5 años. FUENTE: The NASA Goddard Institute for Space Studies: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2005/>

<sup>9</sup> IPCC, 2007.

<sup>10</sup> La producción de cemento se puede contabilizar en estos cálculos debido a que se cuenta con información histórica confiable, no significa que esta industria tenga una participación exclusiva y mayor en las emisiones de GEI comparada con la contribución de otros procesos industriales (categoría 2 del IPCC y del INEGEI) como la producción de metales y sustancias químicas, de los cuáles no se cuenta con datos históricos desagregados.

<sup>11</sup> El prefijo Giga es equivalente a 10<sup>9</sup> unidades, en este caso 10<sup>9</sup> toneladas, o mil millones de toneladas.

<sup>12</sup> Magaña, 2004.

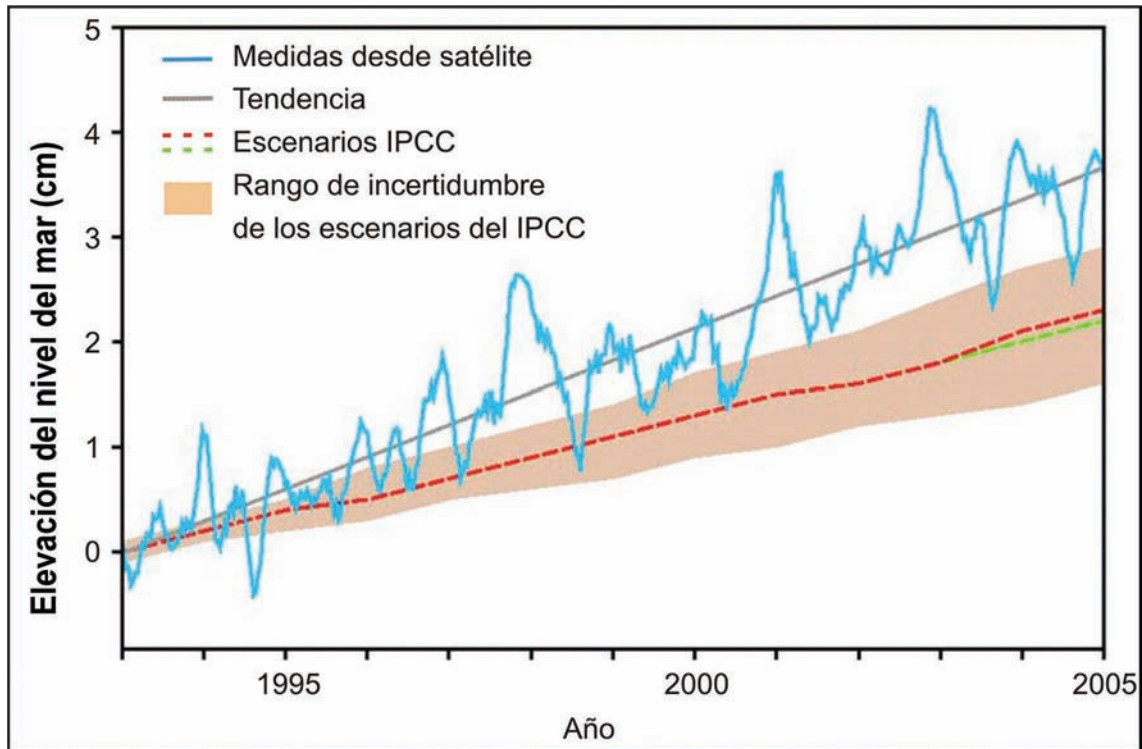
<sup>13</sup> Socolow, 2005.

<sup>14</sup> Gallegos, 2004.

<sup>15</sup> Lozano, 2004.

# El Cambio Climático

Gráfico 1.7 Incremento del nivel del mar 1993-2005

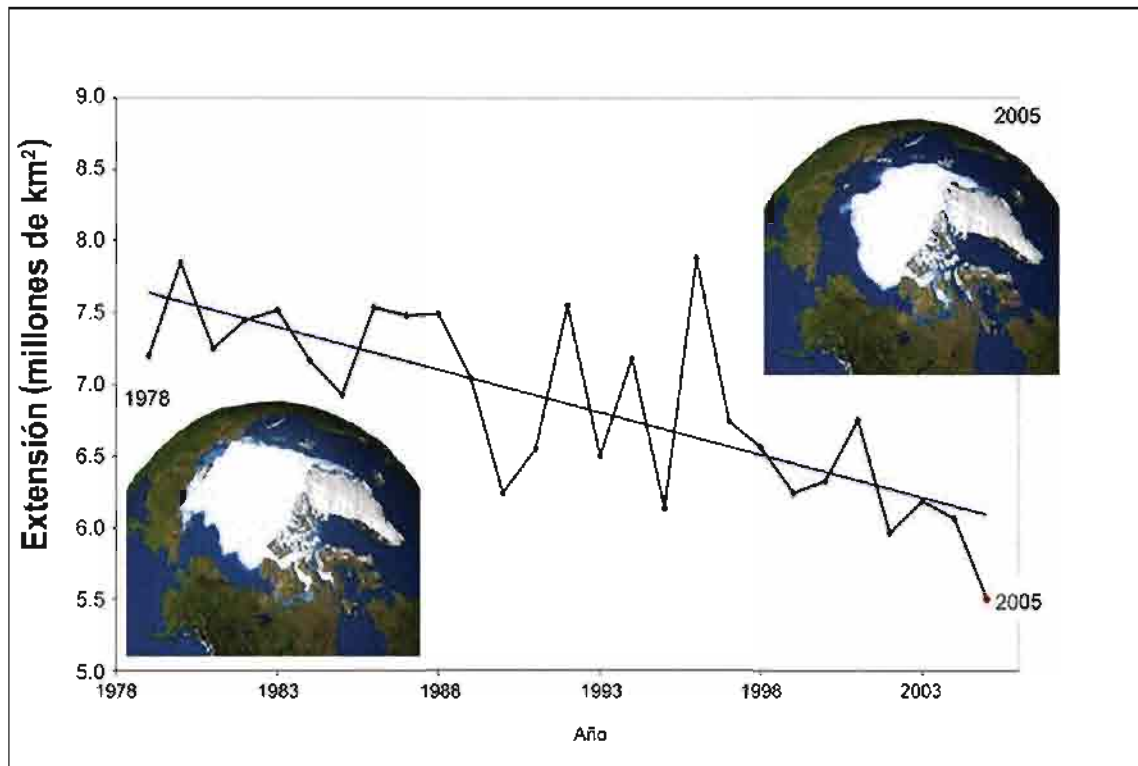


El incremento del nivel del mar observado durante el periodo se muestra superior a las proyecciones del SAR y del TAR del IPCC. FUENTE: Cazenave y Nerem, 2004.



# Estrategía Nacional de Cambio Climático

Gráfico 1.8 Disminución de masas de hielo en el polo Norte 1978 –2005



FUENTE: National Snow and Ice Data Center: [www.nsidc.org](http://www.nsidc.org), 2007.

## 1.2 RESPUESTA DE LA COMUNIDAD INTERNACIONAL

### 1.2.1. EL PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

La preocupación mundial acerca de los efectos del desarrollo económico sobre el clima inició una nueva fase en 1988 en Canadá, con la Conferencia de Toronto sobre Cambio en la Atmósfera: Implicaciones para la Seguridad Global. Ese mismo año, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) constituyeron el Panel In-

tergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en Inglés) (Tabla 1.3).

Desde su Primer Reporte de Evaluación, el IPCC reconoció que el patrón de calentamiento global no podía explicarse sólo por causas naturales, siendo el factor humano determinante. Este reconocimiento se ha fortalecido con cada Reporte de Evaluación del IPCC<sup>16</sup>, en los que además se ha documentado que el cambio climático tiene y tendrá efectos muy significativos sobre los ecosistemas en todas las regiones biogeográficas.

En 1992, en el marco de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC, en lo sucesivo "La Convención"), que entró en vigor en 1994 y a la fecha ha sido ratificada por 189 países<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> IPCC 1996; 2001; 2007.

<sup>17</sup> De Alba, 2004. Véase también el sitio Web: [http://unfccc.int/parties\\_and\\_observers/parties/items/2352.php](http://unfccc.int/parties_and_observers/parties/items/2352.php)



## El Cambio Climático

**Tabla 1.3 Algunos eventos relevantes en la construcción del régimen climático internacional**

1988	PNUMA y OMM establecen el IPCC, que desde entonces produce regularmente información científica y tecnológica sobre el cambio climático.
1992	La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático es adoptada en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro.
1994	El 21 de marzo entra en vigor La Convención.
1995	El Segundo Reporte de Evaluación (SAR) del IPCC concluye que la evidencia sugiere una influencia humana decisiva en el clima global.
1997	Se adopta el Protocolo de Kioto.
2001	El Tercer Reporte de Evaluación (TAR) del IPCC difunde mayores evidencias de la influencia humana en el clima global. Estados Unidos de América anuncia que no ratificará el Protocolo de Kioto, mientras que otros países signatarios acuerdan una serie de reglas para la implementación del Protocolo: los «Acuerdos de Marrakech».
2004	En noviembre, la Federación Rusa anuncia que ratifica el Protocolo de Kioto, el cual entrará en vigor 90 días después.
2005	El 16 de febrero entra en vigor el Protocolo de Kioto.
2005	XI Conferencia de las Partes, en Montreal, Canadá y Primera Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto.
2006	XII Conferencia de las Partes, en Nairobi, Kenia y Segunda Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto.
2007	El Cuarto Informe de Evaluación del IPCC refuerza las certidumbres científicas en relación con el cambio climático. XIII Conferencia de las Partes, Bali, Indonesia.

El objetivo último de La Convención, de acuerdo con el artículo 2 consiste en:

- » *«lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la **estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible».***

Lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera implica un inmenso esfuerzo multilateral de mitigación de emisiones; lograrlo a tiempo para permitir que los sistemas socioambientales se adapten constituye un desafío de magnitud planetaria que la humanidad apenas empieza a enfrentar.

Considerando todos los GEI, el *Informe Stern*<sup>18</sup> estima que los riesgos de los mayores impactos adversos del cambio climático podrían reducirse sustancialmente si la humanidad

lograra estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera entre 450 y 550 ppm de CO<sub>2</sub>e. Más allá de 550ppm de CO<sub>2</sub>e los riesgos y los costos se incrementan de manera exponencial. Considerando que el nivel actual de estos gases es de 430 ppm y que sus concentraciones se incrementan a razón de 2 ppm por año, para lograr una estabilización en este rango se requeriría lograr en 2050, emisiones globales entre 20 y 70% inferiores a las actuales (**Gráfico 1.9**).

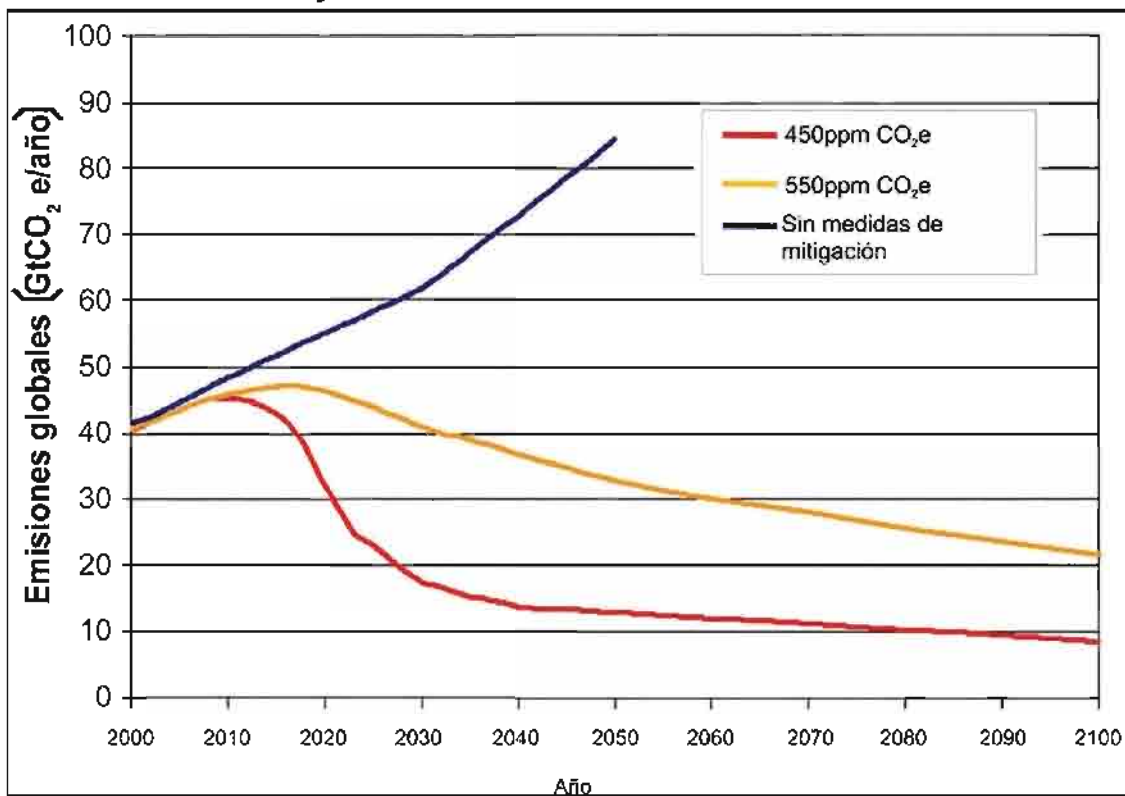
En el siguiente gráfico se presentan correlaciones entre niveles de estabilización de concentraciones de GEI y rangos de calentamiento asociados (**Gráfico 1.10**). Con un incremento de la temperatura de sólo 2°C muchos ecosistemas que hoy capturan o almacenan carbono, pasarían a ser emisores netos de GEI. En las tundras, el metano acumulado en el permafrost se liberará a la atmósfera, y por cada grado centígrado de aumento en la temperatura promedio global las comunidades vegetales incrementan su respiración entre 10 y 30%, lo que acrecienta sus emisiones de CO<sub>2</sub>. El derretimiento de grandes masas de hielo, se sumará también como factor de calentamiento al elevarse la humedad atmosférica. Estos factores, actuando de manera conjunta incrementarán exponencialmente los riesgos y los costos asociados al cambio climático.

<sup>18</sup> Stern, 2007.



## Estrategía Nacional de Cambio Climático

Gráfico 1.9 Trayectorias alternativas de emisiones hacia la estabilización



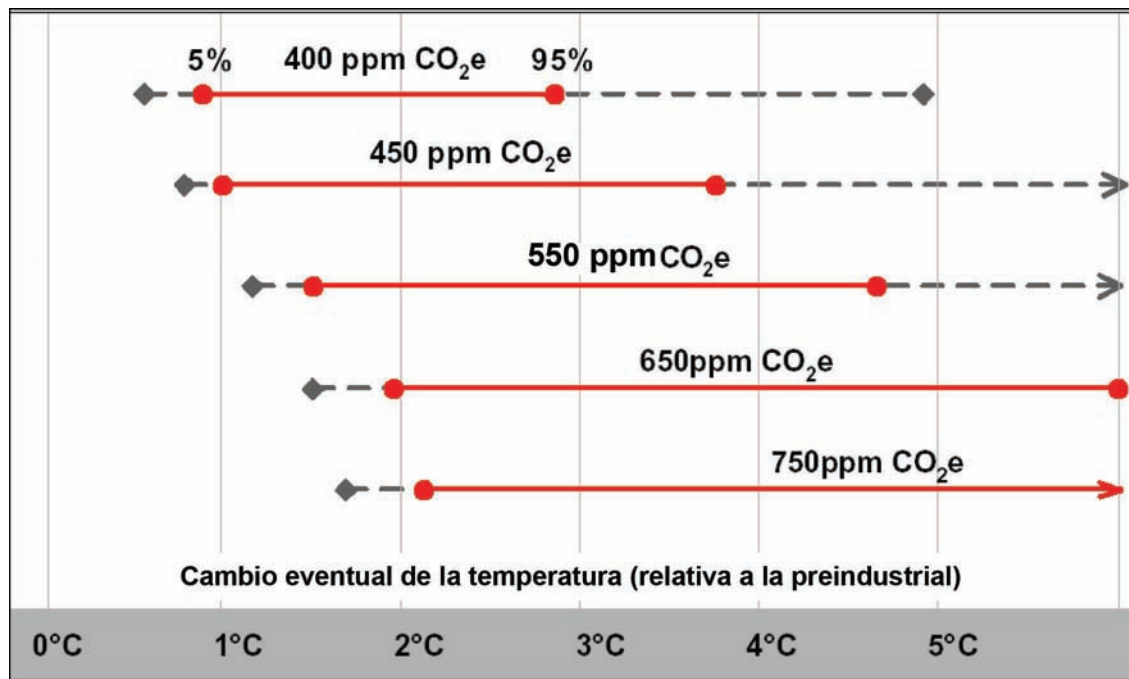
Para lograr una estabilización a menos de 550 ppm de CO<sub>2</sub>e se requiere reducir las emisiones globales a la mitad, en el horizonte 2100, respecto de las actuales. FUENTE: Stern, 2007.





# El Cambio Climático

Gráfico 1.10 Calentamiento asociado con diversos niveles de estabilización de las concentraciones atmosféricas de GEI



FUENTE: Stern, 2007.

El *Informe Stern* hace énfasis en que los beneficios de una acción temprana y a fondo sobrepasan con mucho los costos futuros que derivarían de la inacción en el presente: «la mitigación es una inversión altamente productiva». Con base en análisis económicos formales se estima que, si el mundo no actúa pronto y de manera eficaz, los costos totales de los riesgos derivados del cambio climático «equivaldrán a una pérdida de al menos 5% del PIB mundial cada año»; y si se toma en cuenta todo el abanico de riesgos y costos asociados, especialmente en los países menos desarrollados «esta carga puede ascender al 20% del PIB o más». En contraste, los costos de la acción inmediata —reducción de emisiones y acciones de adaptación— «podrían limitarse a sólo el 1% del PIB global por año».

Enfrentar el cambio climático es una inversión que garantiza un crecimiento para el largo plazo y puede realizarse sin poner un límite a las aspiraciones de crecimiento económico y mejoramiento de la calidad de vida, especialmente en los países en desarrollo.

## 1.2.2. RESPONSABILIDADES COMUNES PERO DIFERENCIADAS

El derecho de todo Estado se encuentra limitado por los derechos de los demás Estados. Es responsabilidad de cada Estado utilizar los bienes globales comunes de forma tal que no se impida o disminuya el acceso a ellos por parte de otros Estados. La Convención aplica este principio a ese «bien global común» que es la atmósfera, reconociendo que el calentamiento global constituye una «preocupación común» de toda la humanidad.

La Convención reconoce que, si bien todos los Estados de la comunidad internacional comparten responsabilidades, ellas son diferenciadas en función del grado de desarrollo y de las capacidades de cada Estado. En el caso del cambio climático antropogénico, las responsabilidades se podrían diferenciar en función de sus emisiones históricas (Tabla 1.2). El Artículo 4 de la Convención indica en su primera sección que:



## Estrategia Nacional de Cambio Climático

- » «*Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán [...] b) Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales [...] que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, teniendo en cuenta las emisiones antropogénicas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático.*».

La Convención es una referencia clave del marco legal internacional ambiental por la amplitud y diversidad de temas que aborda, porque ha dado visibilidad pública internacional a los temas del desarrollo sustentable y al principio de equidad inter-generacional, por los avances que en materia de instrumentos de política ha logrado y porque ha sido ratificada por prácticamente todas las naciones. La fracción 1 del Artículo 3 de la Convención establece que:

- » «*las Partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades. En consecuencia, las Partes que son países desarrollados deberían tomar la iniciativa en lo que respecta a combatir el cambio climático y sus efectos adversos.*».

La Convención distingue entre países desarrollados (listados en los Anexos I y II) y países en desarrollo, no incluidos en Anexo específico (denominados: no-Anexo I).

Los países del Anexo I son aquellos que pertenecían a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) en 1992 (antes del ingreso de México y Corea, que no pertenecen al Anexo I), más todos los países de Europa Central y del Este considerados como «en transición hacia una economía de mercado». Las Partes del Anexo I asumen compromisos específicos de reducción de emisiones de GEI, tomando en general como referencia las del año 1990.

Los países del Anexo II son un sub-grupo del Anexo I, que asumen obligaciones de cooperación complementarias. La fracción 3 del Artículo 4 de La Convención establece que las Partes en él incluidas asumen el compromiso explícito de «proporcionar recursos financieros nuevos y adicionales para cubrir la totalidad de los gastos convenidos que efectúen las Partes que son países en desarrollo para cumplir sus obligaciones», es decir, para que desarrollen capacidades que les permitan realizar inventarios nacionales de emisiones por fuentes principales así como implementar medidas de mitigación y de adaptación.

Tabla 1.4 Países Incluidos en los Anexos I y II de La Convención y en el Anexo B del Protocolo de Kioto

Alemania	<i>Eslovenia</i>	Islandia	Países Bajos
Australia	España	Italia	Polonia
Austria	<b>Estados Unidos de América</b>	Japón	Portugal
Bielorrusia	<i>Estonia</i>	<u>Letonia</u>	Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte
Bélgica	<i>Federación Rusa</i>	<u>Liechtenstein</u>	<u>República Checa</u>
Bulgaria	Finlandia	<i>Lituania</i>	Rumania
Canadá	Francia	Luxemburgo	Suecia
<u>Croacia</u>	Grecia	<u>Mónaco</u>	Suiza
Dinamarca	<i>Hungría</i>	Noruega	Turquía
<i>Eslovaquia</i>	Irlanda	Nueva Zelandia	Ucrania
<b>Comunidad Económica Europea</b>			

Todos los países de la Tabla se encuentran en el Anexo I de la Convención.

Las *cursivas* indican países que se encuentran en transición hacia una economía de mercado.

Los subrayados indican países añadidos al Anexo I en virtud de una enmienda que entró en vigor el 13 de agosto de 1998.

Las **negritas** indican al subgrupo de países, donadores, que forman parte del Anexo II de la Convención.

Las celdas de fondo **gris** señalan al subgrupo de países que se encuentran en el Anexo B del Protocolo de Kioto.

Los **países en rojo** indican las únicas Partes del Anexo B del Protocolo de Kioto que no lo han ratificado.



# El Cambio Climático

## 1.2.3. EL PROTOCOLO DE KIOTO

Para reforzar los compromisos cuantitativos que limitan el volumen total de emisiones de GEI de los países desarrollados inscritos en el Anexo I de la Convención, la III Conferencia de las Partes (COP-3) adoptó en 1997 el Protocolo de Kioto (PK), que entró en vigor en 2005. En virtud de este Protocolo, los 38 países y la Unión Europea incluidos en su Anexo B se comprometieron a reducir sus emisiones durante el periodo 2008-2012, en conjunto, en un 5.2% por debajo de los volúmenes que emitían en 1990 (Tabla 1.4).

Para facilitar el cumplimiento de los compromisos cuantitativos de reducción de emisiones, el Protocolo de Kioto (PK) estableció tres *Mecanismos de Flexibilidad*: la Implementación Conjunta (IC, o JI, por sus siglas en inglés), el Comercio de Emisiones (CE, o ET, por sus siglas en inglés) y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL, o CDM, por sus siglas en inglés).

La **Implementación Conjunta** establece la posibilidad de que un país Anexo I/Anexo B implemente proyectos de reducción o de captura de emisiones en el territorio de otro país Anexo I/Anexo B, contabilizando para sí el monto logrado como *Unidades de Reducción de Emisiones* (ERU, por sus siglas en inglés).

El **Comercio de Emisiones** autoriza a que las Partes Anexo I/Anexo B comercien entre sí una fracción de sus respectivos permisos de emisión determinados por los límites que les impone el Protocolo. Luego de la entrada en vigor del PK el 16 de febrero de 2005, este mecanismo recibió un fuerte impulso potencial apoyado en el mercado europeo de permisos de emisión.

El **Mecanismo para un Desarrollo Limpio** es el único que contempla la participación de países no-Anexo I en el comercio de emisiones, como vendedores de Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE, o CER, por sus siglas en inglés) sustentadas en proyectos de mitigación registrados. El beneficio es recíproco, pues las Partes del Anexo B del PK reciben apoyo de las Partes no-Anexo I para cumplir a menor costo sus compromisos de reducción, en tanto estas últimas reciben fondos adicionales que inducen procesos productivos más limpios, y contribuye al desarrollo sustentable de estos países.

A partir de 2005, antes de la entrada en vigor del PK, la Unión Europea puso en marcha un mercado de permisos de emisión (ETS, por sus siglas en inglés) que se ha constituido como el principal referente para todas las transac-

ciones mundiales de bonos de carbono. En el ámbito del MDL, hasta el 5 de mayo de 2007, 49 países no-Anexo I habían obtenido registro para 650 proyectos, acumulando un monto esperado de reducciones por 140 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año<sup>19</sup>.

## 1.2.4. MERCADOS DE BONOS DE CARBONO

Los mercados de bonos de carbono comenzaron a desarrollarse a partir de 2001. Durante 2003 se comercializaron 78 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e. En 2005 el mercado dió un salto que lo llevó a comercializar 799 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por un valor de 9 mil 401 millones de Euros. En 2006 se comercializaron 1 mil 600 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por un valor de 22 mil 500 millones de Euros. El mercado de permisos de emisiones de la Unión Europea y el mercado de Reducciones Certificadas de Emisiones del MDL son los de mayor participación entre los actuales mercados de bonos de carbono (**Gráfico 1.11**). El mercado líder, que es el ETS de la Unión Europea, ha manifestado fuertes fluctuaciones de precios que reflejan algunas deficiencias por redistribución de permisos de emisión en su primera fase. Constituye sin embargo un referente internacional muy exitoso.

Considerando que los compromisos de las Partes Anexo B del PK implican un esfuerzo de reducción de poco más de 5 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e durante el periodo comprendido entre 2008 y 2012 y que estos países posiblemente no puedan reducir por sí solos más de 2 mil 500 millones de toneladas, las expectativas del mercado MDL son amplias para el primer periodo de cumplimiento que concluye en 2012. Es decir, se configura una demanda potencial de RCE de al menos 400 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año, por lo que esta demanda podría incrementarse notoriamente de aquí al 2012.

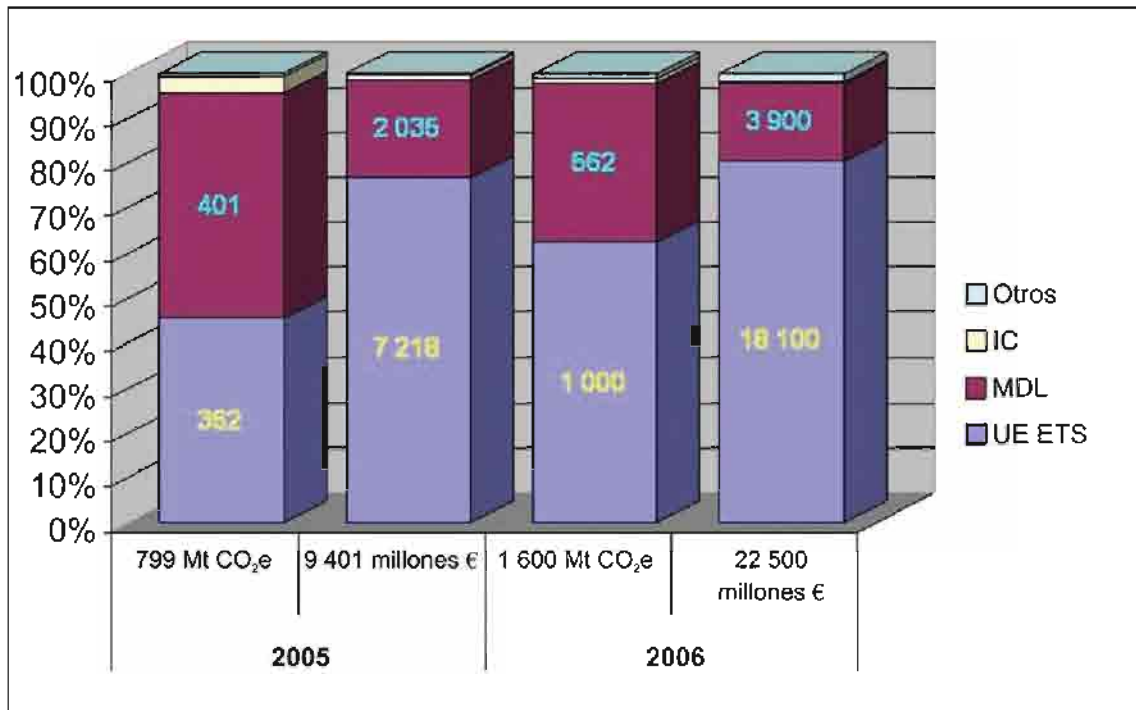
Conforme aumenta la demanda por RCE se generaliza el interés por desarrollar la oferta y se consolida el mercado. Las Partes Anexo B están constituyendo fondos gubernamentales o privados para apoyar el desarrollo de proyectos MDL y obtener RCE. En estos fondos pueden participar empresas de servicios e inversionistas que obtienen utilidades por el servicio, el riesgo asumido o el capital proporcionado. Por su parte, en los países no-Anexo I se han desarrollado también iniciativas para crear fondos propios, entre las que destacan: el Fondo Argentino para el MDL, el mercado de carbono del *Brazilian Mercantile and Future Exchange* y el proyecto de crear un Fondo Centro-

<sup>19</sup> <http://cdm.unfccc.int/Statistics/>



# Estrategía Nacional de Cambio Climático

**Gráfico 1.11** Comercialización en los mercados de bonos de carbono 2005–2006 en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e [MtCO<sub>2</sub>e] y millones de Euros [€]



UE-ETS: mercado de permisos de emisión de la Unión Europea; MDL: Mecanismo para un Desarrollo Limpio; IC: Implementación Conjunta; Otros: CCX (Chicago Climate Exchange) y AUS-NSW (Australian New South Wales). FUENTE: Point Carbon 2007.

americano de Carbono con sede en Panamá. En México, la SEMARNAT promovió, con el apoyo del Centro Mario Molina de Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (CMM) y mediante acuerdo con la SHCP, la creación de un fondo mexicano de carbono, el FOMECAR, constituido en el Banco Mexicano de Comercio Exterior (BANCOMEXT/NAFIN).

## 1.3 MÉXICO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

### 1.3.1. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

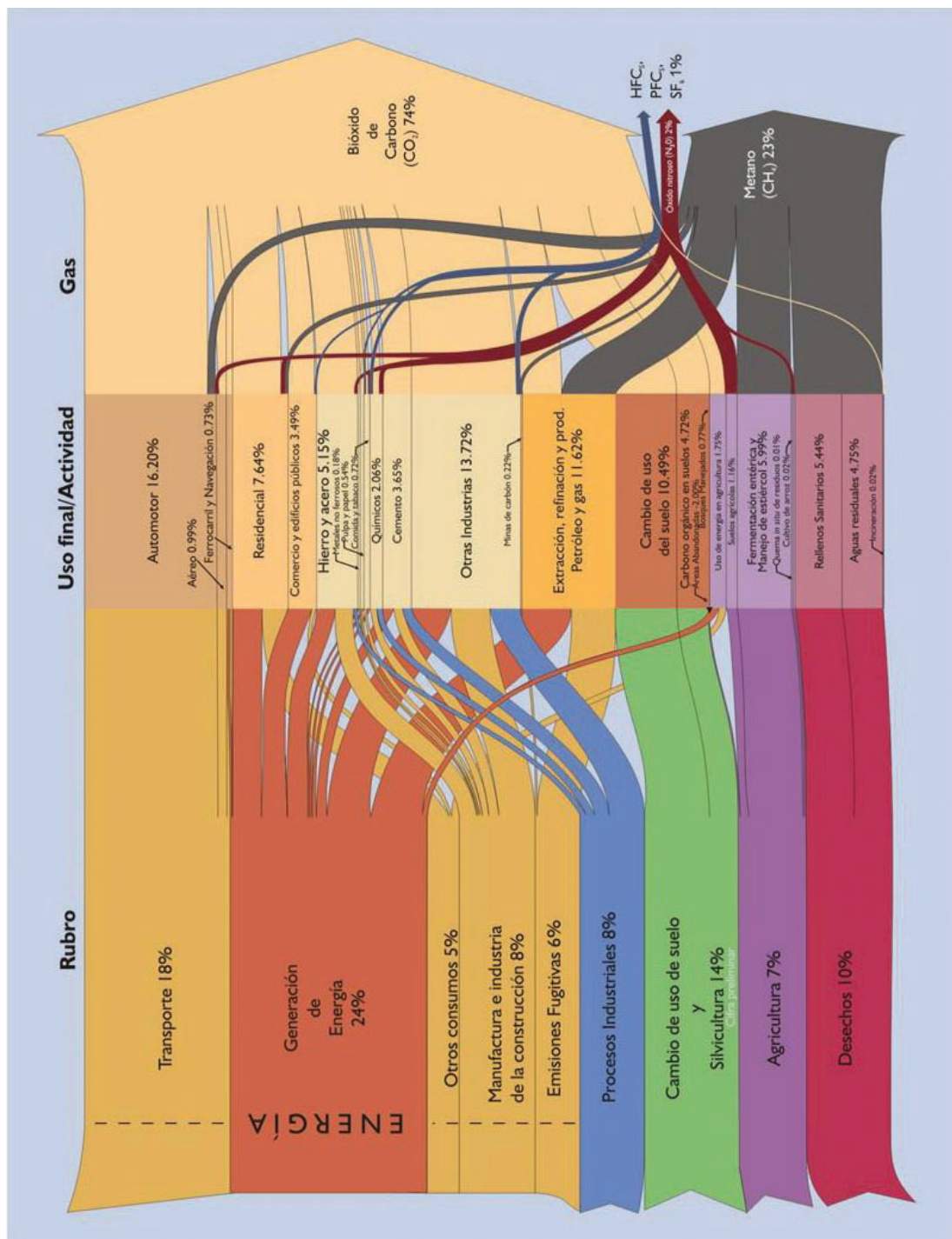
Durante el año 2000 México contribuyó con alrededor del 1.5% de las emisiones anuales globales de gases de efecto invernadero (Tabla 1.2), ubicándose en la posición número 13 entre los 25 mayores emisores del mundo. La contribución histórica de México, durante el periodo 1950 – 2000, lo coloca en la posición número 15 por emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles y de procesos industriales<sup>20</sup>, y en la posición número 16 por deforestación. Durante este periodo un tercio de las emisiones mexicanas provinieron de la destrucción de bosques y selvas. La posición de nuestro país cambia significativamente si se consideran las emisiones *per cápita* (Tabla 1.2), México ocupó en el año 2000 el lugar 93, con 6.40 toneladas de CO<sub>2</sub>e emitidas por habitante, situándose un poco por debajo del promedio mundial, que fue de 6.55. En la más reciente actualización del Inventario Nacional de Emisiones se estima un total nacional de 643.2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e para el año 2002 (Gráficos 1.12 y 1.13), lo que representó emisiones per cápita de 6.44 toneladas de CO<sub>2</sub>e.

<sup>20</sup> De acuerdo al IPCC la categoría de fuente de emisión *Procesos Industriales* incluye la producción de cemento, metales, cal, amoníaco, ácido nítrico y otras sustancias químicas.



# El Cambio Climático

Gráfico 1.12 Emisiones de GEI por fuente en México, 2002.

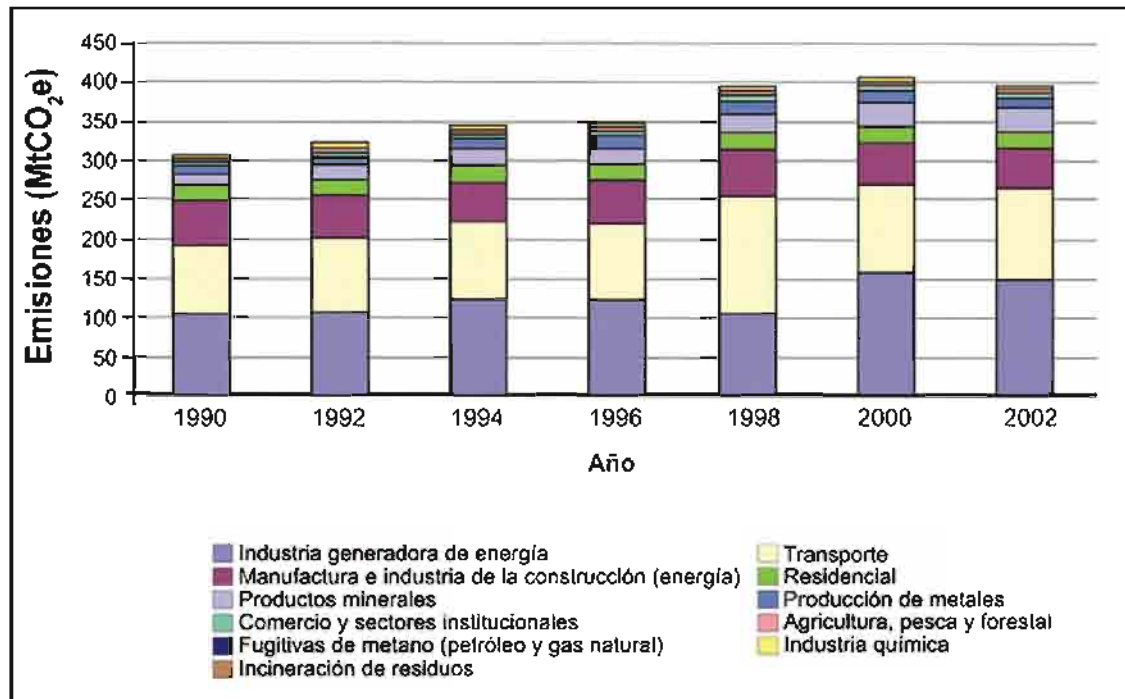


FUENTE: INE, 2006a



# Estrategía Nacional de Cambio Climático

**Gráfico 1.13 Tendencias de las emisiones de GEI por fuente, en el sector de Generación y Uso de Energía en México, 1990-2002**



FUENTE: INE, 2006a

## 1.3.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA CONVENCIÓN EN MÉXICO

México firmó La Convención en 1992 y la ratificó en 1993 con la aprobación del Senado de la República; asimismo, firmó el Protocolo de Kioto en 1997 y lo ratificó en 2000. Desde entonces, México ha desarrollado capacidades para cumplir los compromisos de La Convención, en su calidad de Parte no Anexo I. Es el único país en desarrollo que ha presentado tres Comunicaciones Nacionales y actualizado otras tantas veces su Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI), de conformidad con los lineamientos y metodologías en vigor del IPCC<sup>21</sup>. La más reciente Comunicación Nacional y la actualización del INEGEI fueron publicadas en octubre de 2006<sup>22</sup>. México cumple así regularmente con los compromisos que establecen los artículos 4 y 12 de La Convención.

Para fortalecer la implementación de La Convención, por acuerdo del ejecutivo federal del 25 de abril de 2005 fue creada la Comisión Intersecretarial de Cambio

Climático (CICC), en calidad de órgano federal responsable de formular políticas públicas y estrategias transversales de mitigación y adaptación. La convergencia de esfuerzos de las siete Secretarías miembros permanentes de la CICC en su Grupo de Trabajo para la Estrategia Nacional de Cambio Climático (GT-ENACC), con el apoyo especial del Consejo Consultivo de Cambio Climático (en lo sucesivo C4), permitió formular esta Estrategia. El C4 convocó a un proceso de Consulta Pública en julio de 2006, lo que permitió aprobar una primera versión de la Estrategia en octubre y publicarla por la SEMARNAT en noviembre del mismo año. A partir de este esfuerzo, la CICC elaboró durante el primer trimestre de 2007 la presente Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC).

La Comisión cuenta también con un Grupo de Trabajo sobre asuntos Internacionales (GT-INT) coordinado por la SRE, otro sobre vulnerabilidad y políticas de Adaptación (GT-ADAPT) coordinado por el INE, y un grupo más, el Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI),

<sup>21</sup> IPCC, 1997; IPCC, 2000.  
<sup>22</sup> INE, 2006a; 2006b



# El Cambio Climático

quién revisa las propuestas de proyectos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) y es coordinado por la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la SEMARNAT (**Gráfico 1.14**).

La CICC estará a cargo de coordinar la implementación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Todas las Secretarías involucradas deberán destinar recursos humanos y materiales para la implementación y seguimiento de la Estrategia.

## 1.3.3. AVANCES EN LA INSTRUMENTACIÓN DEL MECANISMO PARA UN DESARROLLO LIMPIO

La implantación del MDL fue posible gracias a la constitución formal de la CICC y a la intensa labor de difusión que ha realizado sobre proyectos de mitigación bajo este mecanismo del Protocolo de Kioto. En el desarrollo de proyectos MDL (**Tabla 1.5**) nuestro país tiene el 3er lugar mundial por el número de proyectos registrados, el 5º por las reducciones esperadas por año y el 6º por la obtención de Reducciones Certificadas de Emisiones.

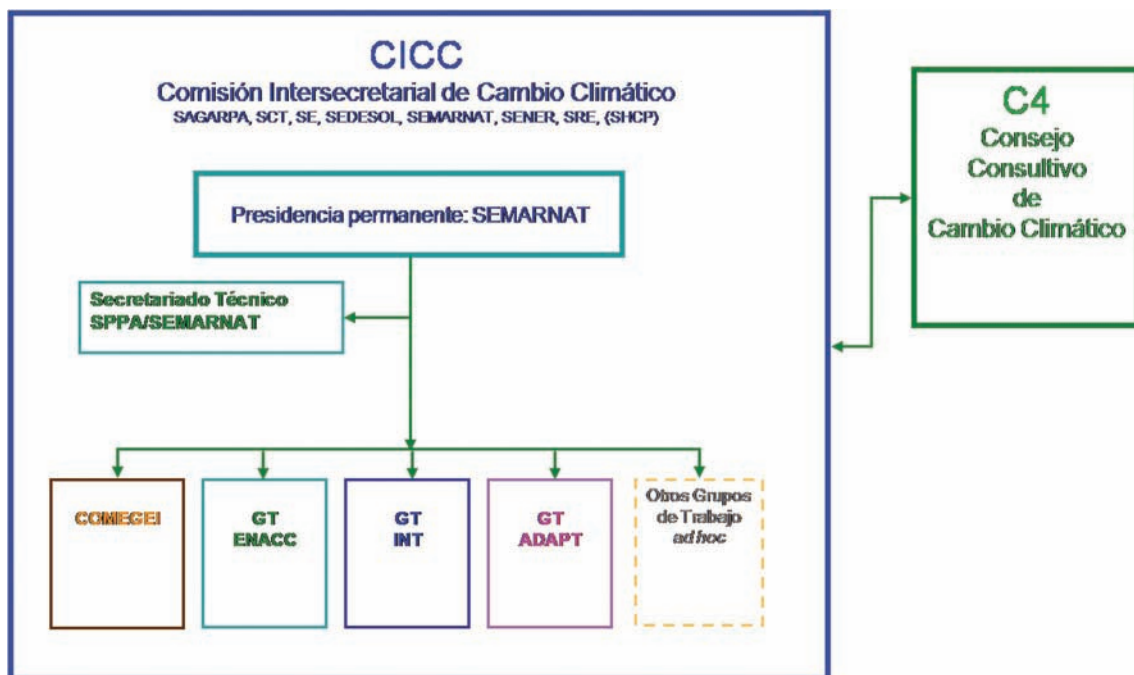
## 1.3.4. EDUCACIÓN Y COMUNICACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO

La educación y la sensibilización de la sociedad así como la formación de recursos humanos especializados y el acceso a la información, juegan un papel trascendental para enfrentar el cambio climático. Uno de los compromisos de México en materia de cambio climático es el cumplimiento del Artículo 6 de La Convención, el cual contempla éstos aspectos.

La Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo, en 2002, exhorta a la Asamblea General de las Naciones Unidas para proclamar un Decenio dedicado a la educación para el desarrollo sostenible, a partir de 2005. La iniciativa fue presentada por Japón y apoyada por 46 países que figuran como coautores. Se designó a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) como la organización responsable de promover el Decenio orientado a la educación para el desarrollo sostenible.

El lanzamiento de las actividades del Decenio en México se marcó a través de la firma del Compromiso Nacional por la Década de la Educación para el Desarrollo Soste-

Gráfico 1.14 Estructura de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático



La SHCP es invitada permanente a las reuniones. FUENTE: Secretariado Técnico de la CICC, SPPA/SEMARNAT.



## Estrategía Nacional de Cambio Climático

Tabla 1.5 Cartera de Proyectos MDL mexicanos hasta el 2 de mayo de 2007

Tipo de proyecto	Proyectos que han recibido Carta de Aprobación				Anteproyectos con Carta de No Objeción			
	Registrados		Por registrarse		Registrados		Por registrarse	
	RCE esperadas No.	RCE obtenidas ktCO <sub>2</sub> e/año	RCE esperadas No.	RCE obtenidas ktCO <sub>2</sub> e/año	RCE esperadas No.	RCE esperadas ktCO <sub>2</sub> e/año	RCE esperadas No.	RCE esperadas ktCO <sub>2</sub> e/año
Manejo de estiércol	69	2,083	13	194	65	1,065	1	32
Rellenos sanitarios	2	372	1	23	5	427	4	1,921
Eólicos	3	1,201			2	370	4	940
Mini-hidro	2	87	1	70	2	74	1	418
Geotérmicos							3	241
Cogeneración y eficiencia energética	1	4			5	320	16	3,120
Incineración de HFC-23	1	2,155	1	1,162				
Mitigación de N <sub>2</sub> O en la industria					1	103		
Transporte urbano					1	26		
Emisiones fugitivas					1	607	5	2,430
Secuestro forestales de carbono							3	277
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>5,902</b>	<b>16</b>	<b>1,449</b>	<b>82</b>	<b>2,992</b>	<b>37</b>	<b>9,379</b>

CFE: 1 proyecto eólico y 4 anteproyectos (3 de geotermia y 1 hidroeléctrico);  
PEMEX: 18 anteproyectos (13 de cogeneración y eficiencia energética y 5 de emisiones fugitivas)  
FUENTE: Dirección General Adjunta para Proyectos de Cambio Climático, SPPA/SEMARNAT.

nible, en una ceremonia encabezada por el Presidente de la República en marzo del 2005. El documento, firmado hasta ahora por cerca de 100 representantes de distintos sectores, señala el propósito de promover la educación como base para transitar hacia el desarrollo sustentable. En este contexto y para fortalecer el cumplimiento de los compromisos Internacionales suscritos por México, el 22 de abril de 2007 "Día Mundial de la Tierra" la SEMARNAT y la SEP firmaron las "Bases de Coordinación con el objeto de Desarrollar un Programa de Educación Ambiental para la Sustentabilidad" con una vigencia hasta el 30 de noviembre de 2012. Este documento favorecerá la incorporación de la educación ambiental como eje transversal en el Sistema Educativo Nacional.

Entre las acciones para difundir las implicaciones del cambio climático destacan las siguientes:

**Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).** La Comunicación Nacional es el instrumento más elaborado para diseminar la información sobre el cambio climático a una amplia audiencia nacional e internacional e informa a La Convención sobre los esfuerzos de las Partes para hacer frente al cambio climático. La Comunicación Nacional contiene información sobre: contexto nacional, inventario de emisiones de gases de efecto invernadero actualizado al 2002, medidas para mitigar las emisiones de GEI, escenarios de cambio climático para México, y evaluaciones de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en diferentes sectores<sup>24</sup>.

**Material de difusión y portal de Cambio Climático.** El INE, con apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) y del Centro de Ciencias

<sup>23</sup> El prefijo kilo es equivalente a 10<sup>3</sup> unidades, en este caso 10<sup>3</sup> toneladas, o miles de toneladas.  
<sup>24</sup> (<http://www.ine.gob.mx/cclimatico/comnal3.html>)





## El Cambio Climático

de la Atmósfera de la UNAM, preparó y puso en operación un portal en Internet<sup>25</sup> para difundir el conocimiento sobre cambio climático en México. El portal fue lanzado en el marco de la XI Conferencia de las Partes celebrada en Montreal (COP11/MOP1) en diciembre de 2005. La información del portal también se ha difundido por medios impresos en foros, seminarios y presentaciones dentro de la República Mexicana. La información impresa utilizó un lenguaje claro y directo. El folleto elaborado para tal fin fue revisado y avalado por el Programa de Lenguaje Ciudadano de la Secretaría de la Función Pública (SFP).

Como parte del material de difusión, el INE, con el apoyo de la SEP, y con fondos del GEF, a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), elaboró un cuento para niños de primaria, entre 10 y 12 años de edad, enfocado a difundir el tema del cambio climático "El Cambio Climático (el día que me cambió el clima)", que narra las vivencias de un grupo de niños en su intento por ganar un concurso escolar sobre cambio climático. El cuento contiene recuadros con imágenes e información técnica adicional que permite a los profesores y padres de familia ahondar en el tema, aborda los conceptos principales del cambio climático, incluidas las causas del fenómeno, sus posibles impactos, la mitigación, la vulnerabilidad y las acciones emprendidas en México y en el mundo para enfrentar el problema. También presentan consejos prácticos de acciones que pueden realizar los niños y los padres en relación con el cambio climático<sup>26</sup>.

Se elaboró un cuadríptico dirigido al público en general que explica el cambio climático y ejemplifica los impactos esperados en los sectores vulnerables, indicando posibles acciones para reducir la vulnerabilidad. También indica dónde se puede encontrar más información sobre cambio climático<sup>27</sup>.

**Información en línea por estado y sector.** El portal de difusión del cambio climático presenta también información sobre el tema por estado y para algunos sectores socioeconómicos. Se incluyen datos sobre vulnerabilidad y proyecciones del riesgo climático. Los escenarios para cada estado de la República se elaboraron con proyecciones de precipitación y temperatura al año 2020. Se presentan ejemplos del trabajo que se lleva a cabo en México sobre mitigación de emisiones de GEI y se sugieren algunas acciones de adaptación para diversos sectores. Se pretende mantener el sitio con información actualizada<sup>28</sup>.

Se requiere todavía desarrollar recursos educativos versátiles y flexibles destinados a una amplia gama de usuarios, así como proporcionar capacitación a diversos actores sociales a fin de que puedan contribuir con acciones concretas a enfrentar los efectos del calentamiento global. A ello contribuirá la *Estrategia de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en México 2006-2014*.

<sup>25</sup> ([http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/))

<sup>26</sup> ([http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=490&id\\_tema=4&dir=Consultas](http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=490&id_tema=4&dir=Consultas))

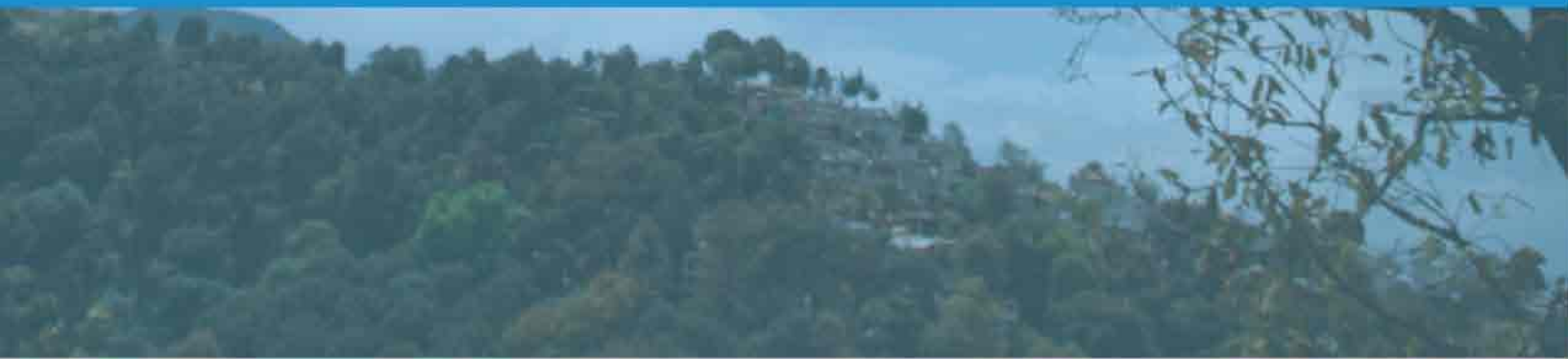
<sup>27</sup> ([http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/cambio\\_climatico.html](http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/cambio_climatico.html))

<sup>28</sup> ([http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/](http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/))





***Emisiones de gases de efecto  
invernadero y oportunidades de  
mitigación***







# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

## 2.1 GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA

El objetivo general en materia de mitigación consiste en desacoplar el incremento de las emisiones del crecimiento económico. Se trata de reducir las emisiones de GEI a la atmósfera, mediante patrones de generación y consumo de energía cada vez más eficientes y que dependan menos de la quema de combustibles fósiles.

En la presente sección se analiza la evolución de las emisiones de GEI provenientes de la generación y utilización de energía. Con base en la prospectiva al año 2014, actualmente en revisión, se identifican oportunidades sectoriales y acciones específicas que podrían realizarse durante el presente sexenio, de acuerdo al estudio realizado por el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (CMM)<sup>29</sup>. Se plantean lineamientos para eliminar barreras para la implementación de acciones y proyectos que reduzcan las emisiones.

Al identificar áreas de oportunidad en el sector, se señalan potenciales de mitigación de emisiones de GEI, y se proponen acciones para alcanzarlos. En todos los casos, precisar las metas de reducción y definir líneas base con alto grado de certidumbre requieren la validación y verificación de las cifras, así como la elaboración de estudios específicos en consenso con los diferentes actores involucrados para su definición en el marco de la ulterior elaboración del Programa Especial de Cambio Climático.

### 2.1.1 CONTRIBUCIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA A LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Como lo muestra la más reciente actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI), con base en datos hasta 2002, las emisiones de los subsectores de generación y uso de energía son las más significativas. En 2002 alcanzaron la cifra de 389.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e (Tabla 2.1), correspondiente al 61% del total nacional. Estas emisiones son originadas por la quema de combustibles fósiles y las emisiones fugitivas<sup>30</sup>, desglosándose por su origen como sigue: generación de energía (39%), transporte (30%), consumo de combustibles fósiles en la industria manufacturera y en la construcción (13%), consumo en los sectores residencial, comercial y agrícola (8%), y emisiones fugitivas de la industria petrolera y del carbón (10%).

Durante el periodo 1990-2002, las emisiones por generación y uso de energía pasaron de 312 a 389.5 millones de toneladas (Tabla 2.1), lo que representa un 24.8% de incremento para el periodo y una tasa anual promedio de

Tabla 2.1 Emisiones en millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente [MtCO<sub>2</sub>e] 1990-2002

Categoría de Emisión	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
<b>1 Energía</b>	312.027	321.836	342.900	349.431	394.129	398.627	389.497
1A Consumo de combustibles fósiles	279.864	291.046	308.932	311.197	351.760	356.796	350.414
1B Emisiones fugitivas	32.164	30.790	33.968	38.233	42.369	41.831	39.082
<b>2 Procesos industriales</b>	32.456	32.878	39.248	42.744	50.973	55.851	52.102
<b>4 Agricultura</b>	47.428	46.049	45.504	44.077	45.445	45.527	46.146
<b>6 Desechos</b>	33.357	36.935	46.862	52.895	62.656	63.220	65.584
<b>Total sin USCUS</b>	<b>425.269</b>	<b>437.698</b>	<b>474.514</b>	<b>489.146</b>	<b>553.203</b>	<b>563.225</b>	<b>553.329</b>
<b>Total con USCUS (sólo 2002)</b>							<b>643.183</b>

Categorías establecidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Se omiten emisiones de las categorías [3], solventes o compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (COVDM), y [5], USCUS (89.9 millones de toneladas). FUENTE: INE, 2006a.

<sup>29</sup> CMM, 2006.

<sup>30</sup> Las emisiones fugitivas de metano se refieren a aquellas emisiones generadas en las actividades antes, durante y después del minado del carbón, así como las registradas en la producción, transmisión, almacenamiento y distribución del petróleo y el gas natural.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

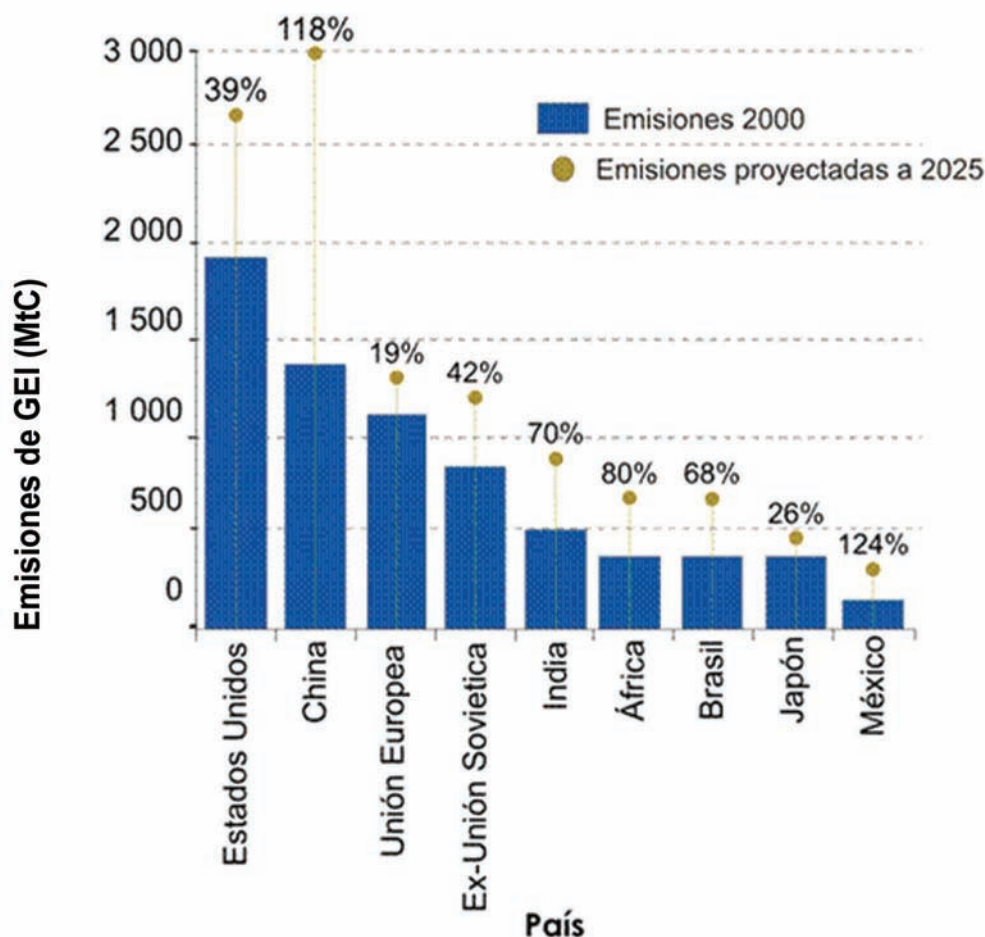
crecimiento de 1.9%<sup>31</sup>. Durante el mismo periodo, el Producto Interno Bruto (PIB) creció 41.7%, o a una tasa anual promedio de 2.9%<sup>32</sup>. Lo anterior indica un abatimiento en la intensidad de carbono (CO<sub>2</sub>e/PIB) durante el periodo. Esta tendencia implica que el desempeño energético y ambiental de México ha mejorado. Sin embargo, el reto consiste en mantener y profundizar estas tendencias hasta que se logre desacoplar por completo el crecimiento del PIB respecto del incremento en las emisiones de GEI, logrando un crecimiento económico con tecnologías, prácticas y patrones de producción y de consumo cada vez más limpios.

## 2.1.2 PROYECCIONES DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DE EMISIONES DE GEI AL 2014 Y AL 2025

### A. PROYECCIONES DE EMISIONES EN EL CONTEXTO MUNDIAL AL 2025

Los factores determinantes de los patrones de emisiones de GEI por generación y uso de energía son el crecimiento de la población, el crecimiento económico, la intensidad energética y las mezclas de combustibles fósiles que se utilizan.

Gráfico 2.1 Proyección de emisiones al 2025 en millones de toneladas de carbono [MtC]



Proyecciones basadas en estudios de la Agencia Internacional de Energía (IEA) 2003 (carbono de combustibles fósiles) y POLES (modelo de equilibrio parcial aplicado a otros GEI). No incluye USCUS. FUENTE: WRI, 2005.

<sup>31</sup> Se observará que las emisiones del sector no se han incrementado en los últimos cuatro años del periodo considerado. Este hecho coyuntural no determina necesariamente todavía una tendencia a la estabilidad de las emisiones.

<sup>32</sup> Con base en datos del INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), obtenidos a partir de la serie de datos 1990-2002 del PIB, con pesos de 1993: [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

A nivel global, las emisiones de GEI, en particular las provenientes de combustibles fósiles que se emplean para la generación de energía, continuarán incrementándose en cualquier escenario tendencial. Se estima que en los próximos 30 años el mundo emitirá casi tres cuartas partes de lo que ha emitido durante los últimos 250 años<sup>33</sup>.

Según datos del Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés), México contribuye con alrededor del 1.5% de las emisiones mundiales (Tabla 1.2) Si los patrones de consumo y generación de energía continúan sin modificarse, sus emisiones futuras se incrementarían sensiblemente (Gráfico 2.1), ya que se espera un mayor crecimiento económico del país y, para abastecer sus requerimientos energéticos, se tendería a aumentar la utilización de combustibles fósiles. Durante el periodo 1950-2000, sólo una tercera parte (27.4%) de las emisiones por uso de energía provenían de los países en desarrollo (Tabla 1.2). Sin embargo, estas emisiones crecerán de acuerdo a los escenarios tendenciales, y acabarán rebasando las de los países industrializados. La atención al problema del cambio climático requiere, necesariamente, de un entendimiento y acuerdo multilateral que involucre a todas las naciones, o al menos a los mayores emisores de GEI.

Las proyecciones tendenciales que el WRI estima para nuestro país son consistentes con las más recientes que publica México en su Tercera Comunicación Nacional (TCN) a la Convención<sup>34</sup>, así como con las utilizadas en este documento. Aunque estas proyecciones no constituyen un pronóstico, las acciones de mitigación contribuirán a disminuir las emisiones.

## B. PROSPECTIVA DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y SUS EMISIONES DE GEI EN MÉXICO AL 2014

La producción interna de energía primaria en México (Gráfico 2.2), entre 1994 y 2004, creció a una tasa de 2.2%

anual al pasar de 8,314 a 10,320<sup>35</sup> Peta Joules<sup>36</sup> (PJ), soportada mayoritariamente por combustibles fósiles y, en mucho menor medida, por energías renovables.

Durante este periodo, el consumo de combustibles<sup>37</sup> creció 2.4% anual, pasando de 4,883 PJ en 1994 a 6,274 PJ en 2004. De acuerdo con las proyecciones oficiales<sup>38</sup>, para 2014 este consumo energético crecería a una tasa más acelerada, alrededor del 3.2% anual, para alcanzar en 2014 los 7,810 PJ, siendo los sectores eléctrico y del transporte los mayores demandantes de energía (Gráfico 2.3).

Las emisiones de CO<sub>2</sub>e provenientes de la quema de combustibles fósiles llegaron a 367 millones de toneladas en 2004 (corresponde a la categoría 1A de la Tabla 2.1) y se estima que para el 2014 se incrementarían alrededor de un 36%, para alcanzar 500 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e<sup>39</sup>. La contribución nacional del subsector eléctrico a las emisiones de CO<sub>2</sub> del país, se incrementó del 28% de las emisiones en 1994 al 32% en 2004 (Gráfico 2.4). De tener lugar los cambios tecnológicos previstos en las prospectivas de la SENER al 2014, la contribución de las emisiones de este subsector presentaría una reducción con respecto a la tendencia actual.

Respecto a la distribución porcentual de la demanda de combustibles, se prevén cambios importantes en las tendencias durante el periodo 1994-2014: un notable incremento en la participación del gas natural del 22% al 36%, un incremento del 4% al 8% en la participación de combustibles sólidos (carbón, coque de carbón y petróleo, y residuos de vacío), y decrementos en la participación del combustóleo que pasará del 26% al 9% y de la biomasa, cuya contribución se reducirá del 7% al 5%. Estos cambios se deberían a transformaciones tecnológicas previstas en la generación de electricidad y a una mayor cobertura de electrificación rural en el país, desplazando parcialmente el consumo de leña (Gráfico 2.5).

<sup>33</sup> Socolow, 2005.

<sup>34</sup> INE, 2006b.

<sup>35</sup> SENER, 2004a.

<sup>36</sup> El prefijo Peta equivale a 10<sup>15</sup> unidades, en este caso 10<sup>15</sup> joules, o mil billones de joules.

<sup>37</sup> Gas natural, gas LP, gasolinas, diesel, turbosinas y querosinas, combustóleo, carbón, coque de petróleo, coque de carbón, residuos de vacío, leña y bagazo de caña. Las cifras incluyen el consumo de combustibles importados.

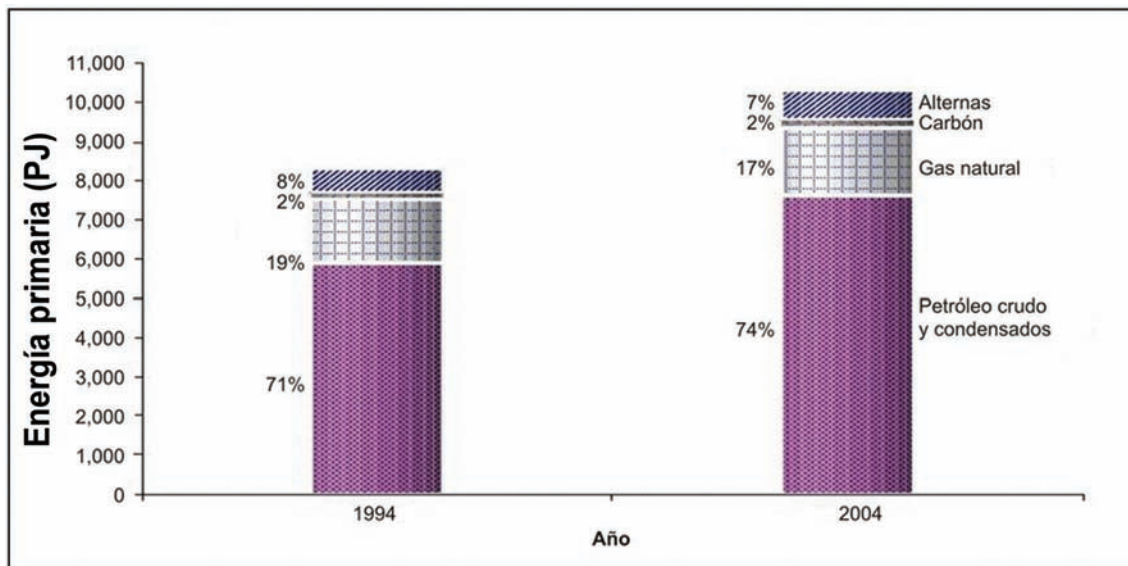
<sup>38</sup> Las proyecciones de consumo energético de petrolíferos, gas natural, gas LP y electricidad se obtuvieron de las fuentes oficiales de los documentos de "Prospectivas", publicados por la Secretaría de Energía. Estas proyecciones se someten a un proceso permanente de revisión, por lo que podrían variar a corto plazo.

<sup>39</sup> Los factores de emisión empleados en el presente documento corresponden a los valores aceptados por el Protocolo de Kioto.



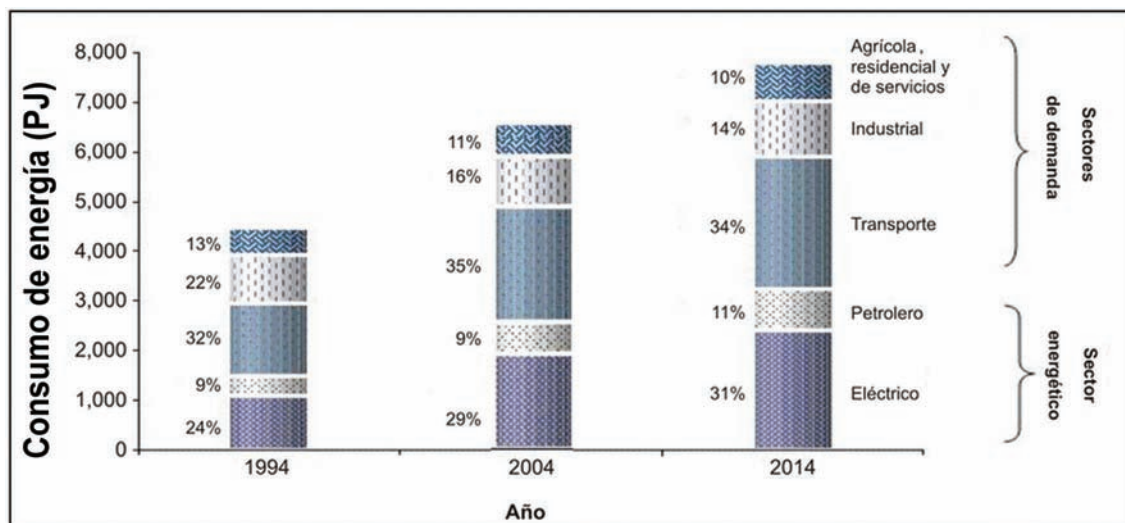
# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Gráfico 2.2 Evolución de la producción interna de energía primaria [PJ], 1994 y 2004



Gas natural: incluye asociado y no asociado. Fuentes alternas: Renovables incluyen biomasa y nuclear. Los valores para gas natural y petróleo crudo son estimaciones hasta julio 2005. FUENTE: CMM, 2006. Elaborada con datos del Balance Nacional de Energía (BNE) 2004 publicado por SENER.

Gráfico 2.3 Evolución del consumo nacional de energéticos por sectores [PJ], 1994-2014



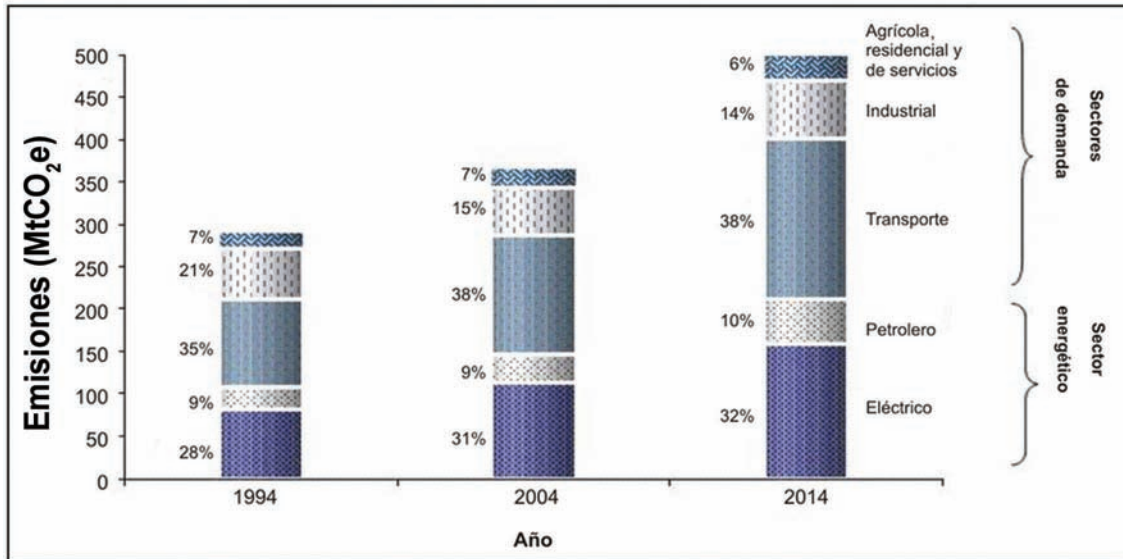
FUENTE: CMM, 2006. Elaborada con datos del BNE 2004 y las prospectivas del sector eléctrico, gas natural, gas LP y petrolíferos, 2005-2014, publicados por SENER.





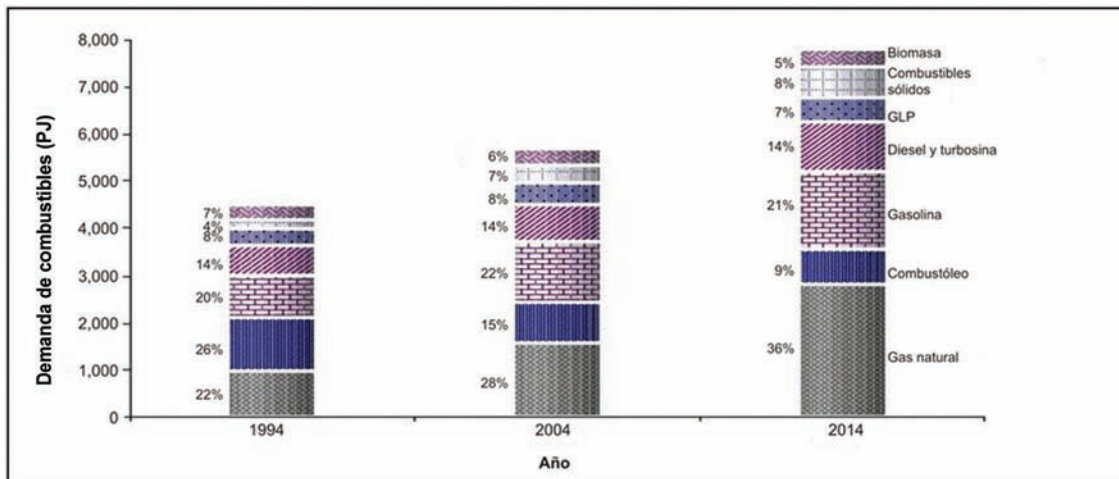
# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

Gráfico 2.4 Evolución de las emisiones por sectores en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e [MtCO<sub>2</sub>e], 1994-2014



FUENTE: CMM 2006. Elaborada con datos del BNE 2004 y de las prospectivas del sector eléctrico, gas natural, gas LP y petrolíferos, 2005-2014, publicados por SENER.

Gráfico 2.5 Evolución en el consumo de combustibles [PJ], 1994-2014

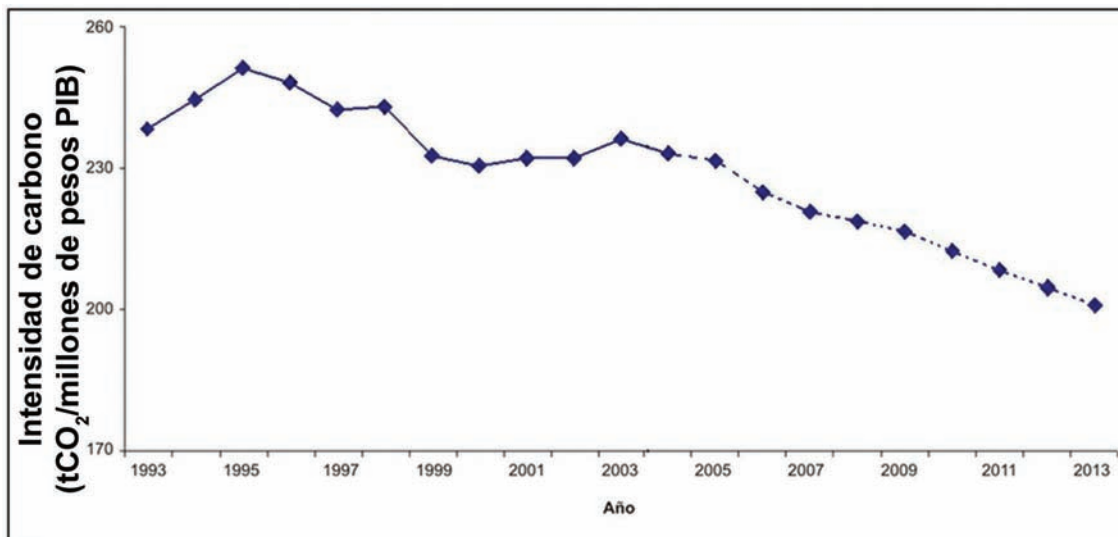


FUENTE: CMM, 2006. Elaborada con datos del BNE 2004 y de las prospectivas del sector eléctrico, gas natural, gas LP y petrolíferos, 2005-2014, publicados por SENER.



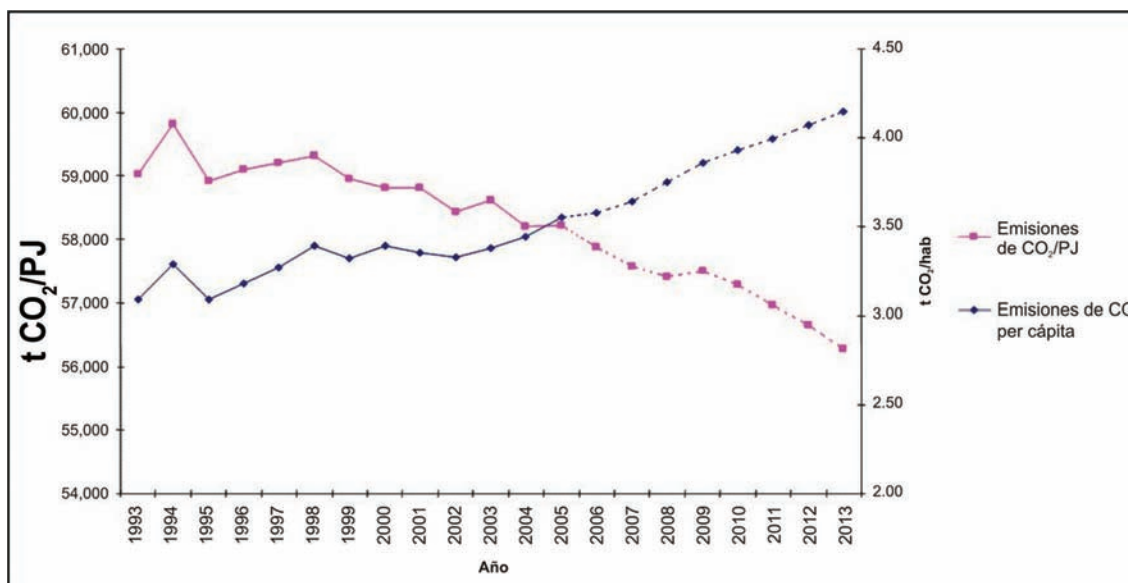
# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Gráfico 2.6 Evolución de la intensidad de carbono [ $tCO_2$  / millones de pesos PIB]



La línea punteada representa proyecciones de la intensidad de carbono. FUENTE: CMM, 2006. Elaborada con datos del BNE 2003 y de las prospectivas del sector eléctrico, gas natural, gas LP y petrolíferos, 2004-2013, publicados por SENER.

Gráfico 2.7 Evolución de las emisiones de  $CO_2$ /PJ y emisiones de  $CO_2$  per cápita



Las emisiones se refieren sólo a las provenientes de la quema de combustibles fósiles y sus emisiones fugitivas. Las líneas punteadas representan proyecciones de emisiones. FUENTE: CMM, 2006, Elaborada con datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO); del BNE 2003 y de las prospectivas del sector eléctrico, gas natural, gas LP y petrolíferos 2004-2013.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

## C. EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA Y DE LA INTENSIDAD DE CARBONO

La intensidad energética (GJ<sup>40</sup>/PIB) en México, al igual que en muchos otros países, muestra una tendencia a la baja desde hace más de diez años y se espera, de acuerdo con las prospectivas mencionadas, que continúe disminuyendo. Ello implica una disminución en la intensidad de carbono (Gráfico 2.6) vinculada, entre otras medidas, con la aplicación de programas de ahorro de energía, la introducción de tecnologías más eficientes, a una gradual sustitución de combustóleo por gas natural y a un mayor crecimiento del sector de servicios en la economía nacional.

La prospectiva disponible contempla una disminución de las emisiones por unidad consumida de energía de combustibles fósiles, aunque las emisiones de CO<sub>2</sub> por habitante podrían incrementarse alrededor de un 30% en 2013 respecto a las de 1993 (Gráfico 2.7).

### 2.1.3 OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN EN GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA

El sector de generación y uso de energía presenta diversas áreas de oportunidad para la mitigación de emisiones de GEI tanto por el lado de la oferta como por el lado de la demanda. Por el lado de la oferta, el agotamiento progresivo en las reservas de hidrocarburos, la volatilidad en el precio del petróleo y sus derivados y la necesidad de renovar la infraestructura del sector, son oportunidades para la reducción de emisiones de GEI.

Por el lado de la demanda, el potencial para hacer un uso más eficiente de la energía en el hogar, y en los sectores primario, industrial y de servicios, así como la disponibilidad de tecnologías y sistemas para utilizar energía más limpia, representan oportunidades para la reducción de GEI, con co-beneficios en las esferas social y económica.

La reducción de emisiones de GEI en el sector abre también oportunidades para mejorar la eficiencia de procesos, introducir tecnologías innovadoras, realizar mejoras en el uso de la energía, diversificar las fuentes de aprovisionamiento y, en la mayoría de los casos, obtener ahorros económicos, además de los consiguientes beneficios ambientales.

Algunas de las oportunidades de reducir emisiones en el sector pueden instrumentarse de manera inmediata al

incidir en el desempeño y la eficiencia de actividades y procesos convencionales de producción y de consumo. Otras medidas, tales como el aprovechamiento en mayor escala de las energías renovables, requieren de cambios mayores en términos de infraestructura y de condiciones que permitan aumentar significativamente su aportación a la oferta energética nacional. Dichos cambios deben promoverse en el corto plazo a fin de poder alcanzar metas de aprovechamiento.

A continuación se detallan oportunidades para la mitigación de emisiones de GEI en los rubros de eficiencia energética, inversión y políticas de PEMEX, CFE y LFC. Asimismo, se describen las posibilidades de mitigación en el sector industrial, y a través del uso de fuentes renovables de energía. Finalmente, se mencionan las oportunidades de reducción en el sector transporte.

## A. EFICIENCIA ENERGÉTICA

Las normas de eficiencia energética de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) han orientado a que en el mercado formal sólo se vendan refrigeradores, equipos de aire acondicionado y lavadoras de ropa de alta eficiencia, y los programas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) han promovido el uso de lámparas ahorradoras (más de 10 millones). Estas normas y programas han logrado que el sector residencial reduzca de manera significativa el crecimiento de su consumo eléctrico y que su consumo promedio de electricidad no haya aumentado desde el año 2000.

No obstante, y de acuerdo con cifras de la CONAE, más del 20% del consumo nacional de electricidad aún podría evitarse con medidas de eficiencia energética que se pagan solas por el ahorro que significarían en el uso de combustibles. Estas medidas requieren inversiones al inicio de los proyectos así como programas de promoción y apoyo que las hagan posibles, pero en ellas reside el mayor potencial de mitigación del cambio climático.

### a) Normas y Programas de Eficiencia Energética, CONAE

Los programas oficiales de ahorro y eficiencia energética han logrado reducir el consumo de energía por unidad de producto con impactos positivos en la reducción de emisiones de GEI. De acuerdo con cifras de la Prospectiva del Sector Eléctrico 2005-2014, las normas de eficiencia energética instrumentadas por la CONAE pueden lograr una reducción de emisiones de alrededor de 23.81 millo-

<sup>40</sup> GJ = Giga joules. El prefijo Giga equivale a 10<sup>9</sup> unidades, en este caso 10<sup>9</sup> joules, o mil millones de joules.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

nes de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año en el 2014 (20.41 correspondientes a la aplicación de normas de eficiencia en el consumo de energía eléctrica y 3.40 a la de normas de eficiencia en el consumo de energía térmica).

## POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE PROGRAMAS DE LA CONAE.

Tomando como base el escenario prospectivo, se propone alcanzar gradualmente reducciones de hasta 24 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año [en un rango de 20 a 28 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e/año] en el 2014, a través de la continuidad en la aplicación de las normas actuales y del desarrollo e instrumentación de nuevas normas de eficiencia energética.

El desarrollo e instrumentación de nuevas normas está condicionado por la disponibilidad de recursos fiscales y por la incorporación de tales medidas en esquemas de cooperación técnica y financiera internacional.

## b) Programas de Ahorro y Eficiencia Energética, FIDE

El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) ha implementado programas de ahorro y eficiencia energética en la industria, la vivienda y el bombeo de agua en el sector agrícola. De acuerdo con la Prospectiva del Sector Eléctrico para el periodo 2005-2014, las reducciones anuales esperadas por los programas apoyados por el FIDE se estiman en 3.65 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e al año en el 2014.

## POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE PROGRAMAS DEL FIDE.

Con base en el escenario prospectivo, la presente Estrategia pretende reforzar los programas del FIDE y promover nuevas acciones y programas, a fin de alcanzar una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>e adicional a la contemplada en la Prospectiva del Sector Eléctrico 2005-2014<sup>41</sup> en alrededor de 8% [5 a 10 %], es decir, se propone reducir emisiones de manera incremental hasta alcanzar 3.9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año [en un rango de 3.8 a 4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e/año] en el 2014.

Lograr el incremento porcentual propuesto en las reducciones de emisiones de los programas del FIDE requerirá disponibilidad de recursos financieros fiscales y el apoyo

de instrumentos de cooperación internacional. Se necesita dar seguimiento y evaluar los programas del FIDE y la CONAE, así como incrementar la sinergia entre las actividades de ambas instituciones.

## c) Eficiencia Energética en el Sector Vivienda

### Vivienda existente

#### Lámparas ahorradoras

Bajo el liderazgo de la CFE y con el apoyo del GEF, se diseñó e instrumentó en 1995 el programa de gran alcance ILUMEX, orientado a la instalación de lámparas compactas fluorescentes, que se aplicó en los estados de Jalisco y Nuevo León. Como resultado de este programa, concluido en 1999, se instalaron más de dos y medio millones de lámparas compactas fluorescentes en hogares mexicanos, con lo que se logró un ahorro de más de 300 millones de kWh y una reducción significativa de gases de efecto invernadero<sup>42</sup>.

La presente Estrategia plantea, por el lado de la demanda, la introducción de medidas para incentivar un uso creciente de lámparas ahorradoras hasta erradicar la producción y venta de focos incandescentes. Con base en los resultados positivos del Programa ILUMEX, se propone también replicar el programa en el resto de las entidades del país. La réplica del programa deberá iniciar en aquellas entidades caracterizadas por un alto consumo de energía eléctrica con fines de iluminación para, progresivamente, extenderse hacia las de menor consumo.

De manera paralela, por el lado de la oferta se propone iniciar un programa orientado a la paulatina reducción en la producción de lámparas incandescentes y al incremento en la comercialización de lámparas ahorradoras. Este programa deberá tender hacia la eliminación progresiva de lámparas incandescentes. Los pasos a seguir en la instrumentación de un programa de esta naturaleza incluyen:

- Concertación entre entidades de gobierno y la industria productora de focos incandescentes;
- Análisis de la viabilidad de conversión de las empresas productoras de focos incandescentes hacia la producción de lámparas ahorradoras;
- Definición de metas y tiempos para la progresiva reducción en la producción de focos incandescentes y el aumento en la producción de lámparas ahorradoras;
- Diseño de esquemas de financiamiento y crédito para facilitar el proceso de conversión; y

<sup>41</sup> SENER, 2006a.

<sup>42</sup> De Buen, 2005.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

- Creación de incentivos para la conversión y el establecimiento de nuevas empresas productoras de lámparas ahorradoras.

## *Aislamiento térmico y sustitución de equipos consumidores de energía*

Los programas de aislamiento térmico y la sustitución de equipos en vivienda existente presentan oportunidades importantes para la mitigación de emisiones de GEI, por medio de reducciones pequeñas pero realizadas en múltiples rubros relacionados con el ahorro de energía.

Destaca el programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI) instrumentado por la CFE con los recursos del Fideicomiso para el Programa para el Aislamiento Térmico (FIPATERM), orientado a la instalación masiva de aislamiento térmico en techos de casas de usuarios con altos consumos de energía eléctrica en la ciudad de Mexicali, Baja California, cuyo clima es particularmente extremo. El esquema utilizado por FIPATERM se basa en el manejo de financiamiento con bajas tasas de interés, que permite que el costo de la instalación sea cubierto por los propios usuarios a través de la factura eléctrica. En el año 2000 el FIPATERM logró aislar cerca de 60 mil techos de viviendas en Mexicali y evolucionó hacia un programa que actualmente ofrece aislamiento en puertas y ventanas, así como facilidades para la compra de equipos eficientes de aire acondicionado, refrigeradores y lámparas compactas fluorescentes. Además, incluye la realización de diagnósticos energéticos gratuitos que identifican la rentabilidad de las medidas. Hasta el primer trimestre de 2004, el FIPATERM ha otorgado 93,999 créditos, en forma acumulada, por un monto de 653.2 millones de pesos. La composición de estos créditos es la siguiente: 8.6% para aislamiento térmico, 58.8% para la adquisición de equipo eficiente de aire acondicionado, y 32.6% para refrigeradores eficientes<sup>43</sup>.

La presente Estrategia plantea como objetivo replicar el programa ASI en otras ciudades del país caracterizadas por altos consumos de electricidad para equipos y sistemas de aire acondicionado.

## **Nuevos desarrollos habitacionales<sup>44</sup>**

Los gastos en el consumo de energía como consecuencia de viviendas mal diseñadas tienen repercusiones económicas y ambientales durante todo su tiempo de vida, por lo que resulta muy importante tomar decisiones de inversión

que incluyan medidas de ahorro y eficiencia energética en la construcción de nuevos desarrollos habitacionales, a fin de evitar gastos mayores e incrementales en el tiempo.

La presente Administración ha establecido como meta en materia de vivienda nueva, la construcción de un millón de casas habitación al año durante el período 2007-2012. Esta meta, además de ser un reto económico y financiero, constituye un reto energético y ambiental. En este sentido, las decisiones que se tomen con respecto a su diseño de construcción redimensionarán el uso de recursos energéticos y de los efectos ambientales durante su tiempo de vida.

En términos generales, una casa mal diseñada para un clima cálido tendrá como mínimo un consumo adicional de 1,000 kWh/año, lo que representa alrededor de 300 litros de petróleo equivalente y 0.6 toneladas de CO<sub>2</sub> liberadas a la atmósfera de manera adicional e innecesaria, por cada casa al año.

Suponiendo que el 50% de las casas se construyan en regiones de clima cálido<sup>45</sup> y sin considerar un diseño que regule su equilibrio térmico, se puede esperar que cada año se acumule un consumo adicional de 500 millones de kWh, lo que representará el consumo de 150 millones de litros de petróleo equivalente (casi un millón de barriles) y 300 mil toneladas de CO<sub>2</sub> emitidos a la atmósfera por año.

Existen avances significativos en materia de eficiencia energética en la construcción de vivienda nueva. Destacan las iniciativas del Consejo Nacional de Vivienda (CONAVI) en la promoción de mejores prácticas con proyectos demostrativos, y del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), que junto con la CONAE, promueven el programa de "hipotecas verdes". También sobresalen las iniciativas de la SEMARNAT y de la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAEE) para el establecimiento de normas voluntarias. Destaca la norma propuesta por la CONAE que se aplica a envoltentes de casas habitación (NOM-020), orientada a integrar aislamiento térmico y aspectos bio-climáticos a los nuevos desarrollos.

No obstante, a la luz de la meta sexenal de construcción de vivienda nueva se requiere redoblar esfuerzos para asegurar que las decisiones de inversión para nuevos de-

<sup>43</sup> De Buen y González, 2005.

<sup>44</sup> Apartado conformado con información de ENTE, 2007.

<sup>45</sup> La mitad de los usuarios de energía eléctrica se encuentran ubicados en localidades que pagan tarifas que se aplican a clima cálido.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

sarrollos habitacionales integren un diseño de uso eficiente de la energía. La elaboración de la mayor parte de los desarrollos normativos necesarios, como los reglamentos de construcción, son de competencia local.

La presente Estrategia plantea como objetivo la concertación de convenios con las entidades de gobierno y desarrolladores privados involucrados en la planeación, el diseño y la construcción de nuevas viviendas, que establezca los estándares básicos en materia energética y de sustentabilidad ambiental, integrados a normas de cumplimiento obligatorio. Estos estándares deberán estar vinculados con objetivos de desempeño energético y de emisiones de GEI y otros contaminantes a la atmósfera, así como de desempeño ambiental en general.

Asimismo, es necesario diseñar esquemas de financiamiento y crédito que permitan realizar inversiones mayores recuperables, que impliquen ahorros en el futuro, en favor de un mejor desempeño energético de las viviendas.

## d) Investigación y Desarrollo

El fortalecimiento de los programas y normas de eficiencia energética de CONAE y el incremento en el alcance de los programas e iniciativas del FIDE requieren de la conformación de una base de conocimientos y del análisis de nueva información para incrementar su alcance e identificar oportunidades de nuevas iniciativas.

Con este fin, se plantea como objetivo la realización de los siguientes estudios:

- Potencial de ahorro y eficiencia energética a escalas nacional, estatal y local.
- Potencial para la instrumentación de normas de eficiencia energética en sectores clave de la economía nacional.
- Análisis económico de programas y medidas de eficiencia energética con periodos de amortización por disminución en el consumo.
- Oportunidades para la normalización energética en el sector vivienda.
- Áreas de oportunidad para ampliar el alcance de los programas de eficiencia energética del FIDE.
- Viabilidad técnica y financiera de la instrumentación de programas de eficiencia energética del FIDE en otros sectores.

## B. INVERSIÓN Y POLÍTICAS EN PEMEX

El último reporte de inventario de emisiones corporativas de GEI de PEMEX señala que su operación genera alrededor de 42.2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e<sup>47</sup>, con lo que contribuye en 6.5% al total de las emisiones nacionales. En materia prospectiva, se estima que los requerimientos de energía del sector petrolero crecerán a una tasa anual de 4.6% durante el periodo 2004-2014, debido especialmente a la demanda de combustible para refinación y de gas para exploración y producción.

### a) Contabilidad y Reporte de Emisiones de GEI

PEMEX estableció un Sistema de Información para la Seguridad Industrial y la Protección Ambiental (SISPA) para estimar sus emisiones de contaminantes y de GEI en 2001.

Además, forma parte del Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Gases Efecto Invernadero (Programa GEI-México), desde agosto del 2005. La participación de PEMEX en este Programa, que se presentará con mayor detalle en el apartado D de esta sección, ha permitido incrementar las capacidades técnicas en la paraestatal para la estimación de sus emisiones de GEI y la elaboración de sus inventarios.

Contar con un sistema de estimación y registro de emisiones de GEI es un paso fundamental para identificar oportunidades de mitigación, elaborar estrategias eficaces de participación en los mercados internacionales de carbono y sentar las bases para consolidar el actual esquema virtual de intercambio interno de permisos de emisiones de PEMEX. La efectividad de este esquema requiere que las unidades participantes puedan proponer y ejecutar proyectos de inversión que reduzcan sus emisiones de GEI. La consolidación del intercambio de emisiones de PEMEX apoyará la construcción de un nuevo esquema nacional de valoración y comercio de bonos de carbono.

### b) Proyectos para la Reducción de Emisiones

La contribución de la operación de PEMEX a las emisiones nacionales de GEI, así como el esperado crecimiento en sus requerimientos de energía, presentan importantes oportunidades para la instrumentación de proyectos de mitigación.

Es importante destacar que, en ausencia de una reforma fiscal cuya necesidad es cada vez más evidente, PEMEX es todavía el principal proveedor de recursos al fisco nacional. En 2006, proporcionó 39% de los ingresos programados en la Ley de Ingresos de la Federación<sup>46</sup>. Esta importante carga fiscal de PEMEX le dificulta liberar re-

<sup>46</sup> SHCP, 2006.

<sup>47</sup> Información disponible en: [www.geimexico.org/downloads/reportes/2005%20PEMEX\\_Final.pdf](http://www.geimexico.org/downloads/reportes/2005%20PEMEX_Final.pdf)



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

cursos para reinvertir en la empresa no sólo para mejorar su productividad y eficiencia energética, pero también para modernizar su infraestructura ante la creciente demanda de combustibles e invertir en trabajos prospectivos.

Ante el reto de enfrentar un escenario de escasos recursos disponibles, es necesario que PEMEX destine recursos de inversión para proyectos de mitigación. Además se requiere establecer programas anuales de reducción de emisiones para cada Subsidiaria y proponer proyectos que los soportaran, de tal manera que se contaría con presupuesto e incentivos para asegurar su ejecución.

## Cogeneración

El fomento de la cogeneración en PEMEX tiene gran potencial para inducir un uso más eficiente de la energía a través del aprovechamiento de la energía residual como fuente secundaria y contribuir a la reducción de emisiones de GEI. Se estima que el potencial de cogeneración en PEMEX es cercano a los 2,900 MW.

Este potencial de cogeneración se podría materializar con el establecimiento de una capacidad de 1,400 MW en el Sistema Nacional de Refinación. Actualmente existe un proyecto concreto de cogeneración de 300 MW en el Centro Procesador de Gas Nuevo PEMEX.

No obstante, la regulación actual en materia de compra y venta de excedentes limita considerablemente el aprovechamiento de este potencial. En este sentido, se propone impulsar modificaciones a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en materia de compra de excedentes, que faciliten la viabilidad económica de los proyectos de cogeneración. Asimismo, la CFE deberá establecer condiciones de interconexión más favorables. Estas acciones beneficiarían a las actividades de cogeneración en general, no sólo aquellas impulsadas por PEMEX.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE LA COGENERACIÓN EN PEMEX.** La presente Estrategia propone el establecimiento de plantas de cogeneración en el Sistema Nacional de Refinación en diversas instalaciones de PEMEX, y evitar la emisión de 7.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e al año para el 2013.

Las características, la magnitud y los beneficios potenciales de éste tipo de proyectos los convierten en candidatos ideales para obtener reducciones certificadas de emisiones en el marco del MDL y contar con recursos financieros que apoyen su viabilidad.

La formulación e implementación de estos proyectos requiere alguna combinación de las siguientes acciones:

- Incorporar al presupuesto de PEMEX los recursos financieros asignados a este rubro.
- Establecer un convenio entre la CFE y PEMEX que autorice que los excedentes de electricidad generados por PEMEX puedan ser aprovechados en su totalidad.
- Establecer convenios con industrias conexas para aprovechar los excedentes de electricidad generada bajo la figura de autoconsumo y que las empresas privadas financien las inversiones necesarias para hacer posible la cogeneración.

## Suministro eléctrico centralizado para plataformas petroleras

La subsidiaria de PEMEX Exploración y Producción (PEMEX-PEP) cuenta con 192 plataformas petroleras en el Golfo de México; 11 de las cuales se encuentran en la Región Norte, 99 en la Región Marina Noreste y las otras 82 en la Región Marina Suroeste. Estas plataformas emplean sistemas de turbinas a gas o motogeneradores a diesel para producir su electricidad. En la Región Marina Noreste destaca el Complejo Cantarell, aproximadamente 80 km al Norte de Ciudad del Carmen, Campeche, que comprende los campos Akal, Chac, Kutz, Nohoch y Sihill.

Las plataformas que utilizan turbinas para generar electricidad consumen 25.2 millones de pies cúbicos diarios de gas, en tanto que las plataformas que utilizan motogeneradores consumen 400 mil litros diarios de diesel. Todo esto equivale alrededor de 2.8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e emitidas al año. Por consiguiente, una evidente oportunidad de mitigación, técnicamente viable, consiste en centralizar la generación de electricidad con equipos de mayor eficiencia energética y hacerla llegar por cable a las plataformas.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO CENTRALIZADO PARA PLATAFORMAS PETROLERAS.** La presente Estrategia propone la sustitución gradual de todos los equipos de generación de electricidad de las plataformas petroleras, por una sola planta de ciclo combinado con capacidad de 115 MW, a fin de eliminar totalmente el consumo de diesel y evitar la emisión a la atmósfera de alrededor de 1.9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e al año [en el rango de 1.5 a 2.3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e/año]

Una estrategia complementaria que incrementaría este potencial de reducción de emisiones consiste en utilizar sistemas de generación eolo-eléctricos *in situ*. La velocidad promedio del viento en las regiones marinas donde se encuentran estas plataformas es de 4 a 6 m/s, velocidades muy apropiadas para la generación de electricidad.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## Mejora del desempeño energético en las refinerías

Debido a su alto consumo de energía, las seis refinerías del país presentan importantes oportunidades de reducción de emisiones de GEI. La subsidiaria PEMEX Refinación se ha planteado como meta mejorar en 10% su actual índice de eficiencia energética.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN EN REFINERÍAS, PEMEX.** De acuerdo con la experiencia internacional y con base en nuevas tecnologías disponibles, la presente Estrategia propone mejorar el índice de eficiencia energética de las refinerías en el orden de 15% [en un rango del 12 a 17%] a fin de evitar la emisión de alrededor de 2.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e hacia el año 2013.

## Recuperación secundaria y captura geológica de carbono

El almacenamiento geológico de carbono consiste en la inyección de CO<sub>2</sub> a formaciones geológicas estables. Sin embargo, aún es vista por muchos grupos de opinión como una solución de alto riesgo ante la probabilidad de eventuales fugas ulteriores a la atmósfera del CO<sub>2</sub> confinado. Desde el punto de vista económico, es una alternativa todavía costosa<sup>48</sup>, pero si se obtienen ingresos por reducciones certificadas de emisiones del MDL, puede resultar atractiva económicamente en un futuro próximo y eficaz para reducir emisiones a gran escala.

Los yacimientos petroleros y de gas natural pierden presión en el curso de su explotación, lo que puede contrarrestarse mediante la inyección de gas natural, nitrógeno, gases de chimenea o algún otro fluido para la recuperación secundaria de petróleo. PEMEX ha reinyectado gas natural a algunos yacimientos petroleros en explotación, y nitrógeno en el yacimiento Cantarell desde el año 2002. PEMEX amplió recientemente la capacidad de su planta de nitrógeno con la adición de un módulo de 300 millones de pies cúbicos diarios. De acuerdo con la información disponible, la recuperación secundaria de petróleo mediante la inyección de una corriente de gases de chimenea es técnicamente posible en el campo Cantarell.

La presente Estrategia plantea explorar la factibilidad de la recuperación secundaria en yacimientos agotados o aún en producción pero con baja presión. La implementación de este tipo de proyectos ampliaría la oportunidad para mantener los niveles de producción petrolera al tiempo que se reducirían emisiones, y se abrirían oportunidades para obtener fondos adicionales por bonos de carbono. Se podrían también aprovechar posibles sinergias entre PE-

MEX y sectores como el eléctrico y el cementero, con el objeto de secuestrar emisiones de CO<sub>2</sub> e inyectarlas en los yacimientos.

Se propone que México se mantenga a la vanguardia en la investigación y conocimientos en la captura y almacenamiento geológico de carbono. Esta tecnología cobrará mayor importancia cuando sea más atractiva económicamente y mejor aceptada ambientalmente, lo cual se espera ocurrirá en el curso de la década.

## Reducción de emisiones fugitivas de metano

En relación con las emisiones fugitivas de metano asociadas a la producción de gas natural, PEMEX disminuyó considerablemente el gas enviado a quemadores y venteo gracias a la instalación de plataformas de tratamiento Akal-C-8 en Akal-C, del complejo Cantarell ([Gráfico 2.8](#)).

Las emisiones fugitivas de metano también constituyen importantes fuentes emisoras de GEI en las áreas de transporte y distribución de gas natural.

PEMEX participa en la alianza Metano a Mercados (M2M por sus siglas en inglés) conjuntamente con otros 18 países, y en la cual co-preside el Subcomité de Petróleo y Gas. Según estudios y mediciones realizadas con apoyo de esta iniciativa, existe un alto potencial de reducción de emisiones de metano por medio de la mejora de eficiencia en las subsidiarias PEMEX Exploración y Producción y PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE EMISIONES FUGITIVAS DE METANO.** Se propone reducir las emisiones fugitivas asociadas a la producción, transporte y distribución de gas natural en el curso del periodo 2007-2012. PEMEX ha planteado la ejecución de proyectos MDL que reducirían 2.4 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub>e ([Tabla 1.5](#))

Cabe señalar que el metano tiene un potencial de calentamiento 21 veces mayor que el CO<sub>2</sub>, por lo que la reducción de sus emisiones contribuye significativamente a mitigar el calentamiento global.

## Inclusión de bioetanol y biodiesel en mezclas de combustibles

En varios países de la Unión Europea, Japón, Estados Unidos y Brasil, el uso de bioetanol como combustible o aditivo de gasolinas, creció significativamente en las últimas décadas. En 2004, la producción mundial de este

<sup>48</sup> Alrededor de 25 dólares por tonelada: Socolow, 2005.

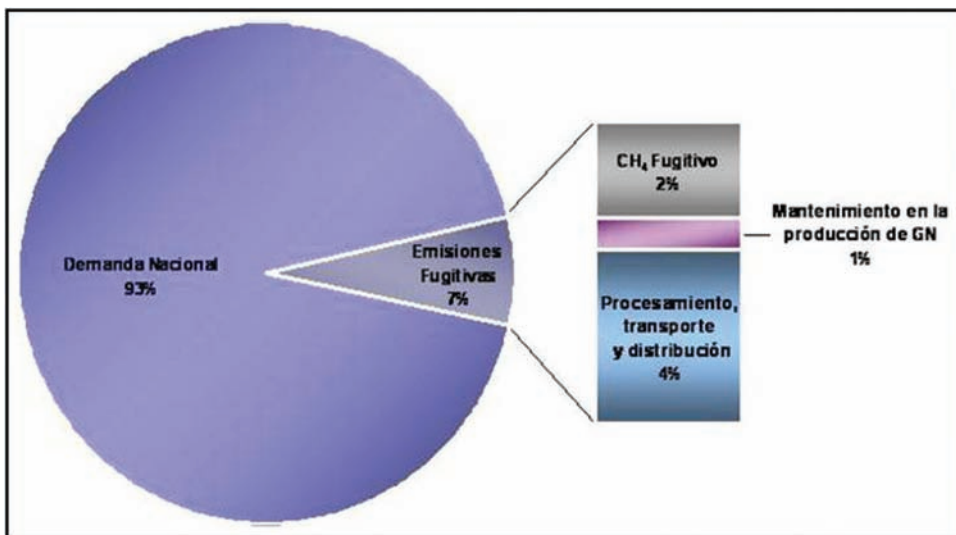




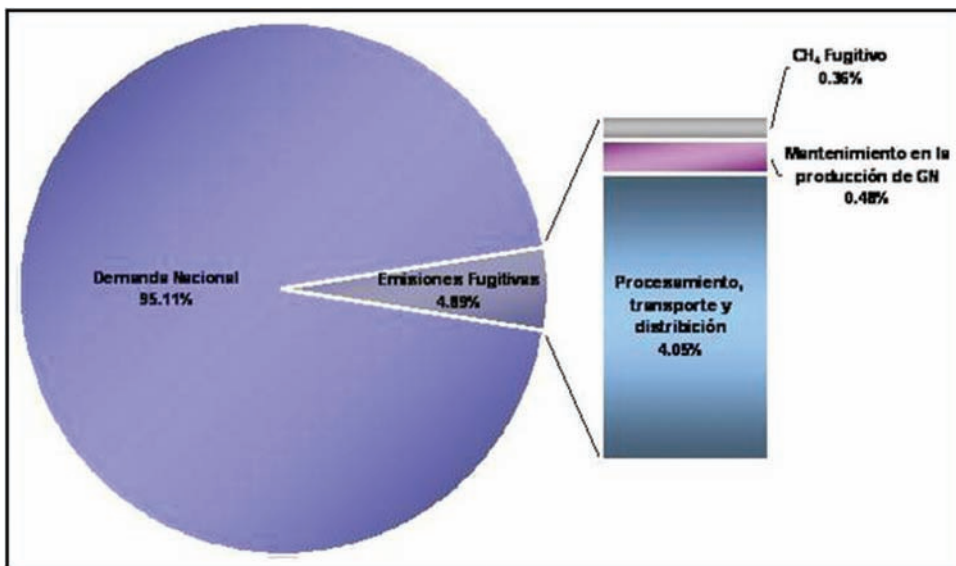
# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

Gráfico 2.8 Evolución de las emisiones fugitivas de metano en porcentajes

Emisiones fugitivas de metano en la industria del gas natural 1997



Emisiones fugitivas de metano en la industria del gas natural 2005



FUENTE: CMM, 2006. Con datos de PEMEX-PEP, de SENER y del IMP.

biocombustible fue de 30 mil millones de litros. México produce alrededor de 45 millones de litros de bioetanol a partir de la caña de azúcar, pero se consume 164 millones de litros que se emplean principalmente como materia prima en la industria química y de alimentos y bebidas<sup>48</sup>.

El biodiesel puede producirse como una mezcla de aceite vegetal o grasa animal (de 80 a 90%), metanol (10 a 20%) y un agente catalizador a temperatura controlada (de 0.35 a 1%). Este biocombustible tiene un poder calorífico (44.4 MJ por litro) ligeramente menor al del diesel deriva-

<sup>48</sup> Masera, 2006.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

do del petróleo, ocasionando una disminución de 5% en la potencia del motor, pero sin un cambio perceptible en el comportamiento de los vehículos.

## **Establecimiento del sistema de comercio de permisos de emisiones**

PEMEX estableció en 2001 un esquema virtual de intercambio de bonos de carbono entre 25 unidades productivas que ha suscitado interés internacional. El desarrollo de una progresiva valoración del carbono en la economía nacional podrá utilizar como base este esquema de PEMEX, por lo que se plantea como objetivo su evolución fijando límites a las emisiones de las unidades productivas participantes, y vinculándolo al sistema de reporte voluntario de emisiones de gases de efecto invernadero del Programa GEI-México.

Los pasos a seguir para implementar una estrategia de valoración progresiva del carbono en México, se presentan al final de este capítulo.

## **c) Investigación y Desarrollo**

Se plantea la realización de los siguientes estudios:

- Potencial de reducción para el suministro eléctrico de plataformas petroleras con sistemas de generación eolo-eléctricos *in situ*.
- Factibilidad de la recuperación secundaria de petróleo inyectando gases de chimenea en yacimientos agotados o aún en producción pero con baja presión.
- Actualización en la investigación y desarrollo de conocimientos sobre la captura y almacenamiento geológico de carbono.

## **C. INVERSIÓN Y POLÍTICAS EN CFE Y EN LFC**

Las emisiones provenientes de la generación de electricidad del sector público ascendieron a 108 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el 2004<sup>60</sup>, y se estima que estas emisiones podrían incrementarse a 160 millones de toneladas hacia el año 2014, lo que presenta amplias oportunidades para la instrumentación de proyectos de inversión, infraestructura y mejora de procesos que contribuyan a reducir su índice de intensidad de carbono.

## **a) Contabilidad y Reporte de Emisiones de GEI**

Se plantea como objetivo la participación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de Luz y Fuerza del Centro (LFC) en el Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Gases Efecto Invernadero (Programa GEI-México). La participación de la CFE y de LFC es crucial para identificar oportunidades de reducción de emisiones de GEI en uno de los sectores clave de la economía, elaborar estrategias eficaces para participar en los mercados internacionales de carbono y consolidar un esquema para la progresiva valoración del carbono en la economía nacional, sobre la base del intercambio de bonos de carbono entre diferentes actores (ver sección 2.3).

## **b) Proyectos para la Reducción de Emisiones**

### **Eficiencia en las líneas de transmisión y distribución**

La transmisión de la energía eléctrica implica pérdidas por calentamiento y por el bajo grado de eficiencia de conductores y centrales distribuidoras. Japón cuantificó estas pérdidas entre el 6 y el 9% de la energía transmitida. Para reducir el impacto ocasionado por estas pérdidas, dicho país instrumentó un programa de administración de líneas de transmisión y distribución con la meta de incrementar la eficiencia de transmisión en 3%. En México, las pérdidas de transmisión, subtransmisión y distribución representaron un 16.7% de la generación total de electricidad producida por la CFE y LFC en 2004<sup>61</sup>.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN DEL INCREMENTO DE EFICIENCIA EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN.** La presente Estrategia plantea como objetivo el diseño y la instrumentación de un programa de administración de líneas de transmisión y distribución que permita un incremento en la eficiencia de hasta 2% [en un rango de 1.5 a 2%] y evite con ello la emisión de entre 6 a 8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales hacia el año 2013.

<sup>60</sup> El sector público del sistema eléctrico en México está integrado por CFE, LFC y los productores independientes de energía. FUENTE: INE, 2006b.

<sup>61</sup> De acuerdo con el balance de electricidad del servicio público, las pérdidas por transmisión, subtransmisión y distribución en 2004 fueron de 34.9 GWh, mientras que la generación total fue de 208.6 GWh. Esta cifra incluye tanto pérdidas técnicas debidas a la baja eficiencia de conductores y centrales distribuidoras, como pérdidas no técnicas debidas a la toma ilegal de electricidad en las líneas de transmisión y distribución. FUENTE: SENER, 2004a.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

## Eficiencia térmica de las termoeléctricas que utilizan combustóleo

La CFE ha introducido de manera progresiva tecnologías menos contaminantes para la generación de electricidad, tales como la sustitución de plantas termoeléctricas tradicionales de combustóleo por plantas de ciclo combinado operadas con gas natural.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE TERMOELÉCTRICAS A COMBUSTÓLEO.** Todavía quedan plantas de combustóleo de muy baja eficiencia, por lo que la presente Estrategia plantea como objetivo un incremento de hasta 2% en la eficiencia térmica de estas plantas [1.5 a 2%] durante el período 2007-2014, a fin de dejar de consumir hasta 10 PJ de combustóleo al año, equivalentes a 700 mil toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>.

## Sustitución del uso de combustóleo por gas natural en las termoeléctricas del Pacífico

Durante los últimos años la CFE y LFC han cambiado la tecnología de algunas plantas termoeléctricas operadas con combustóleo, para su operación con tecnologías de ciclo combinado con gas natural, las cuáles son considerablemente más eficientes.

Por su parte, PEMEX planea continuar la modernización del sistema nacional de refinación, modificando su estructura productiva para orientarla a: generar productos con mayor valor agregado, modificar las mezclas, procesar un mayor volumen de crudo Maya, satisfacer el crecimiento previsto de la demanda y elevar la rentabilidad de las refinerías. Sin embargo, la demanda de combustibles baratos, particularmente el combustóleo, distorsiona la viabilidad de la reconfiguración productiva. Es el caso de las termoeléctricas de Puerto Libertad, Guaymas, Topolobampo, Mazatlán y Manzanillo que la CFE tiene en el Pacífico.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DEL USO DE COMBUSTÓLEO POR GAS NATURAL EN LAS TERMOELÉCTRICAS DEL PACÍFICO.** Al sustituir combustóleo por gas natural en las termoeléctricas del Pacífico podrían evitarse emisiones hasta por 21 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub> para el año 2013. Para lograrlo se requiere, entre otras acciones:

- Instalar una terminal para la obtención de gas natural licuado en las costas del Pacífico, con capacidad de suministro de al menos 900 millones de pies cúbicos diarios.
- Convertir las termoeléctricas de la costa del Pacífico para que operen con tecnologías de ciclo combinado y eficiencias mínimas del 51%.

## D. MEDIDAS EN EL SECTOR INDUSTRIAL

La actividad industrial constituye uno de los principales factores del desarrollo económico del país. Las industrias son intensivas consumidoras de energía, especialmente las siderúrgica, petroquímica, cementera, química y azucarera. A pesar de que el consumo de combustibles se redujo 1.1% anual, pasando de 957 PJ en 1998 a 895 PJ en 2004, se estima que en el periodo 2004-2014 el consumo energético del sector industrial crecerá a una tasa de alrededor de 2.3% anual y, de confirmarse este crecimiento, las emisiones anuales del sector alcanzarían 68 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en la próxima década.

### a) Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El Programa GEI-México de contabilidad y reporte de gases efecto invernadero, se estableció en agosto 2004 mediante la firma de un convenio de colaboración entre la SEMARNAT, el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD por sus siglas en inglés) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI por sus siglas en inglés). A partir del 2006 se integra dentro de este convenio la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES, miembro regional del WBCSD) del Consejo Coordinador Empresarial (CCE).

México es el primer país no-Anexo I en donde muchas importantes empresas han adoptado el Protocolo de contabilidad y reporte de emisiones propuesto por el WRI y el WBCSD, gracias al cual han desarrollado capacidades técnicas para estimar sus emisiones y elaborar los inventarios correspondientes. La operación del programa se desarrolla conjuntamente entre la SEMARNAT y CESPEDES, y cuenta con la asistencia técnica del WRI. Actualmente, las empresas suscritas en el programa están en condiciones de identificar oportunidades de reducción de emisiones de GEI —principalmente mejorando su eficiencia operativa en la generación y uso de energía— y, por consiguiente, de elaborar estrategias para participar en los mercados internacionales de carbono, ya sea en el marco del MDL o en otros mercados, como el CCX.

Los beneficios que obtienen las empresas participantes en la elaboración de sus inventarios corporativos de GEI son:

- Evaluar su desempeño ambiental-climático y mejorar su gestión corporativa de GEI;
- Contar con elementos para el diseño de escenarios regulatorios, técnicos y económicos asociados a los GEI;
- Identificar oportunidades de reducción de GEI en el marco de sus actividades y procesos;



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

**Tabla 2.2 Empresas participantes en el Programa GEI-México (mayo de 2007)**

Empresa	Reporte 2005
1. Altos Hornos de México, S.A. de C.V.	Entregado
2. AMANCO México	Entregado
3. ANAJALSA Agroquímicos	
4. Boehringer Ingelheim Vetmedica, S.A. de C.V.	Entregado
5. Cappy & Associates Mex. S.A. de C.V.	
6. Caterpillar México, S.A. de C.V.	Entregado
7. Cementos La Farge	Entregado
8. Cementos Moctezuma	Entregado
9. CEMEX México	Entregado
10. Cerraduras TESA	Entregado
11. Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma	Entregado
12. Colgate Palmolive, S.A. de C.V.	
13. Cooperativa La Cruz Azul, S.C.L.	Entregado
14. DeAcero	
15. Ecofreeze Internacional, S.C. de C.V.	
16. Ford Motor Company, S.A. de C.V.	Entregado
17. Forestaciones Operativas de México, S.A. de C.V.	
18. Gas del Atlántico	
19. Grupo BIMBO, S.A. de C.V.	Entregado
20. Grupo Cementos de Chihuahua, S.A. de C.V.	Entregado
21. Grupo IMSA	
22. Grupo Modelo, S.A. de C.V.	Entregado
23. Grupo Porcícola Mexicano, S.A. de C.V.	Entregado
24. Hierro Recuperado, S.A. de C.V.	
25. Hitachi Global Storage Technologies México, S.A. de C.V.	Entregado
26. Holcim-Asasco	Entregado
27. Honda de México, S.A. de C.V.	Entregado
28. Industrial John Deere	Entregado
29. Industrial Minera México, S.A. de C.V.	
30. Industrias Peñoles, S.A. de C.V.	Entregado
31. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (Guadalajara)	Entregado
32. Johnson Controls	
33. Minera Autlán	Entregado
34. Mittal Steel Lázaro Cárdenas, S.A. de C.V.	Entregado
35. NHUMO	Entregado
36. Petróleos Mexicanos (PEMEX)	Entregado
37. Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal	
38. S&C Electric Mexicana	
39. Siderúrgica Lázaro Cárdenas Las Truchas, S.A. de C.V. (SICARTSA)	Entregado
40. Siderúrgica Tultitlán, S.A. de C.V.	Entregado
41. SIMEPRODE	Entregado
42. Sumitomo Corporativo	Entregado
43. Tetrapak	Entregado
44. Urbi Desarrollos Urbanos, S.A. de C.V.	
45. VITRO	

FUENTE: Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, SEMARNAT.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

- Generar reportes públicos y participar en programas voluntarios;
- Desarrollar capacidades para participar en programas de reporte obligatorio;
- Acceder a mercados de carbono; y
- Contar con el reconocimiento a acciones voluntarias tempranas de reducción de emisiones.

El Programa proporciona una plataforma de asistencia técnica para la elaboración de inventarios corporativos, la identificación, y la formulación de proyectos de reducción de emisiones de GEI que permiten formar las bases para el análisis ante futuros compromisos internacionales. Además, facilita el diálogo entre los diferentes sectores industriales, la sociedad civil y el gobierno para establecer consensos en la toma de decisiones en temas de cambio climático. El éxito de sus actividades en México ha sido posible gracias a los esfuerzos de las empresas participantes (Tabla 2.2) y de organizaciones públicas nacionales e internacionales. Entre éstas últimas se cuentan el Fondo de Oportunidades Globales de la Embajada Británica en México y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID por sus siglas en inglés).

Hasta mayo de 2007, 45 empresas asentadas en México, privadas y públicas así como multinacionales, han suscrito el programa; entre ellas PEMEX, así como la totalidad de la industria cementera y cervecera y un grupo representativo del sector del hierro y el acero. La CFE ha señalado su interés por suscribir este programa y se espera lo concrete próximamente. Las emisiones directas e indirectas<sup>52</sup> en 2005 de las 30 empresas que presentaron sus reportes públicos<sup>53</sup> fue de poco más de 89 millones toneladas de CO<sub>2</sub>e. Este resultado es muy importante, ya que equivale a alrededor del 14% de las emisiones totales de México y a casi el 23% de las emisiones energéticas nacionales.

Para ampliar la participación del sector industrial y hacer viables las diversas opciones voluntarias de reducción de emisiones de GEI, se requiere de un esfuerzo nacional coordinado, transversal, enfocado y comprometido para evaluar áreas de oportunidad, así como para eliminar barreras que obstaculicen el desarrollo de actividades de mitigación o que frenen la participación de sectores económicos que

utilizan intensivamente la energía. Se necesita reforzar el enfoque participativo con una mayor agilidad en las respuestas de las dependencias de gobierno a favor de las actividades ambientales programadas por las empresas.

En este contexto, los objetivos que se plantea el Programa GEI-México durante el periodo 2007-2012, son los siguientes:

- Incorporar en el Programa a todos los sectores intensivos en energía, especialmente al sector de generación de electricidad, para que voluntariamente adopten esquemas de contabilidad y reporte confiables, homogéneos y compatibles con esquemas internacionales de estimación de emisiones de GEI. Desarrollar las capacidades necesarias para contabilizar y reportar el 80% de las emisiones del sector industrial a través de inventarios corporativos de GEI.
- Promover la identificación e implementación de oportunidades de reducción de emisiones de GEI y la participación en los mercados de carbono.
- Diseñar e implementar una plataforma de registro de GEI, que permita el reconocimiento de acciones voluntarias de reducción de emisiones.
- Identificar las mejores prácticas, tecnologías y lineamientos por sector, para evaluar e identificar las áreas de oportunidad de reducción en actividades industriales seleccionadas; y evaluar el potencial de reducción de las más importantes.

## b) Cogeneración en el Sector Industrial

Una oportunidad importante para mitigar las emisiones del sector industrial es la cogeneración. Entre los sectores con mayor potencial de cogeneración destacan el siderúrgico, el cementero, la industria química y la azucarera. Con base en un estudio de la CONAE<sup>54</sup>, se estima que el sector industrial<sup>55</sup> posee un potencial para generar de manera conjunta entre 4,500 y 9,600 MW al año, equivalentes a entre 47 mil y 84 mil GWh, con lo que se evitarían emisiones entre 25 y 45 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año, dependiendo de la forma en que se obtenga la energía útil para cada proceso industrial.

<sup>52</sup> Las emisiones directas derivan de combustión estacionaria y móvil, de procesos industriales, y fugitivas, cuyas fuentes están bajo el control o son propiedad de la empresa. Las emisiones indirectas se refieren a las emisiones de la generación de electricidad adquirida que es consumida en las operaciones de la empresa.

<sup>53</sup> Información disponible en: [www.geimexico.org/downloads/reportes/](http://www.geimexico.org/downloads/reportes/)

<sup>54</sup> CONAE, 2002.

<sup>55</sup> Siderurgia, cemento, petroquímica, minería, papel, vidrio, y azúcar.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

**POTENCIAL DE LA COGENERACIÓN EN LA INDUSTRIA.** Esta Estrategia propone aprovechar el potencial de cogeneración de las industrias cementera, siderúrgica y azucarera, a fin de generar hasta 4,500 MW al año [en un rango de 2,000 a 4,500 MW] y evitar emisiones de hasta 25 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e anuales.

## c) Investigación y Desarrollo

Se plantea la realización de los siguientes estudios:

- Análisis de factibilidad conducentes a establecer metas cuantitativas de aprovechamiento del potencial de cogeneración de las industrias cementera, siderúrgica y azucarera.
- Identificación de las mejores prácticas, tecnologías y lineamientos por sector, que permitan detallar y ampliar las acciones y el potencial de mitigación en actividades industriales seleccionadas, por medio de evaluaciones realizadas en colaboración con los actores involucrados.

## E. USO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA Y BAJAS EN EMISIONES DE CARBONO

México es un país rico en fuentes renovables de energía, no obstante se requiere todavía una evaluación precisa de su potencial. La extensión territorial del país, su topografía y orografía, su amplio litoral, su posición geográfica y sus condiciones climáticas, aseguran un suministro de magnitud considerable. El país se localiza geográficamente en el denominado “cinturón de máxima radiación global”, que presenta una potencia de radiación solar promedio superior a los 5 kWh/m<sup>2</sup>, un potencial eolo-eléctrico estimado de 5,000 MW, pequeñas caídas de agua hasta por una capacidad de 3,200 MW, y biomasa de diversos tipos entre las que el bagazo de caña puede generar alrededor de 3,000 GWh por año.

Asimismo, México tiene amplia experiencia en áreas de investigación de energías renovables, contando con centros de capacidad reconocida a nivel mundial, como son los casos del Centro de Investigación en Energía (CIE) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Centro de Investigación de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) de la CFE, entre otros. La Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) ha sido

también un actor clave en la promoción del tema en el país y en el desarrollo de iniciativas de fomento.

Sin embargo, es necesario adecuar las condiciones jurídicas y de mercado para permitir una mayor participación de las energías renovables (ER) en la oferta energética nacional. En este sentido, destacan la iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE), aprobada por la Cámara de Diputados en diciembre de 2005 y actualmente bajo lectura en el Senado, y el contrato de interconexión para fuentes renovables de energía de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), cuya propuesta reciente de modificaciones busca facilitar una mayor participación de productores independientes.

### ***Iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE)***

En diciembre de 2005 la Cámara de Diputados aprobó la iniciativa de la LAFRE, en la que se define como meta para el 2012 un porcentaje de participación de las ER, en sus distintas modalidades del 8% respecto de la generación total de electricidad, sin considerar a las grandes hidroeléctricas. Esta iniciativa prevé la conformación de un Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovable<sup>56</sup>, que deberá ser elaborado y coordinado por la SENER.

La capacidad adicional requerida se logrará con:

- Proyectos incluidos en los planes de expansión de la CFE, una parte de los cuales deberán ser de pequeña escala (<30MW);
- Otros proyectos de pequeña escala (<30MW) no incluidos en los planes de expansión de la CFE;
- Proyectos de autoabastecimiento con fuentes renovables de energía; y
- Proyectos en comunidades rurales aisladas.

Para el cumplimiento de las metas establecidas en esta iniciativa de ley, se estima necesario destinar aproximadamente 600 millones de pesos al año para dar incentivos que fomenten la inversión pública y privada orientada a la instalación y puesta en operación de proyectos que utilicen tecnologías competitivas para generar electricidad para el consumo público. Asimismo, se estima necesario destinar recursos adicionales del orden de 400 millones de pesos al año para la promoción de otras tecnologías en aplicaciones eléctricas o no eléctricas menos maduras, pero consideradas como estratégicas para México, que fomenten la investigación y el desarrollo tecnológico nacional.

<sup>56</sup> De acuerdo con la LAFRE, este programa establecerá objetivos y metas específicas, definirá estrategias y acciones, contemplará el desarrollo de un inventario actualizado de las Fuentes Renovables de Energía y observará los compromisos internacionales en materia de aprovechamiento de las energías renovables y cambio climático. En caso de aprobación de la LAFRE, la SENER tiene la obligación de presentar el Programa para aprobación Presidencial en un plazo de nueve meses a partir de su publicación.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

La LAFRE señala, entre otras cosas, que los pagos por la energía entregada a las redes del Sistema Eléctrico Nacional deberán reflejar los costos de quienes la suministren, en virtud de la operación de los proyectos de generación, y que el Sistema Eléctrico Nacional deberá aceptar la electricidad generada a partir de fuentes renovables intermitentes en cualquier momento que se produzca.

Otro de los aspectos sobresalientes de esta iniciativa es la creación de un fideicomiso fundado en aportaciones obligatorias del gobierno federal cuyos fondos se utilizarán, durante su primer año de operación, de la siguiente manera:

- 55% para el “Fondo Verde”, que incentivará el uso de tecnologías renovables maduras;
- 6% para el “Fondo de Tecnologías Emergentes”;
- 10% para el “Fondo de Electrificación Rural”;
- 7% para el “Fondo de Biocombustibles”;
- 7% para el “Fondo General de ER”; y
- 15% para el “Fondo de Investigación y Desarrollo Tecnológico de las ER (FIDTER)”.

También establece que al menos el 20% de los recursos del FIDTER serán destinados a la evaluación de los potenciales nacionales de las ER.

## Contrato de interconexión para fuentes renovables de energía

La Comisión Reguladora de Energía publicó en el Diario Oficial de la Federación del 7 de septiembre 2001 algunos instrumentos de regulación para fuentes renovables que toman en cuenta las particularidades de las tecnologías de generación, reconocen la participación de recursos renovables como fuentes no firmes (cuyo suministro primario de energía no es permanente), y no involucran la aplicación de subsidios.

En enero 2007 se presentó un anteproyecto de modificaciones al modelo de contrato de interconexión<sup>57</sup> y a la metodología para la determinación de cargos por transmisión de la energía eléctrica proveniente de fuentes renovables. Las modificaciones propuestas permitirán que los permisionarios en la modalidad de autoabastecimiento, a través del contrato de interconexión, entreguen energía eléctrica exclusivamente a instalaciones de municipios, entidades

federativas o gobierno federal, siempre y cuando provenga de fuentes renovables de energía, sea intermitente o no intermitente.

Esta Estrategia propone, adicionalmente, modificar los criterios bajo los cuáles se determinan los cargos por servicio de transmisión de energía eléctrica, de tal forma que los permisionarios que tienen centros de consumo municipal que se interconectan con el sistema eléctrico nacional en media tensión, tengan una disminución en el cargo por el servicio de transmisión, con base en la reducción de las pérdidas de transmisión y distribución en el sistema eléctrico. Estas modificaciones permitirán:

- Que los permisionarios tengan un beneficio adicional, sin costo alguno, al reconocerse que a cualquier fuente renovable de energía de tipo intermitente y no intermitente se le puede aplicar la regulación vigente, siempre y cuando estas fuentes se encuentren en media tensión y tengan centros de consumo municipales, de entidades federativas o del gobierno federal;
- Que el suministrador tenga posibilidades de retrasar futuras inversiones en la capacidad de transformación; y
- Que las entidades municipales o federales puedan aprovechar sus recursos energéticos renovables (basura, desechos urbanos, mini-hidráulicas, etc.) para generar electricidad para autoconsumo, con lo que disminuirán su factura eléctrica y reducirán impactos ambientales.

## Objetivo general en materia de ER

**META DE LA ESTRATEGIA EN MATERIA DE ENERGÍAS RENOVABLES.** En coincidencia con la LAFRE, la presente Estrategia propone alcanzar un 8% de participación de las energías renovables en sus distintas modalidades, respecto de la generación total de electricidad (sin incluir grandes hidroeléctricas) hacia el 2012. A fin de sentar las bases para el cumplimiento de esta meta, se propone respaldar y promover la aprobación de la LAFRE por el Congreso.

La aprobación de la LAFRE permitirá iniciar la creación de sus instrumentos de planeación y financiamiento, incluidos en la propuesta de Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía y en la figura del Fideicomiso.

<sup>57</sup> Un contrato de interconexión para fuentes de energía renovable establece los términos y condiciones para interconectar la fuente de energía renovable, el Sistema Eléctrico Nacional y el centro de consumo del permisionario, de manera que dicho contrato sirva de marco para todas las operaciones entre el suministrador y el permisionario.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

La presente Estrategia propone la realización de las siguientes acciones de carácter jurídico, económico, financiero y administrativo, para lograr el objetivo planteado para el aprovechamiento de las ER:

- Facilitar y fomentar la inversión de particulares.
- Mejorar las condiciones y contratos de compra de electricidad a quienes generan a partir de fuentes renovables.
- Obtener recursos de fondos internacionales (como los del MDL) para apoyar los proyectos.
- Concertar una alianza estratégica con las instituciones de investigación en la materia y con los actores sociales relevantes.
- Adecuar el marco normativo y regulatorio para el fomento y el diseño de incentivos fiscales apropiados.
- Crear un fideicomiso para energías renovables (contemplado en la LAFRE).
- Implementar un programa para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía (contemplado en la LAFRE).
- Fortalecer los programas de electrificación rural con energías renovables.
- Eliminar barreras para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables, particularmente la falta de acceso a líneas de distribución.

## a) Solar

En México se han integrado, desde hace más de dos décadas, mapas de radiación solar basados en imágenes de satélite y apoyados en mediciones sistemáticas para algunas localidades. Esta información, aunque general, indica que más de la mitad del territorio nacional presenta una insolación media de 5 kWh/m<sup>2</sup>, con el cual el potencial de la energía solar en México es de los más altos del mundo<sup>58</sup>. Las regiones del país que cuentan con los más altos niveles de insolación son el Noroeste (Península de Baja California y Sonora), el Sur (fuera de la zona húmeda del Golfo de México y la montañosa de transición entre el Golfo y la Altiplanicie Mexicana) y, prácticamente, toda la costa del Pacífico<sup>59</sup>.

<sup>58</sup> <http://www.energia.gob.mx/wb2/SenerNva/ibRen5>

<sup>59</sup> CONAE, 2005.

<sup>60</sup> SENER, 2006a.

<sup>61</sup> SENER, 2004a.

<sup>62</sup> SENER, 2005.

<sup>63</sup> Red para la Transición Energética, 2005.

<sup>64</sup> SENER, 2004b.

Entre 1993 y 2003, la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos se incrementó de 7 a 15 MW, generando más de 8,000 MWh/año para electrificación rural, bombeo de agua y refrigeración.

Se espera tener instalados 25 MW con tecnología fotovoltaica para 2013, que generarán 14 GWh/año. Además, para 2009 se espera contar con un sistema híbrido de ciclo combinado acoplado a un campo solar de 25 MW (Agua Prieta II, Sonora)<sup>60</sup>.

## Sistemas solares de calentamiento de agua

Entre 2000 y 2004, la superficie total instalada de sistemas de calentadores solares se incrementó de 373 a 643 mil metros cuadrados, con una radiación promedio de 18,841 kJ/m<sup>2</sup>/día, generando 3.2 PJ para calentar agua<sup>61</sup>.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE SISTEMAS SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA.** Se estima que la instalación de calentadores solares se incrementará progresivamente hasta alcanzar una superficie de 2.8 millones de metros cuadrados, evitando 846 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e al año en el 2014, al reducir notablemente el consumo de gas LP<sup>62</sup>.

## b) Eólica

El potencial eolo-eléctrico de México se ha estimado, conservadoramente, en 5,000 MW. Sin embargo, de acuerdo a un estudio del Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos de América (NREL por sus siglas en inglés), sólo el potencial para la región de La Ventosa en el Estado de Oaxaca es de más de 33 mil MW, distribuido en una superficie de 7 mil km<sup>2</sup> (que corresponden al 17% del territorio de esta entidad federativa)<sup>63</sup>. Esto hace suponer que el potencial nacional ha sido subestimado y que la suma del recurso explotable debe ser de varios órdenes de magnitud superior a la hasta hoy reconocida. De acuerdo con algunas mediciones y a evidentes condiciones locales de viento intenso, las regiones que se consideran con mayor potencial, además de La Ventosa, en Oaxaca, se encuentran en la costa de Quintana Roo, en los alrededores de Pachuca, Hidalgo, en el sur de Coahuila, en el sur de la Península de Baja California y en el cerro de la Virgen en la ciudad de Zacatecas<sup>64</sup>. De igual forma, las condiciones





# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

eólicas en el Istmo de Tehuantepec son de las mejores a nivel mundial. En Oaxaca existen zonas con velocidades del viento, medidas a 50 m de altura, superiores a 8.5 m/s, con un potencial de 6,250 MW, además de otras con velocidades entre 7.7 y 8.5 m/s, con un potencial de 8,800 MW. En Baja California, las mejores zonas están en las sierras de La Rumorosa y San Pedro Mártir, con un potencial de 274 MW. Yucatán posee un potencial de 352 MW y la Riviera Maya de 157 MW, lo que es más que suficiente para sustituir plantas que operan con combustóleo, diesel y las generadoras de turbogás.

Aunque el potencial eólico del país debe precisarse, las perspectivas son muy alentadoras de acuerdo con el potencial estimado por NREL sólo para el caso de Oaxaca (Tabla 2.3).

La central eléctrica de La Venta, Oaxaca, fue la primera planta eólica integrada a la red en México y en América Latina, con una capacidad instalada de 1.5 MW. En marzo 2007 se inauguró la central La Venta II con una capacidad de 80 MW. De acuerdo con los planes de expansión de la CFE, se prevé la instalación de 6 nuevas centrales en esta zona para fines de 2014, cuya capacidad total será de 593 MW.

### c) Mini-hidráulica

La minihidráulica también representa un alto potencial de recurso aprovechable. El potencial total para el aprovechamiento de la energía hidráulica en México se estima superior a los 53 mil MW, lo cual incluye grandes hidroeléctricas. De acuerdo con la CFE, el potencial de gene-

ración de electricidad con base en minihidráulicas (plantas de menos de 5 MW) es de alrededor de 3,000 MW. Por su parte, un estudio de la CONAE en una región montañosa ubicada en partes de los estados de Puebla y Veracruz estimó un potencial de 3,750 GWh/año y cerca de 400 MW para centrales con capacidad instalada menores a 10 MW. A su vez, el IIE estimó un potencial del aprovechamiento en canales de riego por encima de los 200 MW<sup>65</sup>.

Actualmente operan, en los estados de Veracruz y Jalisco, tres centrales minihidráulicas con una capacidad instalada de 16 MW, con la que se generan 67 GWh/año. También se encuentran en operación tres centrales híbridas minihidráulicas-gas natural en los estados de Veracruz y Durango<sup>66</sup>. Se encuentra en construcción la central hidroeléctrica El Cajón, en Nayarit, que proveerá 750 MW a partir de 2007 y la hidroeléctrica La Parota, en Guerrero, que adicionará otros 900 MW a partir de 2012. Además, la CRE ha autorizado trece centrales minihidráulicas con capacidad de 160 MW en el estado de Oaxaca.

### d) Bioenergía<sup>67</sup>

La biomasa es una fuente de energía renovable y limpia, y es considerada uno de los pilares de la transición energética. Internacionalmente representa el 11% del consumo total de energía y 80% del consumo de energías renovables. Se estima que para 2050 podría contribuir con el 25% de la energía requerida a nivel mundial. El uso de la bioenergía en nuestro país, basado en la leña y el bagazo de caña, representa el 8% (408 PJ) del consumo de energía primaria. La leña es consumida por 25 millones de mexicanos en el medio rural, principalmente para la cocción de alimentos,

Tabla 2.3 Potencial eólico en La Ventosa, Oaxaca

Recurso eólico a escala comercial	Clase de viento	Potencia del viento a 50 metros de altura, W/m <sup>2</sup>	Velocidad del viento a 50 metros de altura, m/s	Superficie total km <sup>2</sup>	Porcentaje con respecto a la superficie estatal	Capacidad Potencial MW
Moderado	3	300-400	6.1-6.7	2,234	2.4	11,150
Bueno	4	400-500	6.7-7.3	2,263	2.5	11,300
Excelente	5	500-600	7.3-7.7	1,370	1.5	6,850
Excelente	6	600-700	7.7-8.5	1,756	1.9	8,800
Excelente	7	>800	>8.5	1,248	1.4	6,250

Las estimaciones suponen una capacidad potencial por km<sup>2</sup> de alrededor de 5 W; la superficie de Oaxaca cubre 91,500 km<sup>2</sup>. FUENTE: NREL, 2003.

<sup>65</sup> CONAE, 2005.

<sup>66</sup> CRE, 2007.

<sup>67</sup> Masera, 2006.



## Estrategia Nacional de Cambio Climático

pero también en un gran número de pequeñas industrias tabiqueras, mezcaldas, panaderías, tortilleras y otras. El bagazo de caña sirve de combustible en algunos ingenios azucareros para producción de vapor y electricidad.

En 2004 se consumieron 92 PJ derivados de bagazo de caña y 250 PJ de la leña<sup>68</sup>. México produce al año en la industria cañera 45 millones de litros de bioetanol<sup>69</sup>, que actualmente no se usan como combustible, sino como materia prima en la industria química. Hasta 2005 la CRE autorizó 19 MW para generar 120 GWh/año con biogás, 70 MW para generar 105 GWh/año con bagazo de caña y 224 MW para generar 391 GWh/año con sistemas híbridos de combustóleo-bagazo de caña. No obstante, la bioenergía aún es escasamente aprovechada con respecto a su potencial técnico, estimado entre 3,035 y 4,550 PJ al año, lo que representaría entre el 54% y el 81% de la oferta interna bruta de energía primaria<sup>70</sup>. Entre el 27% y el 54% de este potencial proviene de los combustibles de madera, el 26 % de los agro-combustibles y el 0.6 % del biogás producto del manejo de residuos sólidos municipales.

El aprovechamiento sustentable de la bioenergía permitiría crear sinergias entre los sectores agrícola y forestal, y su uso ampliado podría transferir importantes recursos económicos desde las áreas urbanas consumidoras hacia las áreas rurales productoras de estos energéticos. Aprovechada sustentablemente, la bioenergía contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, podría sustituir parcial o totalmente a los combustibles fósiles. Podría también contribuir significativamente a la diversificación energética a mediano y largo plazo.

A las ventajas globales se sumarían numerosos beneficios tangibles localmente. Por ejemplo, el aprovechamiento de desechos urbanos y agrícolas reduciría los riesgos sanitarios; las estufas eficientes de leña y biogás permitirían reducir el uso de leña y la contaminación intramuros de las viviendas rurales; los hornos eficientes para carbón vegetal mejorarían las condiciones de salud y trabajo de los productores, aumentarían sus ingresos al reducir los costos de producción y reducirían el uso de leña y hojarasca.

*Internacionalmente se cuenta con un portafolio extenso de tecnologías maduras y de tecnologías emergentes en pleno desarrollo.*

La producción de electricidad mediante combustión directa de biomasa o gasificación lleva varias décadas establecida y alcanza los 38 mil MW de potencia instalada a nivel mundial. En los últimos años se han comercializado sistemas eficientes de producción de calor y electricidad combinados (cogeneración) a partir de desechos biomásicos. Existe también una experiencia muy importante en gasificación a pequeña escala y combustión directa para usos térmicos en pequeñas industrias y hogares.

*Existe un conjunto de experiencias exitosas en México.* Se han desarrollado metodologías, con difusión a nivel internacional para la estimación de los recursos biomásicos. Se ha desarrollado y adaptado en el país tecnología eficiente para la cocción doméstica y para las pequeñas industrias rurales que usan leña y producen carbón vegetal. Se cuenta también con desarrollos importantes en el área de gasificación y particularmente en la generación de biogás en rellenos sanitarios así como equipos demostrativos para la gasificación de residuos biomásicos. Existe ya una planta piloto para la producción de biodiesel. Aunque modestas y resultado de esfuerzos individuales más que de una iniciativa a nivel nacional, estas experiencias señalan oportunidades claras de crecimiento en el sector bioenergético.

*Barreras para el aprovechamiento de la bioenergía en México*

Las principales barreras para una penetración a gran escala de la bioenergía en México son: a) ausencia de mecanismos específicos de financiamiento para investigación y desarrollo en bioenergía; b) escasos grupos de investigación que sobreviven con recursos muy limitados; c) pobre desarrollo tecnológico en áreas de frontera, como la producción de combustibles líquidos o gasificación de biomasa; d) ausencia de regulaciones y políticas de promoción y fomento, como incentivos legales, financieros e impositivos, para apoyar la introducción de tecnologías bioenergéticas; y e) existencia de subsidios a los energéticos convencionales.

<sup>68</sup> Datos del Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdi/Controller>

<sup>69</sup> Calatayud y Jácome, 2003.

<sup>70</sup> Masera, 2006.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

## *Elementos para una estrategia nacional sobre bioenergía*

La posibilidad de ampliar el portafolio de fuentes de energía, proteger al medio ambiente y apoyar el desarrollo económico y social del país, particularmente en las zonas rurales, son razones de peso suficiente para desarrollar una iniciativa pública de fomento de la bioenergía en México. Se requiere —como lo muestra la experiencia internacional— de una serie de acciones estratégicas y del apoyo de un amplio conjunto de políticas y de recursos públicos. Cuatro son los ejes fundamentales:

*Partir de un enfoque integral orientado al uso sustentable de la bioenergía.* Se debe buscar el aprovechamiento de la bioenergía mediante esquemas de manejo y plantaciones multipropósito, orientados a complementar más que a competir con otros usos del suelo. Se debe dar prioridad al aprovechamiento de desechos o subproductos de otras actividades, a fin de diversificar la oferta biomásica y aumentar la eficiencia de las tecnologías y sistemas de producción. La generación y difusión de tecnología deben asegurar una adecuada participación y beneficios de las poblaciones locales. La bioenergía debe ser considerada un recurso estratégico y complementario de las otras fuentes renovables de energía, en el camino hacia la transición energética.

*Fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico.* Es urgente realizar una evaluación más precisa del potencial energético de la bioenergía, así como un estudio de la demanda por usos finales y de las cadenas productivas asociadas. Se debe incentivar el desarrollo, la adaptación y la aplicación de tecnología apropiada. En este sentido, el apoyo a grupos de investigación y al desarrollo de proyectos piloto y demostrativos son acciones elementales de fomento. Igualmente, existe tecnología en el mercado internacional que ya se puede aprovechar y que requiere de adaptaciones menores para funcionar en el contexto nacional y local.

*Impulsar el desarrollo de mercados.* Es importante promover el desarrollo de redes de producción y de mercados de productos y tecnologías asociados a la bioenergía, así como elaborar normas técnicas para asegurar la calidad de los productos y los procesos.

## *Fortalecimiento institucional y valoración social.*

Dada la naturaleza multidimensional de la bioenergía es crítico establecer programas intersectoriales claramente coordinados (salud, energía, ambiente, desarrollo social, agropecuario y forestal), así como campañas de información pública que conduzcan a una mejor valoración social de la bioenergía.

### ***Biocombustibles***

Una estrategia muy importante que se desarrolla rápidamente a nivel mundial y que en México representa una oportunidad, es la producción y consumo de biocombustibles. Evaluaciones preliminares de la SENER indican que la mejor opción para producir bioetanol en México se localizaría en la utilización de la caña de azúcar. Se requieren mayores estudios para precisar las reducciones netas de emisiones que se pudieran obtener por esta vía, y para garantizar las condiciones de sustentabilidad de la producción y el consumo de biocombustibles.

### ***Biomasa leñosa***

Las comunidades rurales aisladas del país satisfacen la mayor parte de sus necesidades energéticas con biomasa. Se estima que la leña provee cerca del 75% de la energía de los hogares rurales. Del potencial técnico de la bioenergía en México, un 40% proviene de los combustibles de madera.

### ***Biogás y residuos sólidos urbanos***

La CONAE calcula que se pueden instalar 0.7 MW de capacidad por cada millón de toneladas de basura depositada en rellenos sanitarios (sitio diseñado para confinar residuos sólidos urbanos sin agresión al entorno ecológico). El IIE ha estimado en 90 mil toneladas diarias la producción de residuos urbanos susceptibles de explotación para una capacidad de 300 MW. Igualmente, existe un potencial apenas considerado de aprovechamiento de residuos ganaderos y de rastros municipales. México tiene cerca de 800 mil cabezas de ganado lechero y 54% de la producción se realiza en hatos de 255 vacas en promedio<sup>71</sup>.

<sup>71</sup> Datos de la SAGARPA: [www.ganaderia.sagarpa.gob.mx:8080/DesktopServlet?action=content?amp;provider=IwtFrontProvider](http://www.ganaderia.sagarpa.gob.mx:8080/DesktopServlet?action=content?amp;provider=IwtFrontProvider)



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Del potencial técnico estimado, 26% proviene de los agro-combustibles y 0.6% del biogás producto del manejo de residuos sólidos urbanos. Se estima, además, que anualmente se producen 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético, y 17 millones de toneladas de residuos urbanos para generación de biogás o gas de síntesis<sup>72</sup>. El aprovechamiento de los residuos sólidos municipales de 10 principales ciudades<sup>73</sup> para la generación de electricidad a partir de su transformación térmica, permitiría instalar una capacidad de 803 MW y generar 4,507 MWh/año<sup>74</sup>.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN POR USO DE FUENTES BIOMÁSICAS.** Se estima, conservadoramente, que la posibilidad técnica permitiría reducir emisiones de hasta 5.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> hacia el 2012 (Tabla 2.4).

## e) Geotérmica

México ocupa el tercer lugar mundial en capacidad de generación de energía geotérmica, con 960 MW instalados, con los que se generan más de 6,500 GWh. Las zonas de aprovechamiento actual se concentran en los estados de Michoacán y Baja California<sup>75</sup>.

El potencial de generación eléctrica con energía geotérmica a nivel nacional se estima en 13,110 MW. La CFE estima que este potencial geotérmico permitiría instalar 2,400 MW, si bien su viabilidad depende del desarrollo de tecnologías para su aprovechamiento. Los proyectos en etapa de factibilidad se indican en la Tabla 2.5. Estas cifras no incluyen el aprovechamiento geotérmico de baja entalpía a través de bombas de calor.

## f) Energía nuclear e hidrógeno

Para un escenario de largo plazo 2020 ó 2030, otras tecnologías para generación de energía, como la nuclear, las celdas de combustible y el hidrógeno; podrían tomar un papel relevante en el desacoplamiento de las emisiones de GEI respecto del crecimiento económico en México.

## g) Investigación y Desarrollo

Se plantea la realización de los siguientes estudios:

- Diseño de sistemas para utilizar la biomasa en la producción de hidrógeno.
- Evaluación precisa del potencial bioenergético.
- Análisis de la demanda de bioenergéticos por usos finales y de las cadenas productivas asociadas.
- Valoración técnica, económica y socioambiental de la producción y utilización del bioetanol a partir de la caña de azúcar.

## F. TRANSPORTE

El transporte es un sector estratégico del desarrollo para la movilidad de las personas y el abasto de productos. A nivel mundial constituye la segunda fuente de emisiones con el 13.5%, en peso relativo, (igual que la agricultura); mientras que en México representa el 18% de las emisiones de GEI (Gráfico 1.12). El sector transporte presenta uno de los crecimientos más dinámicos de la economía, tanto en las ciudades como en el transporte de carga. Durante la última década el parque vehicular observó un crecimiento promedio anual de 6.4% en tanto que la demanda nacional de gasolinas creció a un ritmo de 3.4% (Gráfico 2.9). Con respecto al diesel, en los próximos años se prevé que el transporte movido con este combustible represente más del 30% de la demanda nacional.

El sector transporte presenta la mayor tasa de crecimiento en la demanda de energéticos respecto de los otros sectores consumidores, así como la mayor dependencia hacia combustibles fósiles. En este rubro, el sector de autotransporte moviliza el 56% de la carga y el 98% del pasaje y el turismo; sin embargo, dispone de un parque vehicular que supera los diez años de vida, lo que implica baja eficiencia, mayor consumo de combustibles y mayores emisiones de CO<sub>2</sub>.

<sup>72</sup> El gas de síntesis se compone principalmente de hidrógeno y monóxido de carbono, y se produce en procesos de gasificación en ausencia de oxígeno, ya sea a bajas temperaturas (pirólisis, termólisis), a alta presión, o a altas temperaturas (plasma).

<sup>73</sup> Ciudad de México, Guadalajara, Puebla, Nezahualcoytl, Tijuana, Ecatepec, Mérida, Acapulco, Ciudad Juárez, y Tlalnepantla.

<sup>74</sup> [www.wheelabratortechnologies.com/WTI/CEP/nbroward.asp](http://www.wheelabratortechnologies.com/WTI/CEP/nbroward.asp).

<sup>75</sup> SENER, 2004b.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

Tabla 2.4 Potencial del aprovechamiento de la bioenergía en México

Recurso Bioenergético	Descripción de la Meta	Meta en especie (litros, número de unidades, etc.)	Meta Energética (PJ)
		2012	Mitigación de Carbono (ktCO <sub>2</sub> ) 2012
Combustibles sólidos (leña y carbón vegetal)	Difusión de estufas eficientes de leña para el sector doméstico	500,000 estufas	45 PJ (2,500)
	Difusión de hornos eficientes para producir carbón vegetal	1,500 hornos	N.D. N.D.
Gasificación	Gasificación de residuos agrícolas/forestales para cogeneración/electricidad	Bagazo de caña 100 MW	8.2 PJ (416)
		Forestales 50MW	3.6 PJ (183)
	Biogás de residuos sólidos urbanos y agroindustrias	Basura en RS 25 MW	0.5 PJ (25)
		Pecuarios excretas: 33 MW (2012)	0.7 PJ (33)
Combustibles Líquidos	Etanol	1,110 millones de litros	24 PJ (1,320)
	Biodiesel	720 millones de litros (5% de biodiesel en 70% del diesel consumido)	22 PJ (1,184)
<b>TOTAL</b>			<b>5.7 MtCO<sub>2</sub></b>

FUENTE: Elaboraciones con base en Masera, 2006.



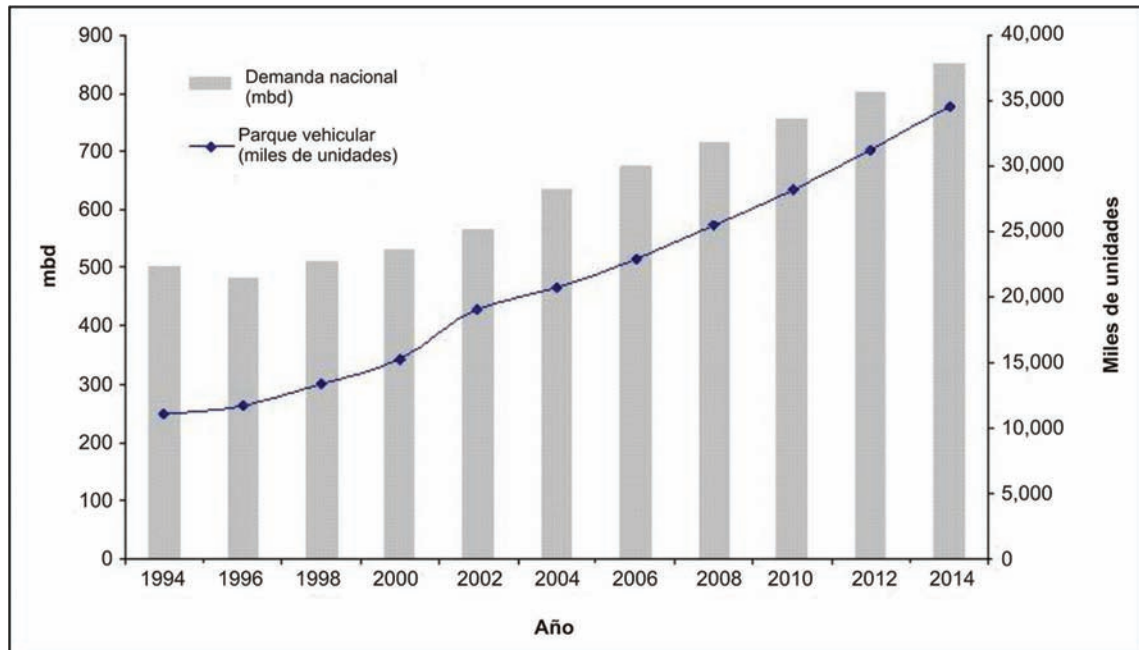
# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Tabla 2.5 Proyectos geotérmicos en etapa de factibilidad de la Cartera del Sector Energía

Central	Capacidad MW	Generación GWh/año
Cerro Prieto V, Baja California	100	813.2
Cerritos Colorados 1ª etapa, Jalisco	26.9	207.1
Cerritos Colorados 2ª etapa, Jalisco	26.9	414.1
Los Humeros II, Puebla	25	207.1
Los Humeros III, Puebla	55.0	207.1
<b>Total</b>	<b>220.0</b>	<b>1,656.3</b>

FUENTE: SENER, 2006a.

Gráfica 2.9 Demanda nacional de gasolinas en miles de barriles diarios [mbd], y crecimiento del parque vehicular a gasolina en miles de unidades, 1994-2014



FUENTE: SENER, 2006b.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

## POTENCIAL DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR AUTOTRANSPORTE.

La renovación de la flota vehicular representa una importante área de oportunidad para reducir emisiones de CO<sub>2</sub>. La primera estrategia de mitigación en este sector consiste en modernizarlo, aprovechando los avances tecnológicos junto con los mecanismos de mercado existentes. Si se adoptan algunas medidas de modernización, ya probadas en otros países, el potencial de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del autotransporte se estima en alrededor de 9 millones de toneladas anuales hacia 2013.

Para lograrlo será necesario:

- Establecer incentivos económicos que promuevan el uso de vehículos más eficientes y la renovación de la flota vehicular.
- Utilizar las compras gubernamentales como un instrumento para propiciar mercados de vehículos más eficientes e inducir su uso.
- Establecer normas y estándares que obliguen a incrementar la eficiencia de los nuevos vehículos y limitar así las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Establecer en todo el país programas periódicos y sistemáticos de inspección y mantenimiento vehicular.
- Establecer límites máximos de velocidad en carreteras.
- Retirar de la circulación los vehículos más contaminantes.
- Mejorar y adaptar la infraestructura carretera para hacer más eficiente el transporte por kilómetro recorrido y por unidad de carga.
- Desarrollar y establecer modalidades de transporte público eficiente desde el punto de vista energético y bajo en intensidad de carbono.

## a) Eliminación del Parque Vehicular Antiguo

Una medida a ser adoptada en el sector autotransporte es la renovación del parque de los camiones de carga y autobuses de motor a diesel, pues la edad de más del 60% de ellos supera los 10 años y su eficiencia energética es muy baja.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN POR LA ELIMINACIÓN DEL PARQUE VEHICULAR ANTIGUO.** Si a partir del 2008 se instrumenta un programa eficaz para retirar los equipos que superan los 10 años de circulación, para el 2013 las emisiones de CO<sub>2</sub> por este concepto habrían disminuido en más de 2 millones de toneladas anuales.

## b) Impulso al Transporte Ferroviario

Desde el punto de vista de consumo energético por kilómetro recorrido y por unidad de carga, el ferrocarril es un medio de transporte más eficiente que el auto transporte. En los últimos 10 años se han instrumentado una serie de acciones para el mejoramiento de la operación ferroviaria que inciden en la reducción de emisiones. Destacan los programas de ampliación de longitud de laderos e incremento de capacidad de carga en la vía general de comunicación ferroviaria, movilizand trenes más largos y con mayores volúmenes de carga, aunado a la disminución del número de viajes sin detrimento del peso que permite la vía general de comunicación. Asimismo, se han instrumentado programas de ahorro de energía y pare y arranque de motores, que permiten un mejor funcionamiento del equipo y utilizarse sólo cuando esté en operación, utilización de combustibles tratados y reforzamiento de programas de mantenimiento del equipo tractivo. Estas acciones han recuperado parte del transporte de carga al pasar de 61.6 millones de toneladas en 1997 a aproximadamente 91.6 millones de toneladas en 2006, con un incremento en la carga por ferrocarril de 48.52% en este periodo<sup>76</sup>. En este sentido, se propone continuar incrementando la participación de este modo de transporte en la movilización de carga, con lo que se lograrían evitar emisiones de CO<sub>2</sub>.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN POR EL IMPULSO AL TRANSPORTE FERROVIARIO.** Si se mejora el desempeño de los ferrocarriles y su cobertura se amplía en un 10%, sería posible evitar 1.5 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> hacia el 2013.

## c) Transporte Público

Se debe de fomentar el uso eficiente del transporte de pasajeros, disminuir el consumo de energía por persona transportada y por kilómetro recorrido. En la medida en que se desarrollen apropiados sistemas de transporte colectivo será posible moderar y reducir la tasa de crecimiento del uso del automóvil particular, con la consecuente disminución en el consumo de combustibles y de emisiones de CO<sub>2</sub>. Estos ahorros serían muy significativos en las grandes urbes, en las que el congestionamiento vial multiplica la ineficiencia en el consumo de combustibles para el desplazamiento de personas. Los sistemas actuales de transporte público deben mantenerse en estado óptimo y además la creación de los nuevos sistemas deberá responder a la demanda de unidades y corredores; proporcionando beneficios diversos para los usuarios como la integración intermodal de tarifas y mayores esquemas de seguridad, entre otras.

<sup>76</sup> Subdirección de Regulación Técnica, SCT.



## Estrategia Nacional de Cambio Climático

Otra opción es la reincorporación de la alternativa tranviaria en ciudades<sup>77</sup>, que es la que mejor se adapta a los paisajes urbanos, respeta a los peatones y contribuye a valorar los centros históricos y comerciales.

### d) Transporte Marítimo y Aéreo

Entre 1990 y 2002, las emisiones del transporte marítimo y aéreo se incrementaron a un ritmo del 2.0 y 3.7% respectivamente. En 2002, las emisiones de estos modos de transporte fueron de 8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e contribuyendo con un 7.5% en las emisiones de este sector, considerando únicamente traslados nacionales de pasajeros y carga. Actualmente existe preocupación en países europeos por el rápido crecimiento de las emisiones debidas a la aviación internacional; sin embargo, aún no se ha adoptado una decisión definitiva en el contexto mundial respecto a la inclusión de estas emisiones en los inventarios nacionales de GEI.

### e) Investigación y Desarrollo

Se plantea la realización de los siguientes estudios:

- Movilidad urbana sustentable en ciudades con alta densidad y demanda por medio de la optimización y expansión de los sistemas de transporte público.
- Identificación de oportunidades y análisis de factibilidad de acciones de mitigación en el transporte marítimo y aéreo.

### 2.1.4 LÍNEAS DE ACCIÓN CLIMÁTICA PARA GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA

Durante los últimos años, México ha invertido importantes esfuerzos para mejorar su desempeño energético y ambiental, pero como las necesidades y perspectivas de crecimiento económico implican un significativo incremento de la generación y uso de energía, si no se toman acciones de mitigación, las emisiones de GEI también se incrementarán. La manera en que ha evolucionado la generación y utilización de energía en México abre áreas de oportunidad para plantear acciones adicionales a las consideradas en las prospectivas oficiales del sector que, además de reducir emisiones de GEI, proporcionarían una matriz energética más sustentable, eficiente y competitiva.

Muchas de estas acciones, para ser económicamente viables, requieren la valoración de las emisiones de carbono que se logra participando en los mercados de carbono, particularmente el MDL, que actualmente constituye el más eficaz instrumento internacional para valorar económicamente e internalizar los costos de las emisiones de GEI, motivando así su mitigación.

La Tabla 2.6 resume las oportunidades generales de mitigación de emisiones que fueron identificadas y cuantificadas por el Centro Mario Molina durante 2006.

La posibilidad de implementar los proyectos aquí descritos, así como la aplicación efectiva de las inversiones, los programas y los cambios tecnológicos planteados en la presente Estrategia requieren recursos considerables que implican una reactivación muy importante de la economía nacional y de cambios urgentes y significativos en las políticas nacionales que hagan posibles las inversiones requeridas.

El alcance de estas medidas dependerá de la magnitud del esfuerzo presupuestal. Las metas específicas pactadas y los recursos necesarios para cumplirlas en tiempo y forma, deberán quedar incluidas explícitamente en el Programa Especial de Cambio Climático.

<sup>77</sup> Actualmente, en el marco de un convenio bilateral de colaboración, México recibe apoyo técnico y logístico de Francia para desarrollar alternativas tranviarias y metodologías MDL aplicables al transporte urbano, especialmente para reintroducir tranvías en ejes viales ciudadanos que intercomunican centros históricos con terminales perimetrales de autobuses.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

**Tabla 2.6 Oportunidades de mitigación de GEI al 2014, reducciones estimadas de emisiones (REE) en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año [MtCO<sub>2</sub>e/año]**

Tipo de actividad	Propuesta	Reducciones estimadas [MtCO <sub>2</sub> e por año]
Normas y programas de CONAE	Continuar la aplicación de las normas de eficiencia energética actuales y desarrollar e instrumentar nuevas normas.	24.0
Ahorro y eficiencia energética del FIDE	Reforzar los programas del FIDE y promover nuevos programas.	3.9
Cogeneración en PEMEX	Instalar plantas de cogeneración en el Sistema Nacional de Refinación y en otras instalaciones de PEMEX.	7.7
Suministro eléctrico centralizado a las plataformas petroleras	Sustituir los equipos locales de generación por una planta de ciclo combinado con capacidad de 115 MW y conexión a plataformas.	1.9
Mejora del desempeño energético en las refinerías	Incrementar la meta de eficiencia energética de PEMEX Refinación en cinco puntos porcentuales.	2.7
Reducción de emisiones fugitivas de metano	Reducir las emisiones fugitivas asociadas a la producción, transporte y distribución de gas natural, así como incrementar la eficiencia de los quemadores de las plataformas petroleras.	2.4
Transmisión y distribución de electricidad	Aumentar en dos puntos porcentuales la eficiencia de líneas de transmisión y distribución.	6.0
Eficiencia térmica de termoeléctricas que utilizan combustóleo	Incrementar en dos puntos porcentuales la eficiencia térmica de plantas termoeléctricas que utilizan combustóleo.	0.7
Conversión a gas natural y repotenciación de las termoeléctricas en el Pacífico, en conjunto con la modernización del Sistema Nacional de Refinación	Esta propuesta requiere de varias acciones simultáneas: liberar la producción de combustóleo y reconfigurarla, instalar una terminal de gasificación de gas natural licuado de importación en las costas del Pacífico, y conectar y convertir las termoeléctricas que utilizan combustóleo con tecnologías de ciclo combinado.	21.0
Cogeneración en la industria nacional	Aprovechar el potencial de cogeneración de la industria cementera, siderúrgica, azucarera y otras.	>25.0
Generación de electricidad con energías renovables	Instalar una capacidad de 7 mil MW para generar 16 mil GWh por año. [No incluye hidroeléctricas El Cajón y La Parota].	8.0
Biocombustibles	Introducción de biocombustibles producidos sustentablemente.	N.D.
Eliminación del parque vehicular antiguo	Reemplazar camiones de carga y autobuses de motor a diesel con más de 10 años de antigüedad a partir del 2008.	2.0
Impulso al transporte ferroviario	Aumentar la cobertura del transporte de carga por ferrocarril en un 10%.	1.5



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## LÍNEAS DE ACCIÓN CLIMÁTICA EN LA GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA

- 1) Establecer estándares de desempeño y líneas base de emisiones de GEI de las principales actividades y fuentes de emisiones en México.
- 2) Contabilizar las emisiones de GEI y plantear proyectos de reducción en las empresas públicas y privadas que utilizan el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) u otros mercados de carbono.
- 3) Realizar una valoración económica de los costos asociados al cambio climático y los beneficios derivados de las acciones para enfrentarlo, siguiendo el modelo del "Informe Stern".
- 4) Establecer incentivos fiscales y financieros para concretar las inversiones en proyectos energéticos sustentables.
- 5) Diseñar e implementar acciones que permitan a PEMEX contar con recursos para mejorar su eficiencia energética con proyectos que reduzcan sus emisiones de GEI al tiempo que incrementen su productividad y mejoren su competitividad.
- 6) Cancelar subsidios al consumo de energéticos o a la producción de energía basada en combustibles fósiles.
- 7) Incorporar a nuevos actores e iniciativas en los programas oficiales de ahorro y uso de la energía, particularmente en programas de eficiencia térmica y de utilización de energía solar.
- 8) Avanzar en la normalización obligatoria y voluntaria de equipos, vehículos, sistemas de generación de energía y de consumo energético en viviendas, edificios e industrias.
- 9) Disminuir la utilización de combustóleo.
- 10) Fomentar la generación de electricidad con fuentes renovables y tecnologías bajas en intensidad de carbono.
- 11) Repotenciar termoeléctricas promoviendo la tecnología de ciclo combinado y promover inversiones que aseguren el suministro de gas natural.
- 12) Facilitar la interconexión de generadores a la red de la CFE.
- 13) Incentivar la participación regulada de la iniciativa privada en la generación de energía con baja intensidad de carbono (particularmente la cogeneración y las energías renovables).
- 14) Fomentar la investigación en tecnologías de menor intensidad energética, en particular en las energías renovables.
- 15) Elevar la meta propuesta de 8% de participación de energías renovables en la generación eléctrica, definida en la iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía.
- 16) Incrementar el rendimiento del parque vehicular, mediante políticas de fomento de adquisición de vehículos con bajas emisiones de GEI.
- 17) Integrar políticas de promoción del transporte público bajo en emisiones de carbono e impulsar el transporte ferroviario.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

## 2.2 VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO

En esta sección se analiza el papel que juegan los ecosistemas primarios y los servicios ambientales en la captura y la conservación de carbono. Se describe la contribución de las actividades involucradas en el uso del suelo, el cambio de uso del suelo, la silvicultura, la agricultura y la ganadería a las emisiones de GEI. Se identifican oportunidades para implementar posibles acciones de mitigación en el manejo y la conservación de los recursos forestales y en las prácticas agropecuarias, durante la presente administración.

### 2.2.1 COBERTURA VEGETAL Y CAMBIO CLIMÁTICO

La vegetación que cubre la superficie de buena parte de las tierras emergidas del planeta constituye el eslabón fundamental del ciclo global del carbono en la biosfera. Durante el proceso de fotosíntesis<sup>78</sup> el CO<sub>2</sub> absorbido por las plantas se transforma en hidratos de carbono, lo que se conoce como *producción primaria bruta* (ppb). Mediante este proceso los ecosistemas terrestres capturan, globalmente, alrededor de 120 mil millones de toneladas de carbono por año, la mitad de dicha cantidad se incorpora a los tejidos vegetales (*producción primaria neta*, ppn), mientras que la otra mitad regresa a la atmósfera por respiración autótrofa. Si se contabilizan todas las demás pérdidas debidas a la respiración heterótrofa (que incluye el proceso de descomposición), fuegos y cosechas, erosión y transporte fluvial a océanos, las estimaciones de la capacidad global anual neta de captura de la biosfera (*producción neta del bioma*, pnb)<sup>79</sup> muestran, para la década de los años 80 una pnb anual de 200 millones de toneladas de carbono [734 MtCO<sub>2</sub>] y para la década de los años 90 una pnb anual de 1 mil 400 millones de toneladas de carbono [5,138 MtCO<sub>2</sub>]. Es decir, durante las últimas dos décadas del siglo XX, la capacidad de captura neta de la biosfera se estimó en un rango de entre 750 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y 5 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por año, apenas suficiente para compensar entre 1.8% y 12.5% de las emisiones humanas anuales (o un año de emisiones de Canadá, si se toma en cuenta el valor menor, o de China o la Unión Europea, si se toma en cuenta el valor mayor, [Tabla 1.2](#)).

Se estima que los bosques y las selvas del planeta mantienen almacenadas alrededor de 280 mil millones de toneladas de carbono en la biomasa arbórea<sup>80</sup>. Las raíces de las plantas también son sumideros de carbono ([Gráfico 2.10](#)), al igual que los suelos, ya que una gran parte de la biomasa muerta se incorpora a ellos como materia orgánica.

Dada la importancia de la fotosíntesis como el principal proceso natural que transforma el CO<sub>2</sub> atmosférico en el carbono orgánico que integra la biomasa, un lineamiento fundamental de acción climática consistiría en conservar e incrementar las capacidades de almacenamiento de carbono de la cobertura vegetal y los suelos, lo que podría asegurar la integridad de los ecosistemas primarios así como ampliar la superficie de producción primaria bruta, por ejemplo mediante la reforestación<sup>81</sup>. Actualmente, por el contrario, las presiones antrópicas deforestan, desertifican y degradan tierras. Este lineamiento abre cauce al establecimiento y al desarrollo de sinergias entre los objetivos fundamentales de las Convenciones internacionales sobre Biodiversidad, Combate a la Desertificación y Cambio Climático. En este contexto, todos los sectores involucrados en el uso del suelo y el cambio de uso del suelo deben formular políticas transversales de mitigación.

Los ecosistemas forestales en buen estado de conservación constituyen reservorios netos de carbono, porque mantienen en los tejidos vegetales y en los suelos grandes cantidades de este elemento<sup>82</sup>. Si estos sistemas se perturban o se transforman por el cambio de uso del suelo, sobre todo cuando ello implica procesos de erosión y deforestación, se vuelven fuentes de emisión importantes. Los bosques y selvas, así como las plantaciones dendro-energéticas<sup>83</sup>, proporcionan fuentes de energía renovable, como leña o carbón vegetal, con lo que contribuyen a sustituir el uso de combustibles fósiles y a reducir emisiones, por lo que se les denomina fuentes de carbono neutro. Por su parte, los aprovechamientos forestales sustentables también favorecen la conservación indefinida de carbono al producir madera para la industria mobiliaria y de la construcción, y al fomentar la persistencia de recursos forestales.

Además de almacenar y capturar carbono, los ecosistemas forestales brindan servicios ambientales como: captu-

<sup>78</sup> La fotosíntesis es el proceso orgánico mediante el cual las plantas verdes atrapan químicamente parte de la energía lumínica solar y, con bióxido de carbono atmosférico, agua y sustancias nutritivas del sustrato en el que habitan, se alimentan y construyen su biomasa (las moléculas orgánicas que constituyen la base trófica de la mayoría de los organismos vivos).

<sup>79</sup> Jaramillo, 2004.

<sup>80</sup> FAO, 2005.

<sup>81</sup> Chapela, 2004.

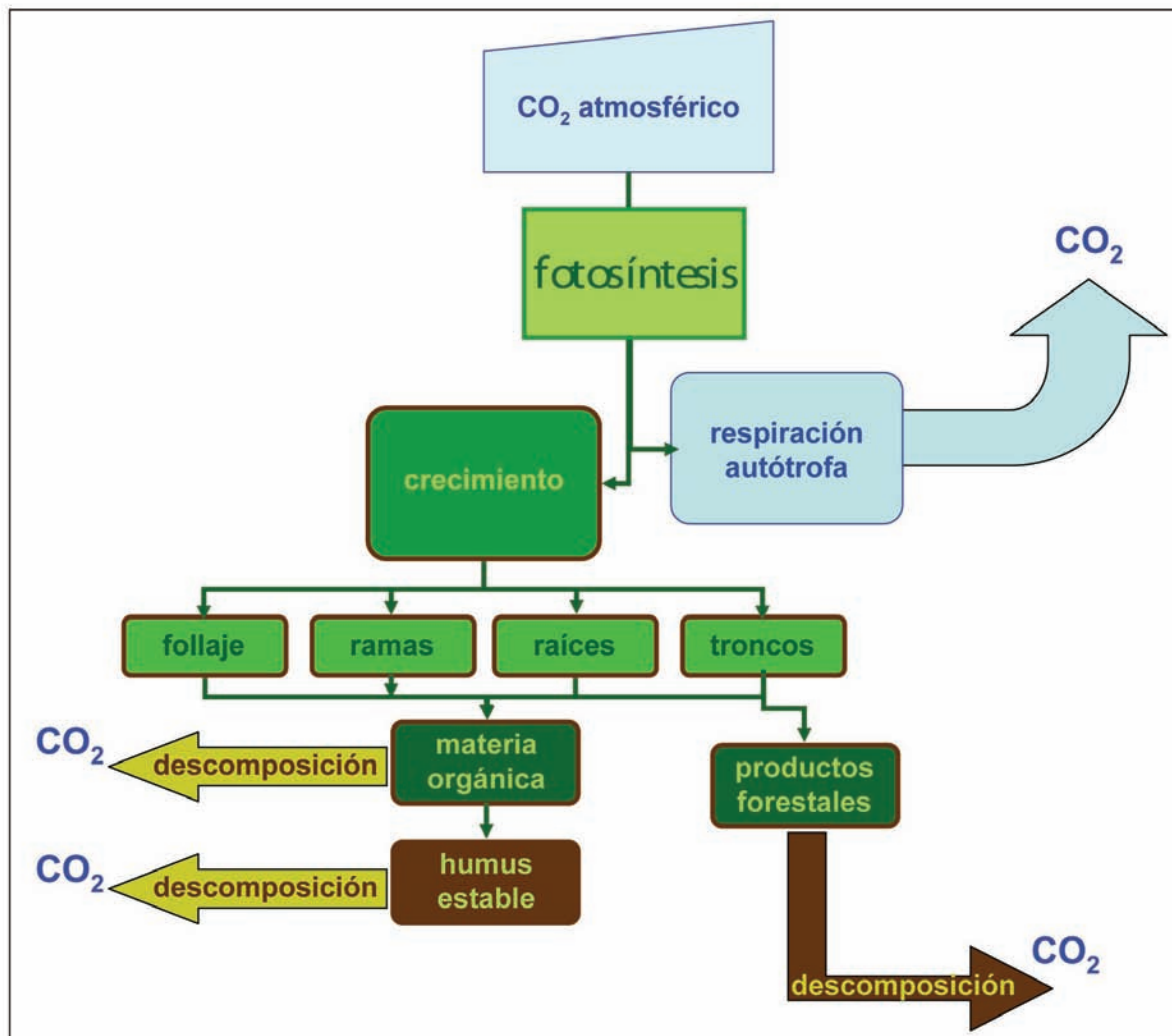
<sup>82</sup> Jaramillo, 2004.

<sup>83</sup> Por dendroenergía se entiende la energía que puede obtenerse de especies de interés forestal.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Gráfico 2.10 Esquema del flujo de carbono en un ecosistema forestal



FUENTE: Ordóñez y Masera, 2001.

ra, almacenaje y provisión de agua en cantidad suficiente y calidad adecuada; renovación y mantenimiento de suelos productivos; aseguramiento de la viabilidad de poblaciones de especies polinizadoras o depredadoras de plagas de cultivos; mantenimiento del clima regional; amortiguamiento ante los impactos de eventos hidrometeorológicos extremos y producción bioenergética.

Los recursos bioenergéticos en México se estiman entre 3,035 y 4,550 PJ/año, lo que representa del 54% al 81% de la oferta interna bruta de energía primaria y 10 veces su uso actual. Entre el 27% y el 54% de este potencial proviene de combustibles de madera, el 26% de agro-combusti-

bles y el 0.6% de biogás producto del manejo de residuos sólidos urbanos. Este gran potencial bioenergético se puede obtener mediante la generación de combustibles leñosos como subproducto del manejo de bosques naturales o a partir del establecimiento de 11.3 millones de hectáreas de plantaciones energéticas.

La provisión de servicios ambientales depende de la capacidad de regeneración de los ecosistemas, lo que a su vez depende de su estado de conservación y del mantenimiento de complejas interacciones biológicas, químicas y físicas, que actualmente se encuentran amenazadas por el incesante incremento en la demanda de materias pri-



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

mas y bienes a costa del capital natural<sup>84</sup> (Gráfico 2.11). La tala clandestina, el aprovechamiento no sustentable y la conversión de ecosistemas forestales para destinarlos a la agricultura, la ganadería o al establecimiento de asentamientos humanos, fragmentan ecosistemas, comunidades y poblaciones silvestres reduciendo la oferta de servicios ambientales además de liberar CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Es urgente frenar las presiones antrópogénicas sobre los sistemas naturales y replantear las políticas públicas para asegurar la continuidad de los ecosistemas en un estado óptimo de conservación, productividad y funcionalidad ecológica<sup>85</sup>. Evitar la deforestación, sobre todo de ecosistemas primarios y fomentar el establecimiento de plantaciones y zonas de reforestación, constituyen acciones de la mayor relevancia para disminuir emisiones de GEI y mantener zonas de amortiguamiento ante los impactos adversos previsibles del cambio climático.

## 2.2.2 CONTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES VINCULADAS CON USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO, SILVICULTURA, AGRICULTURA Y GANADERÍA A LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y TIPOS DE MITIGACIÓN

La más reciente actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero<sup>86</sup> (INEGEI), que incluye datos hasta 2002 y considera las subcategorías definidas por el IPCC (Tabla 2.7), indica que la contribución a las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de actividades involucradas con el uso del suelo, el cambio de uso del suelo y la silvicultura (USCUSS) ascendió a 89 millones 854 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e para 2002, es decir 14% del total de emisiones de México en este año (Gráfico 1.12). La mayor parte de ellas (86.877 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e) provienen de la combustión y la descomposición de biomasa aérea resultante de la conversión de ecosistemas forestales a otros usos y de bosques bajo algún sistema de manejo. En sentido contrario, destaca la capacidad anual de captura de 12.883 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e debida a la regeneración natural de la vegetación en tierras agrícolas y ganaderas abandonadas o en descanso.

Las actividades agrícolas y ganaderas contribuyen con emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). De las

subcategorías definidas por tipo de actividad para el sector agropecuario por el IPCC (Tabla 2.8) destacan las emisiones del cultivo de arroz (subcategoría 4C) y del manejo de suelos agrícolas (subcategoría 4D), así como de la fermentación entérica (subcategoría 4A) y el manejo de estiércol (subcategoría 4B). Las emisiones estimadas por el INEGEI para 2002 ascienden a 46 millones 146 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e (Tabla 2.9), lo que corresponde al 7% de las emisiones de ese año (Gráfico 1.12).

Las emisiones del sector agropecuario disminuyeron en un 2.7% en el periodo 1990-2002, al pasar de 47.428 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e en 1990 a 46.146 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e en 2002, debido a un relativo estancamiento en el crecimiento del sector, acompañado de un incremento en las importaciones de granos (entre ellos, arroz), lo que redujo las emisiones de metano aunque incrementó levemente las de óxido nitroso (Tabla 2.9).

A partir de 2005, el éxito de proyectos de reducción de emisiones en la categoría 4B, en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), está modificando las técnicas tradicionales de manejo de estiércol a favor de prácticas más limpias que evitan emisiones de CH<sub>4</sub> transformándolas en emisiones de CO<sub>2</sub>, de modo que su impacto ambiental neto disminuye<sup>87</sup>. A partir de las propuestas del IPCC y para reducir las emisiones de GEI de las actividades USCUSS, agrícolas y pecuarias, México ha implementado desde 1996 tres tipos de acciones de mitigación (directas e indirectas), a saber:

- Conservación de carbono fijado en la vegetación natural y en los suelos;
- Captura de carbono en los tejidos vegetales de ecosistemas, plantaciones y áreas reforestadas en crecimiento, así como de suelos en formación y en restauración; y
- Sustitución de carbono mediante el uso de madera en lugar de otros materiales y la utilización de la biomasa como combustible para desplazar o reducir el uso de combustibles fósiles.

La agenda de transversalidad de las políticas públicas que la SEMARNAT establece con otras dependencias de la Administración Pública Federal busca desarrollar estas acciones en sus respectivos ámbitos de competencia. A continuación se describen las oportunidades para la implementación de acciones de mitigación en los bosques, la agricultura y la ganadería nacional.

<sup>84</sup> Millenium Ecosystems Assessment, 2005.

<sup>85</sup> Primer objetivo de cinco de la Estrategia Ambiental 2020 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

<sup>86</sup> INE, 2006b.

<sup>87</sup> Debido a que el metano es un GEI con una potencia 21 veces la del bióxido de carbono.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Gráfico 2.11 Bienestar humano y servicios ambientales



FUENTE: Millenium Ecosystems Assessment, 2005



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

**Tabla 2.7 Subcategorías definidas por el IPCC para la categoría USCUS**

Subcategoría por tipo de cambio	Subcategoría por tipo de ecosistema
5A. Cambios en existencia (inventario) de bosques y otra biomasa leñosa	5A1. Bosques tropicales 5A2. Bosques templados 5A3. Bosques boreales 5A4. Pastizales, sabana tropical y tundra 5A5. Otros
5B. Cambio de uso del suelo	5B1. Bosques tropicales 5B2. Bosques templados 5B3. Bosques boreales 5B4. Pastizales, sabana tropical y tundra 5B5. Otros
5C. Captura por abandono de tierras	5C1. Bosques tropicales 5C2. Bosques templados 5C3. Bosques boreales 5C4. Pastizales, sabana tropical y tundra 5C5. Otros
5D. Emisiones y captura de CO <sub>2</sub> del suelo	

FUENTE: INE, 2006a.

**Tabla 2.8 Subcategorías definidas por el IPCC para el sector agropecuario**

Subcategoría por tipo de actividad	Subcategoría por tipo de crianza o cultivo
4A. Fermentación entérica	Se subdivide en 10 clases de animales
4B. Manejo de estiércol	Se subdivide en 10 clases de animales
4C. Cultivo de arroz	4C1. Cultivo irrigado
4C2. Cultivo de temporal	
4C3. Cultivo en pantanos	
4D. Suelos agrícolas	
4E. Quemas programadas de suelos	
4F. Quemas <i>in situ</i> de residuos agrícolas	

FUENTE: INE, 2006a.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Tabla 2.9 Emisiones de metano y óxido nítrico del sector agropecuario [MtCO<sub>2</sub>e] 1990-2002

Emisiones	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
CH <sub>4</sub>	40.313	39.403	38.699	37.156	37.988	37.712	38.682
	85%	86%	85%	84%	84%	83%	84%
N <sub>2</sub> O	7.115	6.646	6.805	6.921	7.456	7.815	7.464
	15%	14%	15%	16%	16%	17%	16%
<b>Total</b>	<b>47.428</b>	<b>46.049</b>	<b>45.504</b>	<b>44.077</b>	<b>45.445</b>	<b>45.527</b>	<b>46.146</b>

FUENTE: INE, 2006a.

## 2.2.3. OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN EN VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO

### A. BOSQUES

México tiene alrededor de 64 millones de hectáreas de bosques y selvas<sup>88</sup>, lo que equivale a poco más del 30% del territorio nacional continental. De ellas, el 80% son propiedad ejidal o comunal, el 15% propiedad privada y el 5% propiedad federal.

La mayor parte de los procesos que causan liberación a gran escala de bióxido de carbono a la atmósfera, tienen que ver con el cambio de uso del suelo. La fuente más importante de emisiones es la práctica de la roza, tumba y quema en ecosistemas primarios, seguida de los incendios forestales (la gran mayoría antropogénicos), la extracción de leña y el deterioro de los suelos.

En 2005 México reportó a la FAO que la deforestación neta promedio anual en el periodo 1990 – 2000, fue de 348 mil hectáreas, lo que significa una tasa de 0.5% anual. Para el periodo 2000 - 2005 se estimó una deforestación neta promedio anual de 260 mil ha (0.4%)<sup>89</sup>. Al contabilizar únicamente la vegetación arbolada primaria o madura, que es la que más carbono almacena en sus tejidos, el país sigue perdiendo al año una superficie de aproximadamente 400 mil hectáreas (la cifra reportada por México a la FAO es de 395 mil hectáreas al año, mientras la cifra calculada a partir de la cartografía de vegetación y uso del suelo del INEGI, series II y III, es de 405 mil hectáreas al año)<sup>90</sup>. La mayor parte de esta pérdida involucra las selvas húmedas y los bosques mesófilos, ecosistemas cuyo almacenamiento de carbono es especialmente alto. Lo anterior resalta la necesidad de centrar la atención en el combate a la deforestación de los

ecosistemas forestales primarios y hacer mayores esfuerzos en las selvas del trópico húmedo y los bosques mesófilos de montaña.

En relación con los potenciales de almacenaje o captura de carbono que se indican, para algunos de los instrumentos citados a continuación es preciso tomar en cuenta que las cifras no pueden sumarse directamente para dar lugar a una cifra total, pues en muchos casos dos o más instrumentos se sobreponen territorialmente en su aplicación, lo que los hace complementarios pero no aditivos. Debe también tomarse en cuenta que muchos programas, en especial los de apoyo al sector forestal, se instrumentan previa solicitud de los poseedores y dueños de las tierras, lo que limita la posibilidad de una aplicación dirigida para concentrar esfuerzos en las zonas de mayor interés.

### a) Conservación de Carbono

#### Desarrollo Forestal Sustentable

El manejo forestal sustentable (MFS) de los bosques y selvas nativos es reconocido como la mejor opción<sup>91</sup> para que el sector contribuya a los esfuerzos de mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub>. Diversos programas e instrumentos que fomentan o involucran acciones directas e indirectas de manejo y conservación de la cobertura forestal y que, por consiguiente, contribuyen a la conservación del carbono secuestrado en bosques, se enlistan a continuación.

*Programa Estratégico Forestal 2025.* El Programa Estratégico Forestal (PEF) promueve el desarrollo y el establecimiento de prácticas de MFS que protege las capacidades de renovación de biomasa y la oferta de servicios ambientales de bosques y selvas, mediante acciones de conservación, protección, restauración y aprovechamiento

<sup>88</sup> FAO, 2005.

<sup>89</sup> SEMARNAT, 2006a.

<sup>90</sup> SEMARNAT, 2006a.

<sup>91</sup> Masera y Sheltnbaum, 2004.





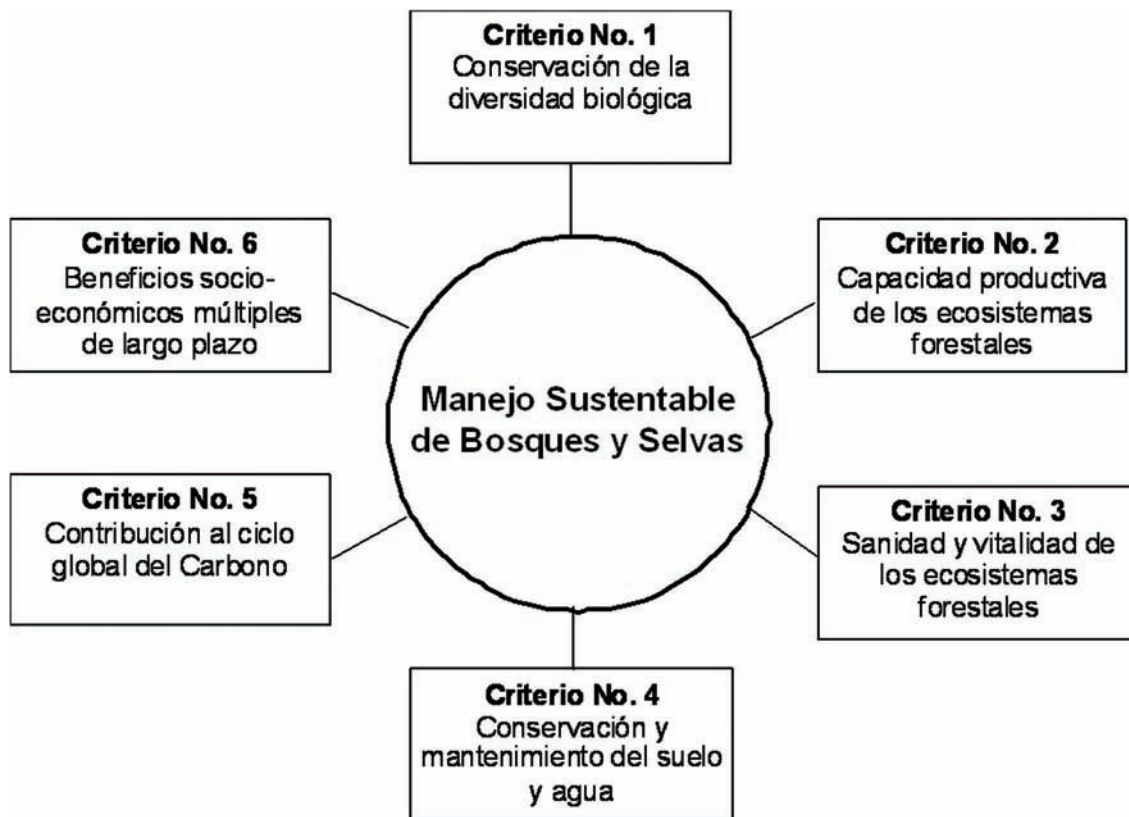
# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

sustentable<sup>92</sup>; conforme a los lineamientos del «Proceso de Montreal»<sup>93</sup> (Gráfico 2.12).

*Programa de Desarrollo Forestal.* Iniciado en 1997, el PRODEFOR actualmente constituye un componente del ProÁrbol, programa rector de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) durante la presente administración, que tiene como objetivo fomentar el MFS, para lo cual ha otorgado apoyos a la productividad y al buen manejo de los

ecosistemas forestales (Gráfico 2.13). Entre 1997 y 2000 el PRODEFOR incorporó una superficie de 3 millones de hectáreas de bosques y selvas y, entre 2001 y 2006, apoyó a 9.2 millones de hectáreas —de entre las 55.3 millones que reúnen condiciones apropiadas para su incorporación al programa—. El programa fomenta alrededor de 350 proyectos de ecoturismo forestal que coadyuvan a la conservación del ambiente, la biodiversidad y al mantenimiento de carbono en bosques.

Gráfico 2.12 Criterios del Proceso de Montreal para el Manejo Forestal Sustentable (MFS)



FUENTE: [http://www.mpci.org/home\\_s.html](http://www.mpci.org/home_s.html)

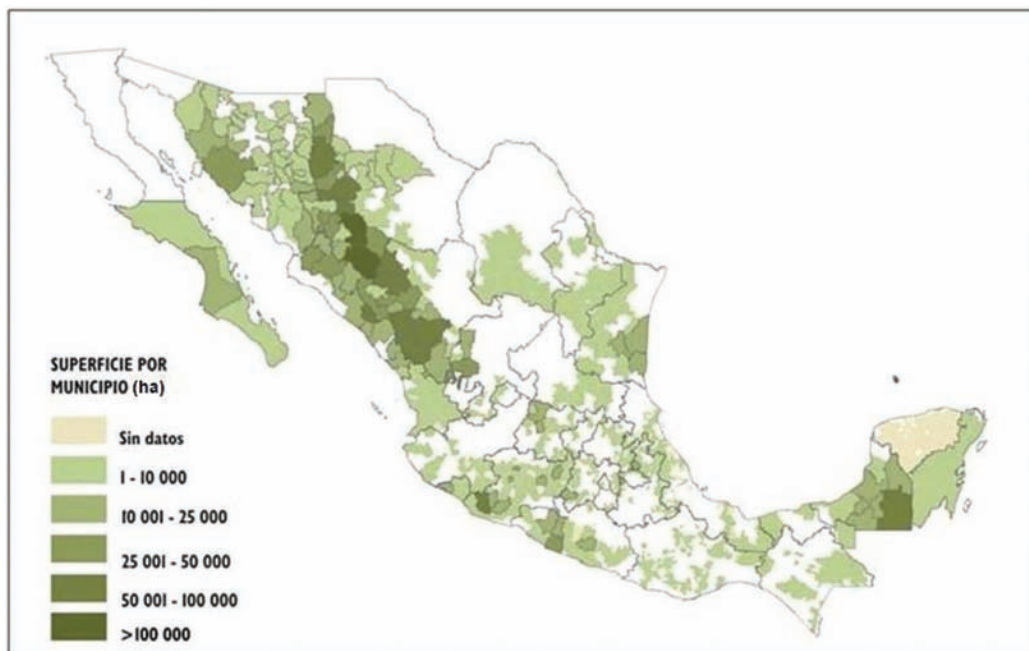
<sup>92</sup> CONAFOR, 2005.

<sup>93</sup> El Proceso de Montreal deriva de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), celebrada en Río de Janeiro en 1992. Inició sus trabajos en junio 1994 en Ginebra con la primera reunión del Grupo de Trabajo sobre Criterios e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales. Forman parte de él 12 países: Argentina, Australia, Canadá, Chile, China, Japón, República de Corea, México, Nueva Zelanda, Federación Rusa, Estados Unidos de América y Uruguay.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Gráfico 2.13 Cobertura del PRODEFOR por municipio



FUENTE: SEMARNAT, 2006b.

**POTENCIAL DE CONSERVACIÓN DE CARBONO DEL PRODEFOR.** Con el incremento de presupuesto asignado a la CONAFOR en esta administración, es posible ampliar la superficie bajo MFS mediante el Programa de Desarrollo Forestal del ProÁrbol en alrededor de 2.6 millones de hectáreas al año.

Si dicha superficie se añade cada año durante el sexenio 2007-2012 y la distribución eco-regional es similar a la de la administración 2001-2006 —aproximadamente 53% en bosques templados, 22% en selvas tropicales y 24% en matorrales xerófilos—; para 2012 se estima posible sumar 15.6 millones de hectáreas al MFS, a los 9.2 millones de hectáreas incorporadas durante 2001-2006<sup>94</sup>. Con esto se lograría la conservación de bancos de carbono en estos ecosistemas por un monto de entre 6 mil millones y 12 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e en 2012<sup>95</sup>.

Si hacia el horizonte 2020 se mantiene el mismo esfuerzo, podría incorporarse una superficie adicional de 16 millones de hectáreas de ecosistemas al MFS, con lo que se podría conservar bancos de carbono por entre 18 mil millones y 40 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e para ese año.

*Programa de Manejo Sustentable de Ecosistemas de Montaña.* Los ecosistemas de montaña son fundamentales en la conservación de los recursos forestales del país y en la provisión de una amplia gama de servicios ambientales. Las montañas y serranías de México cubren alrededor del 75% del territorio nacional continental, y los bosques que se encuentran en estas zonas figuran entre los ecosistemas más importantes para la conservación de carbono.

A cargo de la CONAFOR, este programa promovió entre 2002 y 2006 la creación de sistemas de ordenamiento y aprovechamiento forestal sustentable en ecosistemas de montaña, a fin de proteger su biodiversidad y la integridad de sus servicios ambientales. Hasta fines de 2006 se habían integrado estos programas de manejo en 54 montañas de las 60 prioritarias de México, durante 2007 se espera incorporar a las 6 montañas restantes.

*Gestión forestal comunitaria.* La CONAFOR fomenta la silvicultura comunitaria a fin de poner al alcance de los propietarios de superficies forestales medios de implementación de prácticas MFS, que les permitan mejorar su calidad de vida con ingresos adicionales y romper el círculo vicioso entre pobreza y degradación ambiental. Actualmente, la CONAFOR opera dos programas de gestión en el marco del ProÁrbol:

<sup>94</sup> CONAFOR. 2006.

<sup>95</sup> Cifras calculadas con base en proyecciones de las superficies relativas de los distintos tipos de vegetación (tropical, templada y árida/semiárida) por incorporarse al programa entre 2007 y 2012, con base en la distribución ecorregional relativa de este instrumento durante 2001-2006, y de acuerdo con el carbono capturado en el suelo y la vegetación (Ordóñez, *en prep*).



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

1. Programa de Ordenamiento y Fortalecimiento a la Autogestión Silvícola (PROFAS). Creado en octubre de 2004, fomenta proyectos de silvicultura comunitaria sustentable en zonas prioritarias que se integran en unidades de manejo forestal. Hasta diciembre de 2005 había apoyado a 677 mil productores para aprovechar sustentablemente sus recursos forestales y proteger la integridad de los ecosistemas y sus servicios ambientales; entre éstos la captura y el secuestro de carbono.
2. Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales (PROCYMAF). Iniciado en 1997, promueve la explotación sustentable de los recursos forestales por parte de comunidades indígenas y campesinas. Apoya el desarrollo de capacidades técnicas para fortalecer la silvicultura comunitaria y el manejo sustentable de sus recursos maderables y no maderables. Durante su primera fase, entre 1998 y 2000, el PROCYMAF apoyó 69 programas de manejo forestal, instrumentados en alrededor de 166 mil hectáreas. Entre 2001 y 2003 apoyó otros 51 nuevos programas, incorporando 105 mil hectáreas más con manejo forestal mejorado. Estos proyectos fueron instrumentados en comunidades y ejidos de los estados de Oaxaca, Guerrero y Michoacán. A partir de 2004 inició PROCYMAF II, que incluyó proyectos en comunidades forestales de Durango, Jalisco y Quintana Roo. Para 2007 el PROCYMAF II apoyará a 300 ejidos y comunidades ([Gráfico 2.14](#)).

*Detección y Prevención de Incendios Forestales.* Los incendios forestales afectan amplias superficies arboladas, de pastizal y matorral, con lo que contribuyen significativamente a las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, además de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>. Los incendios forestales son la tercera entre las más importantes causas de deforestación en México. La mayoría de ellos son de origen antrópico y están relacionados con prácticas tradicionales de uso del fuego durante la preparación de terrenos agrícolas y ganaderos. Es el caso de la «roza, tumba y quema» empleada sobre todo en zonas de bosques y selvas del sureste del país, que afecta alrededor de 195 mil hectáreas por año. A esta situación se suma la práctica de «limpia» de parcelas de caña de azúcar, trigo, cebada, arroz y nopal (entre otros cultivos) y la quema de potreros para estimular el rebrote de pastizales.

Una zona forestal incendiada pocas veces se recupera para el mismo fin, ya que en muchas ocasiones se quema para cambiar el uso del suelo con fines agropecuarios o para el establecimiento de asentamientos humanos. El número de incendios y la superficie siniestrada se incrementan en los años de sequías más intensas, como las provocadas por El Niño en 1988 y 1998 ([Gráfico 2.15](#)). Una de las más importantes acciones para la conservación

de carbono en el sector forestal consiste en el desarrollo de capacidades de prevención y respuesta ante incendios.

Una de las metas de ProÁrbol para 2007 es mantener en 27 hectáreas la afectación promedio quemada por incendio, lo que constituye una mejora, dado que entre 1981 y 1990 la afectación promedio era de 35 hectáreas, y de 29 hectáreas entre 1991 y 2000<sup>96</sup>. Las capacidades desarrolladas para prevenir, detectar y combatir los incendios forestales este año conducirán a mejorar la velocidad y la eficacia de respuesta ante los incendios forestales.

Si, además de lo anterior, durante la presente administración se asegura el cabal cumplimiento de la NOM-015<sup>97</sup> en materia de uso y manejo del fuego para actividades agropecuarias y forestales, y se formulan e implementan programas anuales de quemas controladas en zonas expuestas a alto riesgo de incendios, se contribuirá de manera importante a la conservación de carbono en los ecosistemas forestales del país.

*Pago por Servicios Ambientales Forestales.* El PEF 2025 propone desarrollar mercados de servicios ambientales para valorar bienes comunes tradicionalmente considerados como gratuitos, pero que en realidad tienen un valor económico porque aseguran el suministro de productos y servicios indispensables para la economía y el desarrollo humanos, como agua en cantidad y calidad adecuadas, aire limpio, suelos productivos, alimentos, etcétera ([Gráfico 2.16](#)).

*Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos.* Instrumentado por la CONAFOR a partir de 2003, el PSAH actualmente es un componente del Programa ProÁrbol diseñado para valorar económicamente el servicio ambiental de captación y conservación del agua. A poseedores de áreas forestales en porciones importantes de cuencas hidrográficas se les paga una cantidad anual para que conserven la integridad de estos ecosistemas y contribuyan a la renovación del recurso hídrico. Indirectamente, también asegura la conservación de carbono en los ecosistemas forestales atendidos. En 2003, con un presupuesto de 200 millones de pesos, se incorporaron 122,877 hectáreas al programa. Durante 2004 el presupuesto pasó a 300 millones de pesos con lo que se incorporaron otras 182,322 hectáreas de bosques y selvas, beneficiando a más de 400 propietarios. Al concluir 2005 el PSAH tenía comprometidos apoyos por más de 737 millones de pesos a distribuir durante el período 2003-2009, pagaderos previa verificación de los predios y destinados a una superficie de poco más de 470 mil hectáreas de bosques y selvas en buen estado de conservación. En 2006 se incorporaron 127,016 hectáreas, con lo que la superficie acumulada es de 607,105 hectáreas ([Gráfico 2.17](#)).

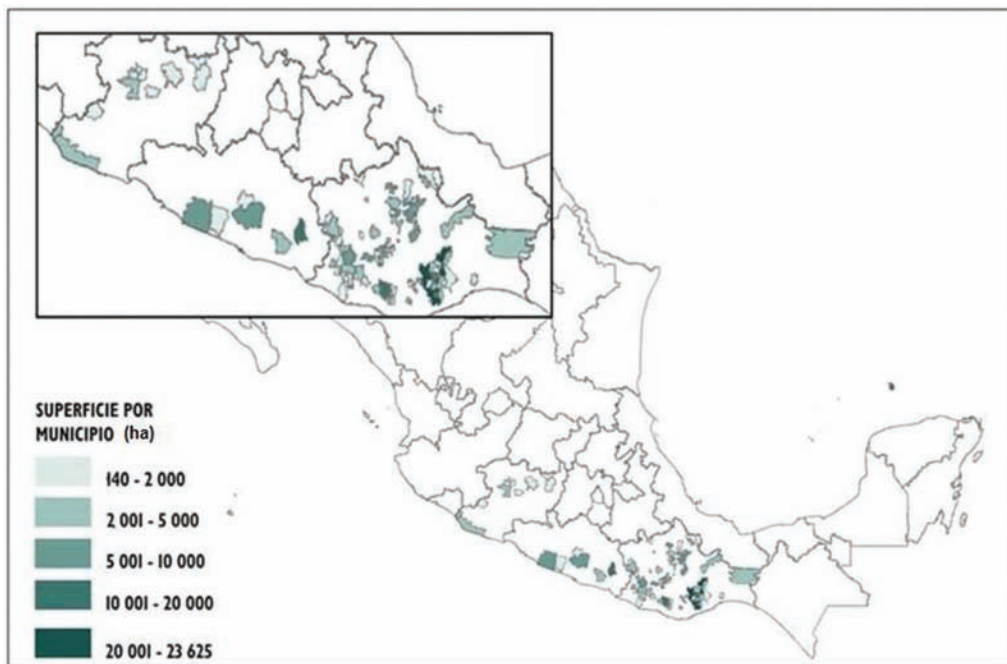
<sup>96</sup> CONAFOR, 2006.

<sup>97</sup> En 1998 fue expedida la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT-SAGARPA-1997, que regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios a través de quemas controladas para reducir el riesgo de incendios proponiendo como opción la roza-tumba y pica.



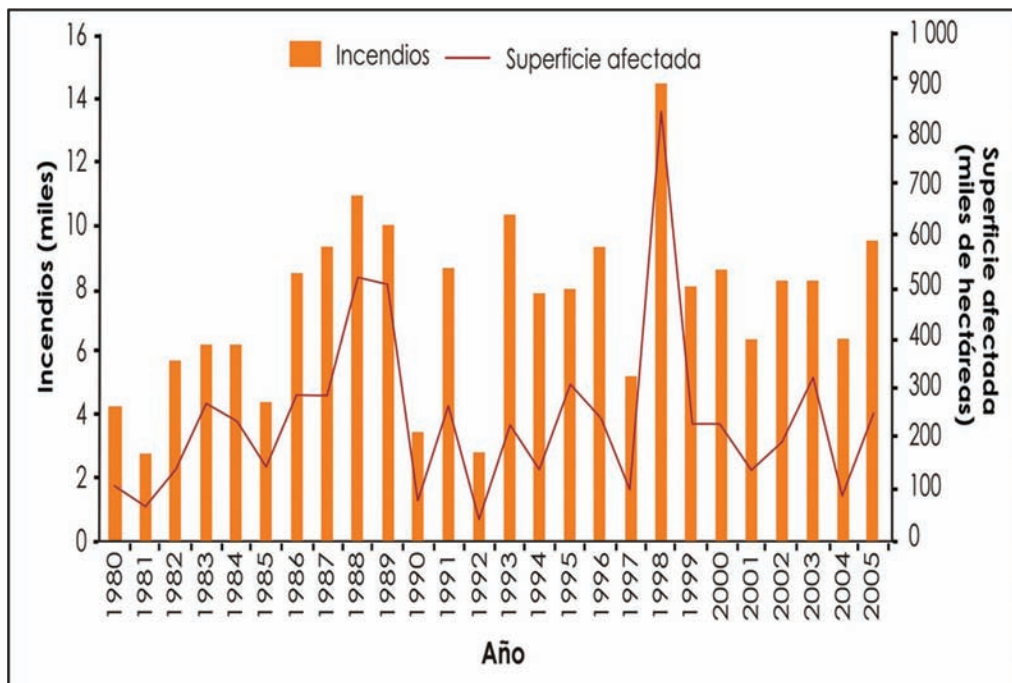
# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Gráfico 2.14 Cobertura del PROCYMAF



FUENTE: SEMARNAT, 2006b.

Gráfico 2.15 Incendios forestales y superficie afectada 1980-2005

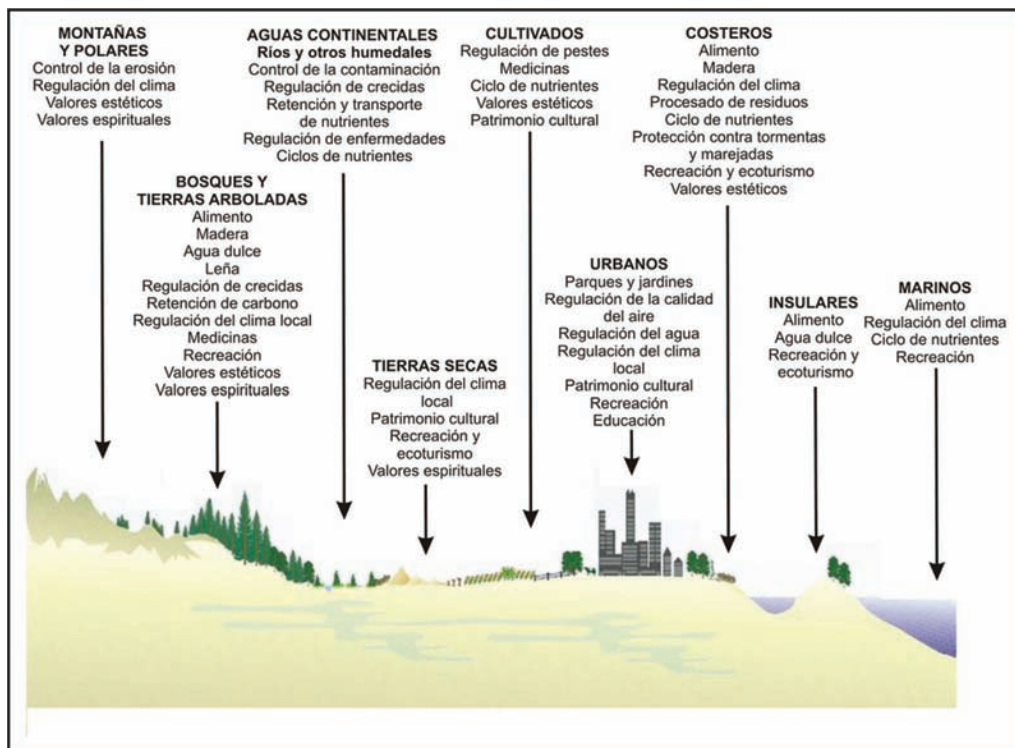


FUENTE: SEMARNAT, 2006a.



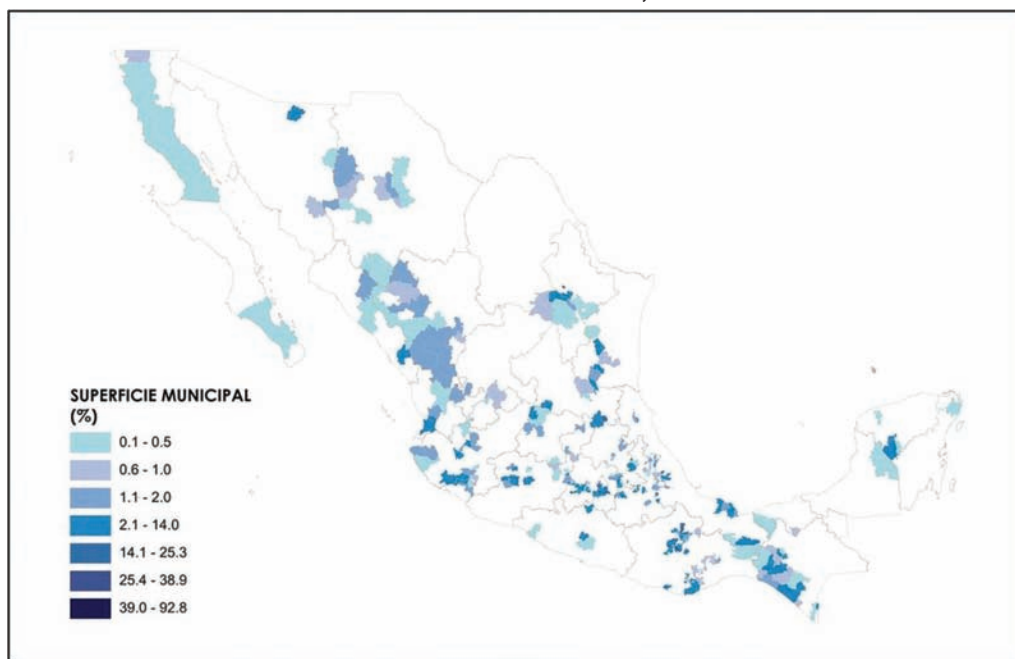
# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

Gráfico 2.16 Algunos servicios ambientales de diversos tipos de ecosistemas



FUENTE: Millenium Ecosystems Assessment, 2005.

Gráfico 2.17 Cobertura del PSAH, 2003-2005



FUENTE: SEMARNAT, 2006a.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Durante 2005 y 2006 el INE apoyó la extensión del PSAH con seis gobiernos estatales y 42 gobiernos municipales, mediante asesorías para la implementación de esquemas propios de pago por el servicio ambiental de captación de agua.

**POTENCIAL DE CONSERVACIÓN DE CARBONO DEL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS.** Una meta del ProÁrbol para 2007 es incorporar una superficie adicional de 415 mil hectáreas al pago por servicios ambientales operado por la CONAFOR —PSAH y PSA-CABSA (captura de carbono, conservación de la biodiversidad y derivados de sistemas agroforestales). Si en la presente administración se mantiene este esfuerzo de ampliación en la cobertura de estos programas, para 2012 se podría acumular una superficie total de 2.49 millones de hectáreas.

Casi la totalidad de esta superficie será dedicada a conservar los sistemas forestales y agroforestales y los correspondientes bancos de carbono en biomasa vegetal y suelos. Con base en estas cifras, para 2012 es posible conservar entre 1.5 mil millones y 3.1 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e<sup>98</sup>. A este ritmo de ampliación de la cobertura del instrumento, para 2020 sería posible conservar entre 5 mil millones y 8 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e.

*Inspección, Vigilancia y Combate a la Tala Clandestina.* Se estima que la conversión directa de suelo forestal para su uso agropecuario es responsable del 82% de la tasa de deforestación anual en México. La tala ilegal continúa siendo una importante causa de deforestación (se estima responsable del 8% de la tasa anual), y representa cerca de 5 millones de metros cúbicos de madera por año, lo que es muy significativo si se considera que la producción legalmente registrada alcanza un promedio anual de 7 millones de metros cúbicos. La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), con el apoyo de la CONAFOR, concentra buena parte de sus recursos para combatir la tala clandestina, así como la posesión y el tráfico de madera y productos forestales de procedencia ilícita.

## Conservación de Ecosistemas Forestales

*Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.* Una de las más importantes estrategias de conservación de ecosistemas forestales en el país es el SINAP, administrado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

(CONANP). Su principal función consiste en proteger la integridad de los ecosistemas más representativos del territorio nacional, su biodiversidad y sus recursos naturales, lo que contribuye a conservar el carbono almacenado en ellos.

Actualmente existen, bajo distintas modalidades de protección, 159 Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Gráfico 2.18), que cubren una superficie de 22,275,672 hectáreas. El 85% de ellas corresponden a ecosistemas terrestres, principalmente matorrales xerófilos, bosques templados y selvas tropicales; y el 15% a ecosistemas costeros y marinos. Estas 159 ANP cubren el equivalente del 11.34% de la superficie del país<sup>99</sup>.

## POTENCIAL DE CONSERVACIÓN DE CARBONO DEL SINAP.

La CONANP prevé que durante la actual administración la cobertura de ANP avanzará a razón de 500 mil hectáreas anuales. Con ello se estima lograr una superficie total adicional de 3 millones de hectáreas incorporadas al SINAP para 2012. De esta superficie, se estima que alrededor de 1 millón de hectáreas serán de ecosistemas terrestres y el resto de sistemas acuáticos y marinos.

Con base en estas previsiones, es posible conservar entre 500 millones y mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e, almacenadas en la biomasa y los suelos de estas ANP, entre 2007 y 2012.

*Unidades para el Manejo y Aprovechamiento de la Vida Silvestre.* El sistema de UMA inició en 1997 con el propósito de contribuir a hacer compatible el desarrollo de las comunidades rurales con la conservación de hábitats para la vida silvestre y su biodiversidad. Las UMA crean oportunidades de producción complementarias a la agricultura, la ganadería o la silvicultura y son aplicables en todo tipo de régimen de propiedad; generan empleos e ingresos adicionales al ofrecer alternativas de diversificación productiva que valoran económicamente recursos biológicos, particularmente flora y fauna silvestres.

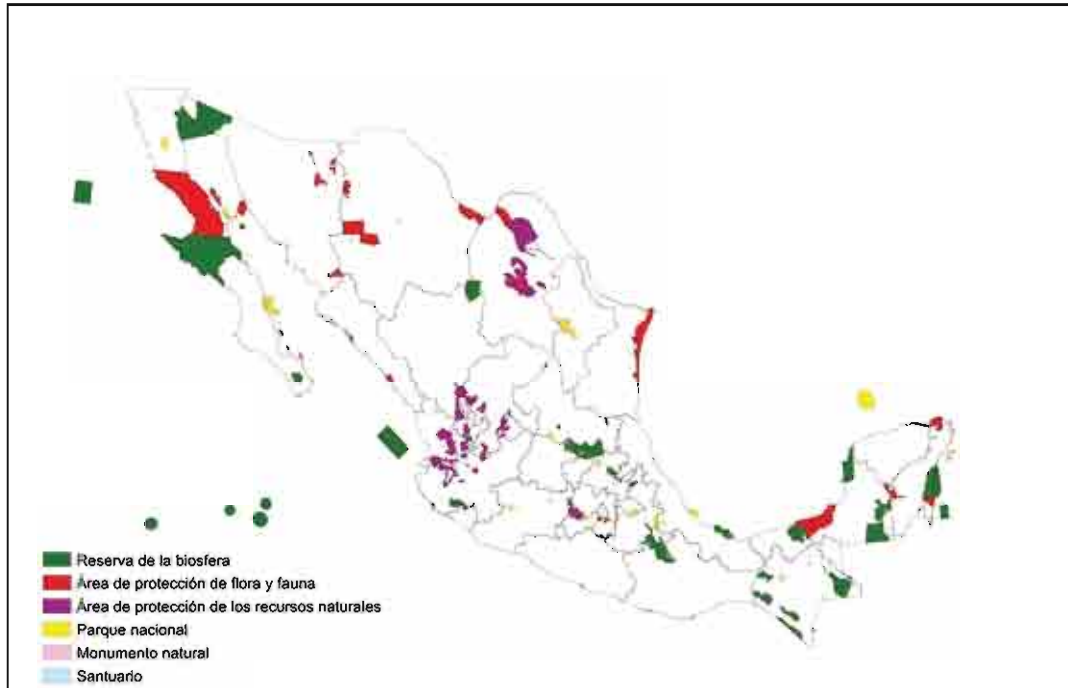
Las UMA constituyen un instrumento de protección de la integridad de los ecosistemas y el uso sustentable de la biodiversidad, pueden ser *extensivas*, cuando las especies criadas se encuentran en libertad dentro de los límites del predio; e *intensivas* cuando los criaderos se manejan bajo condiciones controladas dentro de instalaciones o recintos

<sup>98</sup> Cifras calculadas con base en proyecciones de las superficies relativas de los distintos tipos de vegetación (tropical, templada y árida/semiárida) por incorporarse al programa entre 2007 y 2012, con base en la distribución ecorregional relativa de este instrumento durante 2001-2006 y con el carbono capturado en el suelo y la vegetación (Ordóñez, en *prep*).

<sup>99</sup> CONANP, 2006. <http://www.conanp.gob.mx/anp/anp.php>.

# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

Gráfico 2.18. Áreas Naturales Protegidas en México, 2007.



FUENTE: CONABIO, 2006.

especiales. Actualmente existen 7,523 UMA registradas en una superficie de 26.59 millones de hectáreas, lo que representa poco más del 13.5% de la superficie continental del territorio mexicano.

#### POTENCIAL DE CONSERVACIÓN DE CARBONO DE LAS UMA.

Podrían incorporar por lo menos otros 6 millones de hectáreas de ecosistemas de zonas áridas, tropicales y templadas durante la presente administración. Si a cada una de estas zonas ecológicas corresponden 2 millones de hectáreas, se podría esperar conservar los bancos de carbono almacenado en estos ecosistemas, lo que representaría entre 3 mil millones y 4.25 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e al 2012<sup>100</sup>.

**Corredor Biológico Mesoamericano.** En el CBM participan siete países centroamericanos, y de México cuatro entidades federativas: Campeche, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán (Gráfico 2.19). El Proyecto de CBM en México (CBMM) está coordinado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), con apoyos del Fondo para el Medio

Ambiente (GEF por su siglas en inglés) y del Banco Mundial.

Los corredores biológicos son un instrumento para mitigar la fragmentación de ecosistemas y de poblaciones silvestres al mantener puentes de comunicación entre hábitats contiguos que quedaron aislados como resultado de la ocupación territorial humana. El combate a la fragmentación de ecosistemas es de especial importancia para la conservación de la biodiversidad. La región mesoamericana alberga alrededor del 10% de la biodiversidad conocida en el planeta, pero enfrenta tasas muy altas de perturbación y pérdida de superficie vegetal, por lo que el CBM contribuye a proteger esta biodiversidad, la integridad de los ecosistemas y a mantener los servicios ambientales relacionados con las capacidades de captura y almacenaje de carbono, entre otros.

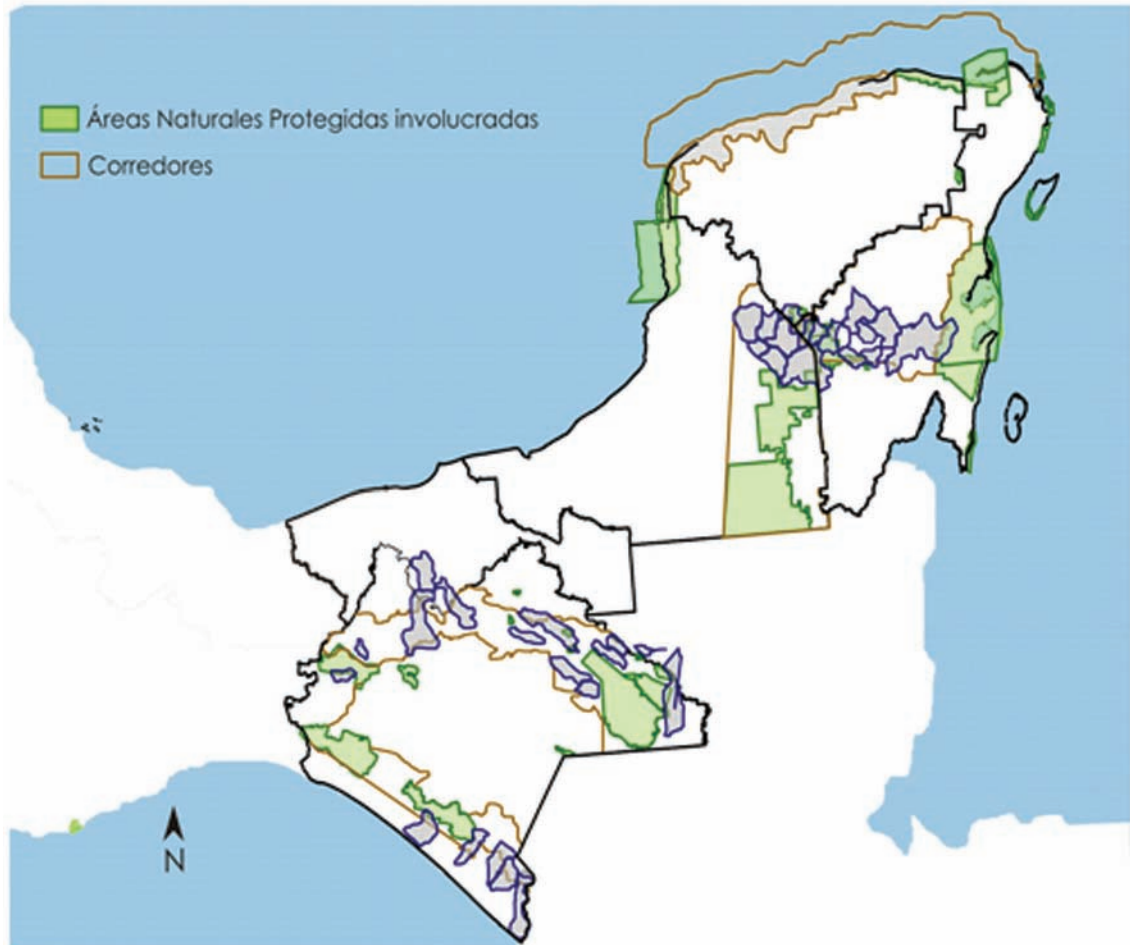
Potencialmente, el CBMM puede convertirse en un eje de integración programática territorial en las zonas atendidas, y así contribuir al desarrollo sustentable en la región. En la actualidad, la cartera de proyectos de conservación, restauración y aprovechamiento sustentable del CBMM,

<sup>100</sup> Cifras calculadas con base en Ordoñez (en prep.)



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Gráfico 2.19 Corredor Biológico Mesoamericano México, CBMM



FUENTE: CONABIO. 2006.

beneficia directamente a comunidades rurales con apoyo técnico y programas de SAGARPA, SEDESOL y SEMARNAT. En 2005 el ejercicio fue de 20.5 millones de pesos y en 2006 la inversión ascendió a 39.6 millones de pesos, derrama que beneficia a 120 comunidades en un área de 1.5 millones de hectáreas, es decir, poco más de 300 mil pesos por comunidad. Además, bajo la coordinación de la SRE, la SEMARNAT y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) se obtienen fondos internacionales adicionales.

La salvaguarda de la superficie que ocupa el CBMM a través de proyectos de desarrollo comunitario sustentable que incluyen acciones de reforestación, reconversión productiva y programas de aprovechamiento forestal, permite

conservar el carbono secuestrado en los ecosistemas que incluye, al tiempo de conservar la biodiversidad regional.

*Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales.* El PROCOREF, ahora también componente del ProÁrbol de la CONAFOR, incluye subprogramas para asegurar la conservación y la restauración de ecosistemas. Los más importantes, en materia de conservación de carbono, se describen a continuación.

1. Programa de Sanidad Forestal. El deterioro de ecosistemas forestales que resulta de un manejo no sustentable los hace más vulnerables ante plagas y enfermedades y ante los efectos del cambio climático. Los diagnósticos disponibles indican que, a escala





## Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

nacional, existen muchos puntos de propagación que ponen en riesgo la viabilidad de la industria forestal en amplias regiones del país<sup>101</sup>. La superficie forestal bajo riesgo de plagas y enfermedades se estima en alrededor de 10 millones de hectáreas. Mediante el Programa de Sanidad Forestal, la CONAFOR despliega esfuerzos para controlar la presencia de agentes patógenos en bosques y selvas. Entre 2001 y 2005 se realizaron tratamientos fitosanitarios en 110,431 hectáreas.

**POTENCIAL DE CONSERVACIÓN DE CARBONO DEL PROGRAMA DE SANIDAD FORESTAL.** Entre las metas del ProÁrbol para el año 2007, se incluye el llevar a cabo acciones de diagnóstico y tratamiento fitosanitario en 640 mil hectáreas. Si este nivel de esfuerzo se mantiene en el curso de esta administración, para 2012 se acumularán aproximadamente 3.8 millones de hectáreas de ecosistemas forestales diagnosticados y tratados. Dado que la mayoría de estos tratamientos se llevan a cabo en ecosistemas forestales templados, el impacto positivo —en términos de la conservación de carbono en la biomasa y suelo forestales— corresponderá típicamente a los bosques de coníferas.

Bajo estas consideraciones, la conservación de carbono en ecosistemas forestales atendidos por este programa podría ser entre 1.8 mil millones y 3 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e<sup>102</sup> entre 2007 y 2012.

Para 2020, si se mantiene el mismo nivel de esfuerzo y de cobertura, se podría conservar entre 5 mil millones y 8 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e.

2. *Programa de Compensación Ambiental por Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.* Este programa inició a fines de 2005 con objeto de condicionar autorizaciones a solicitantes de cambio de uso de suelo, a la realización de trabajos de compensación ecológica bajo criterios establecidos de acuerdo con el tipo de vegetación y la superficie deforestada. La compensación consiste en obras de conservación de suelos y de reforestación con especies apropiadas, de tal modo que se recupere una superficie forestal equivalente al menos, o superior, a la superficie transformada. En 2006 se acumularon 50 mil hectáreas bajo este tipo de compensaciones.

Si bien, las superficies en donde se obliga a la restauración ecológica son equivalentes o mayores a las superficies perdidas para asegurar el mantenimiento neto del ecosistema afectado en el corto plazo, las emisiones de GEI al momento de cambiar el uso del suelo son mucho mayores a las capturas de carbono en los primeros años de las reforestaciones, por lo que es imposible establecer una meta de conservación de carbono, o de mitigación de emisiones mediante este instrumento para el periodo cubierto por un sexenio. No obstante, al madurar las reforestaciones el volumen de carbono capturado seguirá en aumento.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN POR DEFORESTACIÓN EVITADA.** En un futuro probablemente serán admitidos proyectos de deforestación evitada en los mecanismos de mercado para reducir emisiones de GEI, lo que permitiría conservar reservorios de carbono que quedarían expuestos a deforestación, incendios y cambios de uso del suelo, de no mediar proyecto de reducción de emisiones pagaderas con bonos de carbono.

Reducir emisiones mediante deforestación evitada es mucho más eficiente que mitigar emisiones mediante aforestación y reforestación, pues se evita la pérdida de cantidades de carbono muy considerables ya almacenadas en los tejidos leñosos de árboles maduros, en vez de una paulatina captura anual por árboles en crecimiento. Los proyectos de mitigación por deforestación evitada pueden ser muy atractivos para México, como un instrumento adicional de mitigación al tiempo que salvaguardan la integridad de ecosistemas forestales y de sus servicios ambientales.

Realizar proyectos de este tipo requerirá cuantificar líneas de base totalmente confiables, en términos de tasas y tendencias de deforestación en México. Además, será muy importante que sean aplicadas exclusivamente a existencias de vegetación primaria. El establecimiento de estas líneas de base puede ser la primera meta a cumplir, en el camino de la integración y realización de proyectos de mitigación por deforestación evitada.

<sup>101</sup> Las plagas y enfermedades de los bosques de clima templado están asociadas a escarabajos descortezadores y muérdagos, en tanto que en las selvas uno de los factores de deterioro más importantes son los insectos barrenadores, que constituyen una gran limitante para el establecimiento de plantaciones comerciales de maderas preciosas. Además de la presencia de plagas y enfermedades nativas, existe el riesgo de invasión de especies exóticas capaces de causar mayores daños ambientales y económicos.

<sup>102</sup> Cifras calculadas con base en volúmenes de carbono capturado en el suelo y la vegetación.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## b) Captura de Carbono en el Sector Forestal

### **Reforestación y Recuperación de Terrenos Forestales.**

Los programas de reforestación y plantaciones comerciales se sustentan en un adecuado manejo de germoplasma para asegurar el control de la calidad de los ejemplares a plantar, así como su adecuación a las características de las zonas reforestadas. Al respecto, el PEF-2025 plantea diversos objetivos, entre los que destacan:

- Restaurar áreas degradadas de acuerdo con criterios de calidad en la producción primaria y en la reforestación;
- Convertir áreas marginales para la producción agropecuaria en plantaciones comerciales, con especies maderables y no maderables nativas;
- Incrementar la biomasa para contribuir a la captura y la conservación de carbono;
- Definir las áreas a reforestar mediante procesos de concertación, para planear adecuadamente la colecta de germoplasma y la producción de plántulas, así como su transporte, plantación y supervivencia;
- Establecer un programa integral de reforestación de cuencas hidrográficas, dando prioridad a las partes altas y de pendiente, para asegurar la recarga de mantos acuíferos y la escurritía;
- Fortalecer la operación de los Comités estatales y municipales de reforestación;
- Establecer programas de capacitación y asistencia técnica permanente, desarrollando vínculos con las instituciones de educación e investigación, para el desarrollo y la adopción de tecnologías;
- Diseñar y promover incentivos económicos y normativos para la reforestación;
- Promover el establecimiento de plantaciones agroforestales, con el propósito de motivar la participación de los dueños de los predios;

**Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales.** Además de los instrumentos para conservación de carbono, el PROCOREF posee otros tres programas para contribuir a la captura de carbono.

- 1) *Programa Nacional de Reforestación.* Ahora como un componente de ProÁrbol, desde 1995 el PRONARE coordina la producción de especies nativas apropiadas para cada región, a través de una red de viveros especializados distribuidos en todo el país. El PRONARE

ha desarrollado capacidades para reforestar áreas remotas e inaccesibles mediante la siembra aérea (con “disparo” desde helicópteros) de semillas peletizadas (recubiertas con arcilla que contienen fertilizantes, micorrizas y repelentes orgánicos a aves y roedores, en un medio hidro-gel).

Desde 2001, la capacidad de reforestación del PRONARE alcanza un promedio anual de 190 mil hectáreas. Hacia finales de 2006 la superficie reforestada llegaba a casi 2 millones de hectáreas. El programa ha logrado una mejora continua en las tasas de supervivencia de las reforestaciones, misma que se calcula cercana al 50% en la actualidad. (Gráfico 2.20).

**POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO DEL PRONARE.** La meta de reforestación de este programa para 2007 es de 285 mil hectáreas. Si se mantiene este nivel de esfuerzo durante toda la administración, se llegará a cubrir una superficie de 1.71 millones de hectáreas para el 2012. Debido a que estas reforestaciones se realizan a petición de los poseedores y dueños de las tierras, no es posible conocer con anticipación la distribución relativa de las superficies de cada una de las diferentes regiones ecológicas (árida y semiárida, tropical y templada) que se reforestarán, por lo que la definición de metas de captura de carbono se complica.

No obstante, si el esfuerzo de reforestación continúa bajo las pautas generales de reforestación de los últimos años, se puede estimar una capacidad de captura de carbono de entre 10 millones y 20 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e, en el periodo de 2007 a 2012<sup>103</sup>.

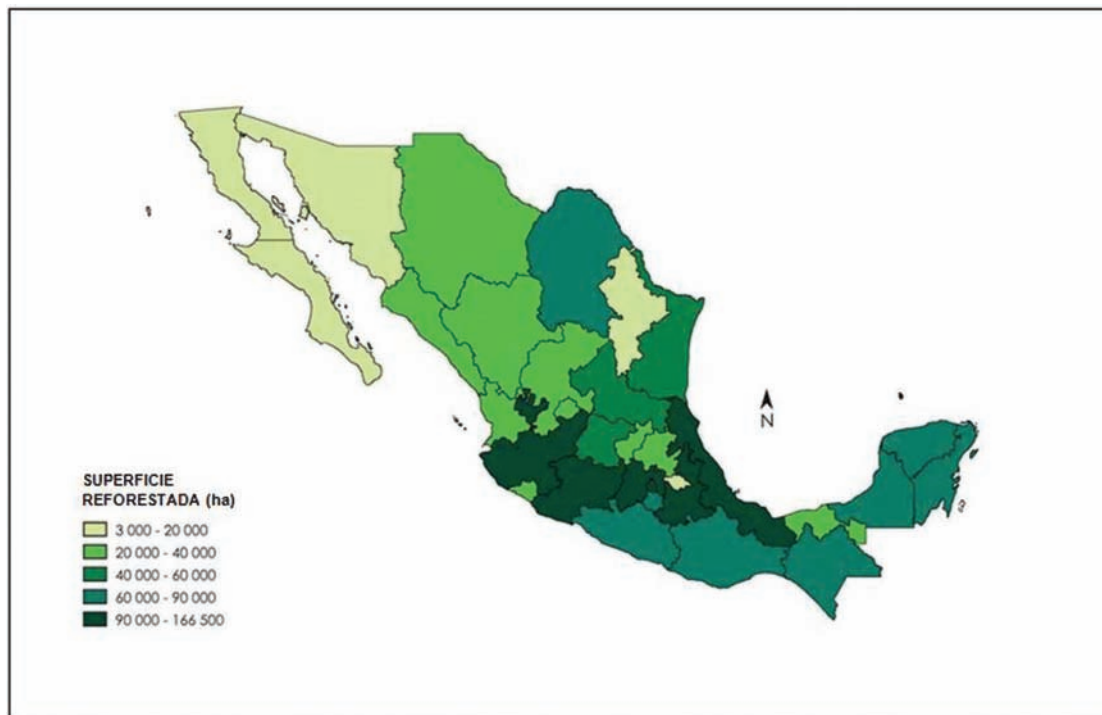
Si el mismo ritmo de reforestación se mantiene en los siguientes años, para 2020 se podrían acumular 3.9 millones de hectáreas reforestadas desde 2007, lo que permitiría capturar entre 50 millones y 100 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e.

- 2) *Programa Nacional de Conservación y Restauración de Suelos Forestales.* Como un componente más de ProÁrbol, este programa contribuye a revertir las causas de degradación de suelos forestales, a mantener sus servicios ambientales y altas las tasas de supervivencia de las especies plantadas. A partir de 2001 la CONAFOR incorporó la dimensión de cuenca hidrográfica como unidad básica de gestión y planeación

<sup>103</sup> Se utiliza la cifra promedio de captura de carbono por reforestación: 0.685 toneladas por hectárea, por año; calculada a partir de las cifras presentadas en INE, 2006a (texto y Tabla 7.8, p.181). Los cálculos de las capturas de CO<sub>2</sub> toman en cuenta que sólo un máximo de 50% de los árboles plantados en las reforestaciones sobreviven al año siguiente; y que en el segundo año de reforestaciones los árboles sobrevivientes de las superficies reforestadas en el primer año todavía estarían absorbiendo carbono, y así sucesivamente.

# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

Gráfico 2.20 Cobertura del PRONARE en los estados de la República, 2005



FUENTE: SEMARNAT, 2006b.

otorgando prioridad a las zonas forestales con suelos más degradados, a las zonas arboladas o semi-arboladas en pendiente y a las zonas altas de las cuencas. Durante el periodo comprendido entre 2001 y 2005 se realizaron obras de protección de suelos en 2 millones 540 mil hectáreas; y acciones de conservación y restauración de suelos en 272 mil hectáreas.

**POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO DEL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE SUELOS FORESTALES.** Para 2007 se plantea la meta de restauración de suelos, reforzada con reforestaciones, en una superficie de 115 mil hectáreas. Si se mantiene el mismo nivel de esfuerzo a lo largo de esta administración, se podrían efectuar estas obras en una superficie total de 690 mil hectáreas para el 2012. Esto ofrece la posibilidad de acumular una captura de carbono de entre 5 y 15 millones de toneladas de CO<sub>2</sub><sup>104</sup> durante el periodo 2007-2012.

Al mismo ritmo, entre 2007 y 2020 podrían acumularse 1.61 millones de hectáreas de suelos restaurados y con reforestación, lo que representa la posibilidad de capturar entre 30 millones y 70 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en biomasa y suelo.

3. *Programa de Plantaciones Forestales Comerciales.* El PRODEPLAN, también integrado ahora como componente del ProÁrbol, inició acciones desde 1997 para otorgar incentivos directos durante los primeros siete años de desarrollo de plantaciones forestales. Entre 1997 y 2000 apoyó el establecimiento de 61 mil hectáreas de plantaciones comerciales y, entre 2001 y 2005, incrementó la superficie a 325 mil hectáreas con la realización de 2 mil 241 proyectos. En su mayor parte, las plantaciones establecidas se encuentran al sureste del país, sobre todo en Veracruz, Tabasco y Campeche, con objeto de recuperar la vegetación arbolada que fue deforestada durante la segunda mitad del siglo XX con fines ganaderos —de lo cual derivan terrenos degradados y altas pérdidas de capital ambiental. (Gráfico 2.21).

<sup>104</sup> Se utiliza la cifra promedio de captura de carbono por reforestación (0.685 toneladas por hectárea, por año) calculada a partir de las cifras presentadas en INE, 2006a, texto y Tabla 7.8, p.181, más un promedio de 0.315 toneladas de carbono por hectárea por año en el suelo restaurado (en total, 1 t/ha/año de carbono). Los cálculos de las capturas de CO<sub>2</sub>e en vegetación y suelo toman en cuenta que sólo un máximo de 50% de los árboles plantados en las reforestaciones sobreviven al siguiente año; también toman en cuenta que en el segundo año de reforestaciones con restauración del suelo, los árboles sobrevivientes de la superficie plantada y restaurada en el primer año todavía estaría absorbiendo carbono, y así sucesivamente.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO DEL PRODEPLAN.

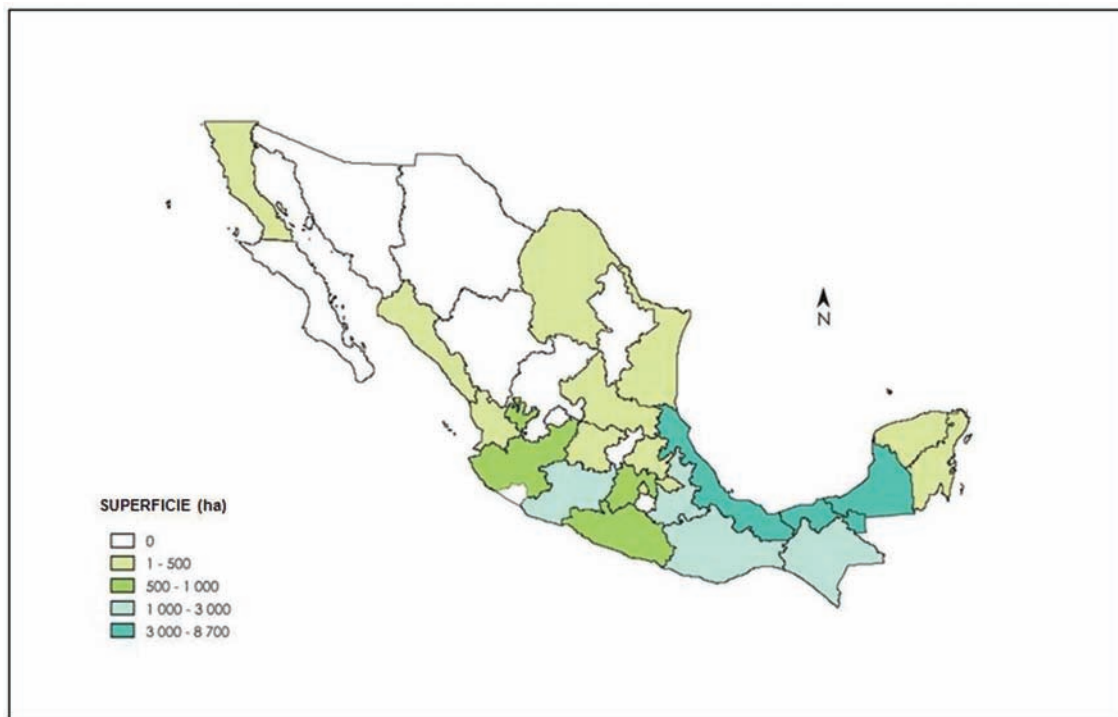
La meta de expansión de la superficie con plantaciones forestales comerciales durante 2007 es de 100 mil hectáreas. A este ritmo se esperaría que, para fines de esta administración, 600 mil hectáreas de plantaciones forestales se hayan establecido. Bajo el supuesto que se mantendrá la misma distribución de especies aplicada durante el periodo 1997-2004, es posible acumular una captura de carbono de entre 3 millones y 7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub><sup>105</sup> durante el periodo 2007-2012.

Si continúa el mismo ritmo de establecimiento de plantaciones comerciales, para el periodo 2007-2020 se podría alcanzar un total de 1.4 millones de hectáreas establecidas y entre 15 millones y 30 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> capturadas.

## Pago por Servicios Ambientales de Captura de Carbono

*Pago por Servicios Ambientales de Captura de Carbono, Conservación de la Biodiversidad y Derivados Agroforestales.* Este programa inició en 2004 a fin de fomentar, entre los poseedores rurales de recursos forestales, el desarrollo de capacidades técnicas y administrativas para realizar inventarios de carbono y planes de manejo para la conservación y captura de carbono en sus terrenos forestales y parcelas agroforestales. Mediante el pago por estos servicios, el PSA-CABSA fomenta la reconversión de suelos bajo uso agrícola a uso agroforestal, con lo que contribuye a la captura y la conservación de carbono en ecosistemas forestales y al desarrollo de capacidades para la formulación de proyectos en el contexto de los mercados de carbono. El pago directo por estos servicios está condicionado a la presentación y al cumplimiento de un plan de manejo técnico validado y verificado por la CONAFOR, que ha definido zonas elegibles para el pago por estos

Gráfico 2.21 Superficie plantada, verificada y pagada por PRODEPLAN, 1997-2005



FUENTE: SEMARNAT, 2006b.

<sup>105</sup> Los cálculos de las capturas de CO<sub>2</sub> toman en cuenta que en el segundo año de establecimiento de las plantaciones forestales, la superficie plantada en el primer año todavía estaría creciendo y absorbiendo carbono – y así sucesivamente.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

servicios ambientales con base en proyectos con duración de uno a cinco años, a los que apoya técnicamente en su formulación e implementación. Estos apoyos financieros y técnicos consideran tres fases:

- Identificación y formulación de proyectos, con apoyos de hasta 400 mil pesos;
- Implementación del proyecto, con pagos de 50 pesos por tonelada capturada de CO<sub>2</sub>;
- Evaluación, verificación, acompañamiento, formación de técnicos y profesionistas comunitarios.

El PSA-CABSA, componente del ProÁrbol, aseguró hasta 2005 la conservación de más de 70 mil hectáreas<sup>106</sup> de ecosistemas forestales y sistemas agroforestales. Constituye una gran ventana de oportunidad para fortalecer sinergias entre la gestión sustentable de recursos hídricos, la protección de la biodiversidad, el combate a la degradación de tierras y la mitigación de emisiones.

## POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO DEL PSA-CABSA.

En el rubro de captura de carbono, para el periodo 2007-2012 el ProÁrbol pretende apoyar algunos proyectos forestales con características similares a los del MDL, cuya capacidad de captura podría ser entre 80 mil y 160 mil toneladas de CO<sub>2</sub> por año.

**MDL Forestal.** Las reglas del Protocolo de Kioto sobre el MDL para proyectos forestales de captura de carbono son muy complejas y no han logrado incentivar, del todo, el desarrollo de proyectos en el sector forestal. En México se han identificado oportunidades para 71 proyectos forestales de este tipo, de los cuales nueve podrían obtener registro y dos se encuentran en fase de ejecución.

**Captura de carbono en un sistema integral forestal y agroforestal en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz.** La Reserva de la Biosfera «Los Tuxtlas» en Veracruz, conserva uno de los remanentes de selva alta perennifolia más importantes de México por su gran biodiversidad, pero que presenta altas tasas de deforestación asociadas con la conversión a zonas ganaderas. El sentido de este proyecto consiste en detener y prevenir el cambio de uso de suelo al tiempo de incentivar el desarrollo de sistemas forestales y agroforestales, capturar carbono y proteger la biodiversidad, incrementando los ingresos de los campesinos mediante la creación de un mercado local de carbono. El proyecto es actualmente financiado por el GEF y la CONAFOR.

**Proyecto Agroforestal de Agua de Mar.** Este proyecto se desarrolla en la región norte de Bahía de Kino, Sonora. En su primera fase pretende restaurar la cobertura vegetal y aforestar 3 mil hectáreas de desierto costero y zona intermareal. El proyecto utilizará agua de mar para el riego de plantaciones de plantas tolerantes a suelos salinos (halófitas), lo que incluye manglares de *Avicennia marina*, intercalados con *Salicornia bigelovii* (cuyas semillas contienen una alta concentración de aceite), así como algunas especies del género *Atriplex* (de la misma familia botánica que el epazote, *Chenopodiaceae*). Se espera que el proyecto capture 350 mil toneladas de CO<sub>2</sub> para el 2012 y alcance su máximo en 2017 capturando 720 mil toneladas. Adicionalmente, el proyecto contribuirá a proteger la biodiversidad local, a la formación de suelo y al tratamiento de los efluentes de la granja camaronícola antes de verterlos en el Golfo de California. El desarrollo del proyecto se realiza por fases y recibirá apoyos del *BioCarbon Fund* del Banco Mundial.

## Otros Proyectos no MDL de Captura Forestal de Carbono

**Scolec Té.** Implementado en los Altos de Chiapas por el Centro de Manejo de Carbono de Edimburgo y la ONG mexicana AMBIO, este proyecto es uno de los pioneros en captura forestal de carbono. Aplica un esquema de gestión sustentable de sistemas agro-silvícolas, elegidos por los propios campesinos de algunas comunidades rurales del estado de Chiapas. Cada año se registra y verifica la captura de carbono lograda para su pago como bonos de carbono. Dos terceras partes de los ingresos se destinan al campesino involucrado y una tercera parte a pagar los costos administrativos.

**Proyecto Forestal Sustentable en la Reserva de la Biosfera de Sierra Gorda, Querétaro.** Fomenta la participación de campesinos en el manejo sustentable de recursos naturales. Entre los beneficios ambientales se cuentan el secuestro de carbono por reforestación en las zonas de la Reserva así como acciones de educación ambiental, mejoramiento comunitario y promoción a la diversidad productiva. El proyecto es sustentado por socios locales y nacionales, instancias gubernamentales, fundaciones, organizaciones civiles y empresas privadas y sociales. Los recursos económicos para los propietarios de tierras se obtienen del aprovechamiento sustentable de cultivos agrícolas y recursos maderables. El pago de plántulas y su transportación hacia viveros locales se realiza con subsidios otorgados por el Gobierno del Estado. Apoyos complementarios para el desarrollo del proyecto provienen de organizaciones campesinas, expertos forestales y asociaciones profesionales.

<sup>106</sup> CONAFOR, 2007.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

*Manejo Integral de los Recursos de las Comunidades por Secuestro de Carbono en Oaxaca.* Este componente del Proyecto Manejo Sustentable de Laderas (PMSL) de la Sierra Norte de Oaxaca ha sido llevado a más de veinte municipios. Recibe apoyos del Colegio de Posgraduados, institución que ha realizado los estudios del contenido de carbono en suelos de la zona y definido una metodología para medir el carbono almacenado en reservorios aéreos y suelos en laderas, lo que permitiría a su vez colocarlo en mercados internacionales de carbono.

*Reforestación en áreas de la Región Mariposa Monarca en el Estado de Michoacán.* Programa del Fondo Michoacano de Reforestación y del Proyecto de Protección del Hábitat La Cruz, para la reforestación del bosque de oyamel de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Se pretende reforestar más de 120 hectáreas de bosque a fin de recuperar esta importante área invernal de la mariposa Monarca, al tiempo que capturaré carbono por reforestación.

## c) Sustitución de Carbono con Productos Forestales

La sustitución de carbono se favorece al utilizar productos forestales generados a partir del aprovechamiento sustentable de bosques. Se trata de sustituir con madera, en todos los casos que ello sea posible y apropiado, la materia prima de bienes y productos fabricados con plástico, metal o concreto —cuya producción involucra un uso intensivo de calor y sus correspondientes emisiones de GEI—; así como sustituir con biocombustibles (leña, carbón vegetal, residuos forestales) el uso de combustibles fósiles<sup>107</sup>.

Un ejemplo de captura y sustitución de carbono es la *producción de mobiliario escolar de madera proveniente de bosques certificados en comunidades indígenas de Oaxaca.* En Ixtlán de Juárez, Sierra Norte de Oaxaca, las tierras forestales comunitarias cubren una superficie de 19,180 hectáreas, en el marco de este proyecto se constituyó la Unidad Comunal Forestal Agropecuaria y de Servicios de Ixtlán de Juárez, con lo que logró un aprovechamiento sustentable de sus bosques y se obtuvo, en 2001 la certificación ecológica del Consejo de Administración Forestal (*Forest Stewardship Council* o FSC, por sus siglas en inglés). Con la madera se fabrica mobiliario diverso para las

escuelas de Oaxaca, con lo que el carbono se mantiene almacenado en la madera sin ser liberado a la atmósfera como CO<sub>2</sub>.

Otro ejemplo lo constituye la *sustitución de carbono por medio del desarrollo bioenergético forestal.* La principal fuente de energía utilizada por 25 millones de mexicanos en las zonas rurales es la leña. El PEF-2025 señala que la producción sustentable de carbón vegetal, leña y otros biocombustibles como los residuos obtenidos por extracción y aserrío de la madera, ofrece a México una fuente potencial de energía renovable neutra en carbono, así como la posibilidad de aprovechar grandes cantidades de madera con características heterogéneas que todavía no se valoran comercialmente, como es el caso de árboles de diámetro pequeño y tronco no recto, y además obtener co-beneficios ambientales importantes.

El desarrollo de la bioenergía forestal constituye una línea estratégica de acción climática, contribuye a mitigar emisiones y desarrolla capacidades de adaptación al mantener estructuras amortiguadoras ante los impactos de eventos hidrometeorológicos, es una alternativa a las actividades agropecuarias marginales y podría incrementar los ingresos de las comunidades rurales. Resulta prioritario incorporar los biocombustibles forestales como una de las fuentes alternativas de energía.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN CON DESARROLLO BIOENERGÉTICO FORESTAL.** En cuánto al consumo de leña para uso doméstico, la implementación de medio millón de estufas eficientes durante el periodo 2007-2012, permitiría producir 45 PJ de energía reduciendo la emisión de 2.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Podría hacerse extensivo el uso de hornos eficientes para la elaboración artesanal, de los cuales podrían establecerse 1,500 para el 2012<sup>108</sup>.

<sup>107</sup> De Jong et al., 2004.

<sup>108</sup> Estimaciones realizadas con base en Masera, 2006.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

## d) Resumen del Potencial de Mitigación de Emisiones en Bosques.

Tabla 2.10 Resumen del Potencial de Mitigación de emisiones [MtCO<sub>2</sub>] por manejo y conservación de los recursos forestales

TIPO DE MITIGACIÓN						
CONSERVACIÓN DE CARBONO (2007-2012)						
PRODEFOR	PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES	ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	UMA	SANIDAD FORESTAL	DEFORESTACIÓN EVITADA	TOTAL
6,000 - 12,000	1,500 - 3,100	500 - 1,000	3,000 - 4,250	1,800 - 3,000	POR INSTRUMENTAR	11,000 - 21,000*
CAPTURA DE CARBONO (2007-2012)						
REFORESTACIÓN (PRONARE)	REFORESTACIÓN CON RESTAURACIÓN DE SUELOS	PLANTACIONES COMERCIALES (PRODEPLAN)	PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES	MDL FORESTAL	TOTAL	
10 - 20	5 - 15	3 - 7	0.08 - 0.16	POR INSTRUMENTAR	18.08 - 42.16	
SUSTITUCIÓN DE CARBONO						
BIOENERGÍA FORESTAL						
~2.5 (2012)						

\* Los totales mínimos y máximos toman en cuenta un grado de sobreposición posible entre programas de ~10%

## e) Investigación y Desarrollo

Requieren de tratamiento especial los siguientes rubros de investigación y desarrollo:

- Desarrollo de indicadores de manejo sustentable de bosques y selvas.
- Evaluación de oportunidades del desarrollo bioenergético forestal.
- Establecimiento potencial de corredores biológicos en otras zonas del país.
- Autogestión forestal comunitaria y sus efectos, mecanismos y adopción de prácticas.
- Regeneración y crecimiento de especies y comunidades vegetales diversas.
- Uso del pronóstico climático para la identificación de focos de calor y la prevención de incendios.
- Evaluación detallada del potencial de conservación de carbono por medio de la aplicación de diversos instrumentos económico-ambientales.
- Evaluación de efectos locales y regionales de la aplicación del pago por servicios ambientales forestales, por captura de carbono e hidrológicos.
- Evaluación de los impactos a distintas escalas de los proyectos MDL forestales.
- Evaluación de los impactos y viabilidad de la aforestación en las zonas correspondientes.
- Análisis sobre el uso de manglares como fuente bioenergética a la luz de la Ley de Vida Silvestre vigente.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## B. AGRICULTURA

La importancia estratégica de las actividades agropecuarias deriva de su papel en la producción de alimentos y biocombustibles, así como de su gran potencial de captura y secuestro de carbono en suelos y vegetación. Las áreas dedicadas a estas actividades contribuyen también al desarrollo de capacidades de adaptación ante el cambio climático, al preservar zonas de amortiguamiento ante los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos.

Las emisiones de GEI del sector agropecuario provienen del uso de fuego para limpia y preparación de parcelas y potreros, de la apertura de la frontera productiva (sobre todo si ésta se realiza mediante la deforestación y quema de la vegetación natural), la descomposición anaeróbica de materia orgánica en arrozales anegados, el uso de abonos orgánicos y fertilizantes sintéticos.

La fertilidad del suelo es uno de los factores más importantes en la producción de alimentos, pero su enriquecimiento artificial mediante la aplicación de fertilizantes ricos en nitrógeno, incrementa las emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ). Hasta la década de los años ochenta se pensaba que el mantenimiento y la mejora de la fertilidad de los suelos podía resolverse mediante la adición de abonos minerales, de manera que los subsidios a la agricultura acrecentaron el empleo de fertilizantes nitrogenados<sup>109</sup> e hicieron dependientes a muchas actividades agrícolas de su aplicación. En el contexto del cambio climático se requiere incentivar la fijación de carbono en suelos agrícolas y pecuarios mediante el uso de técnicas de labranza de conservación y la reducción de la intensidad en el uso de la tierra<sup>110</sup>, entre otras acciones.

Para aprovechar el potencial de captura y secuestro de carbono de las actividades agropecuarias es imprescindible detener la deforestación y el cambio de uso del suelo, además de garantizar la integración de criterios de sustentabilidad ambiental en todas las políticas y programas de la SAGARPA, tanto en la formulación, como en el condicionamiento de los apoyos a los productores para la implementación de prácticas y sistemas de manejo.

### a) Reconversión Productiva en Agricultura

La reconversión productiva implica modificar las prácticas de uso del suelo, establecer sistemas mixtos y asegurar un manejo sustentable de tierras. Durante los últimos años la política agrícola ha fomentado la reconversión hacia los cultivos perennes y diversificados, lo que abre una oportu-

nidad de incrementar la biomasa y la captura de carbono por unidad de superficie. El planteamiento de acciones de reconversión productiva del sector agrícola deberá tomar en cuenta que la producción de bioetanol y biodiesel son las principales opciones de energía alternativa. Al respecto, se requiere que las instituciones involucradas, entre ellas la SAGARPA y la SENER, inicien un proceso de formulación conjunta de políticas.

Algunos programas de la SAGARPA contienen componentes relevantes para la reconversión productiva. A continuación se exponen los más relevantes.

#### **Programa Nacional de Reconversión Productiva.**

Tiene como objetivo elevar la competitividad del sector agropecuario en los mercados nacional e internacional, incorporando prácticas y acciones ambientalmente sustentables. Los términos de referencia para esta reconversión, son los siguientes:

- Implementación de cambios tecnológicos y diversificación de especies cultivadas;
- Introducción de especies alternativas mejor adaptadas desde el punto de vista agro-ecológico y más competitivas en los mercados;
- Aprovechamiento de la aptitud natural de las tierras;
- Recuperación y rehabilitación de ecosistemas degradados, asegurando las condiciones que permitan su continuidad.

Entre 2002 y 2005 se reconvirtieron 78,412 predios que cubren una superficie de 616,778 hectáreas. Un resultado relevante de la reconversión, en materia de mitigación de emisiones, ha sido la reducción de la erosión hídrica y eólica del suelo en el 22% de esta superficie, debido al establecimiento de cultivos de cobertura total.

**Programa de Fomento Agrícola.** Este programa tiene como principal objetivo la reconversión productiva a través del reordenamiento de la producción y el manejo integrado de suelos y aguas en agroecosistemas tropicales y subtropicales. Con esto promueve el reemplazo de monocultivos anuales por policultivos, lo que permite incrementar la captura de carbono en biomasa arbórea y suelos.

**Programa Integral de Agricultura Sustentable y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente.** El PIASRE busca incrementar la productividad y reducir la siniestralidad mediante el desarrollo de proyectos integrales de infraestructura y reconversión productiva

<sup>109</sup> FAO, 2001.

<sup>110</sup> IPCC, 1996.





# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

a cultivos acordes con el potencial del suelo. Además de la reconversión, este programa incluye apoyo para pequeñas acciones de conservación de suelo y agua.

**Programa de Apoyos Directos al Campo.** El PROCAMPO, a través de su modalidad de Proyectos Ecológicos, fomenta aprovechamientos forestales en tierras de uso agrícola y proyectos de conservación de tierras en poco más de 31 mil hectáreas (2,358 predios) en los estados de Chiapas, Chihuahua, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Sonora y Tamaulipas. Estos proyectos permiten la captura y la conservación de carbono en suelos y vegetación arbórea que se encuentra en crecimiento en las parcelas.

**POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO POR RECONVERSIÓN PRODUCTIVA.** Durante el periodo 2007-2012 a través del establecimiento de las distintas estrategias operativas y considerando la ampliación del PROCAMPO hasta el año 2012, se abre la oportunidad de incrementar el apoyo a proyectos de reconversión, y sobre todo al cambio de cultivos anuales por perennes en 900 mil hectáreas, de lo que se puede estimar una captura de 4.16 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Dentro de esta cifra total, cabe destacar PROCAMPO, que es el programa de mayor cobertura en el medio rural, tanto por la superficie que cubre como por el número de beneficiarios que atiende. Se estima que el potencial de captura de carbono para el periodo 2007-2012 de este programa, estimando que se aplicará en 400 mil hectáreas, es de alrededor de 924.4 miles de toneladas de CO<sub>2</sub>.

## b) Uso Eficiente de Fertilizantes

El nitrógeno es un elemento esencial para la productividad vegetal y el componente principal de los fertilizantes minerales que, al concentrarse en suelos agrícolas y pasar por el proceso de desnitrificación genera óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), importante gas de efecto invernadero. Las prácticas más extendidas del empleo de fertilizantes en México no propician su uso eficiente por parte de los agricultores, generalmente se administran en exceso y lo que no se integra al cultivo se pierde y se convierte en un contaminante. Las emisiones de N<sub>2</sub>O originadas en el sector agrícola pueden minimizarse con nuevos fertilizantes y prácticas de fertilización, por ejemplo, adaptando los tiempos y la cantidad de nitrógeno a las demandas específicas de los cultivos.

**Programa de Nutrición Vegetal.** Programa de la SAGARPA que contribuye a la reducción de emisiones de N<sub>2</sub>O promoviendo una mayor eficiencia en el uso de fertilizantes nitrogenados, abonos orgánicos y fertilizantes bio-

lógicos. Este programa apoya el desarrollo tecnológico y la investigación sobre las dosis óptimas de fertilizantes para los cultivos en distintas regiones del país.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN DEL PROGRAMA DE NUTRICIÓN VEGETAL.** Las emisiones de N<sub>2</sub>O pueden reducirse si se reorientan las prácticas de fertilización bajo las siguientes condiciones:

- Aplicación basada en el balance de nutrientes y de acuerdo con las etapas fenológicas<sup>111</sup> de los cultivos;
- Incorporación de fertilizantes de lenta liberación o quelatados<sup>112</sup>, para reducir pérdidas por lixiviación o gasificación;
- Uso de concentraciones apropiadas de fertilizantes y adecuadas para el agroecosistema y el clima.
- Incremento de la materia orgánica en los suelos (residuos de cosecha y estiércol de ganado);
- Fomento de cultivos fijadores de nitrógeno.

Será necesario actualizar y generar información sobre la adecuación de fertilizantes y nuevos genotipos y sistemas de producción, evaluar el potencial de abonos orgánicos y biofertilizantes microbianos y reforzar la capacidad de análisis de suelos. Resultará indispensable formular un Manual de Buenas Prácticas para la Fertilización Nitrogenada, cuya aplicación permita reducir las emisiones de N<sub>2</sub>O del sector. Los apoyos otorgados por programas gubernamentales, para la adquisición de insumos para la nutrición vegetal deberán reorientarse para garantizar la aplicación de buenas prácticas que indique este Manual en el uso de fertilizantes.

La estrategia para reducir las emisiones de óxido nitroso de la agricultura, durante el periodo 2007-2012 consiste en: desarrollar los estándares de buenas prácticas en diferentes regiones y cultivos; realizar los estudios necesarios para la definición de estos estándares; evaluar los fertilizantes y las prácticas tradicionales; promover un mercado de productos alternativos; difundir la información en la materia; capacitar al personal técnico y a los productores; y, publicar el Manual de Buenas Prácticas de Fertilización Nitrogenada.

Una primera versión del Manual deberá publicarse en 2009 y a partir de él se establecerán metas cuantitativas de reducción de emisiones de N<sub>2</sub>O asociadas al uso de fertilizantes agrícolas.

<sup>111</sup> Las etapas fenológicas se refieren a etapas en el desarrollo de los vegetales, como nacimiento o germinación, floración, maduración, etc.

<sup>112</sup> Los fertilizantes quelatados liberan lentamente los nutrientes, con lo que pueden ser mejor aprovechados por las plantas cultivadas.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## c) Uso Controlado del Fuego

El 50% de los incendios forestales tienen su origen en quemas agropecuarias, especialmente por la práctica de roza, tumba y quema que se efectúa para la producción de maíz, frijol y calabaza. Se estima que solamente de 500 a 750 mil hectáreas son laboreadas cada año.

Para atender esta problemática, desde 1998 la SEMARNAT y la SAGARPA emitieron la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT-SAGARPA-1997 que regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios, a través de quemas controladas que reducen el riesgo de incendios forestales en áreas aledañas a las parcelas agrícolas y terrenos de pastoreo. Sin embargo, la difusión y aplicación de esta norma dista de ser la óptima y requiere ser complementada con otro tipo de mecanismos de regulación.

Entre los instrumentos que se pueden utilizar se cuenta con el PROCAMPO, cuyo registro de beneficiarios puede ser utilizado para integrar un padrón de usuarios del fuego. En cada entidad federativa habrá que establecer una regionalización y una calendarización de las quemas, así como incentivar las alternativas agrícolas que minimicen o erradiquen el uso del fuego —como los cultivos de cobertera<sup>113</sup> y algunos sistemas agroforestales. Habrá que dar apoyo para la formulación de planes comunitarios de uso del fuego y capacitar voluntarios para formar brigadas preventivas. Tendrá que establecerse un sistema de evaluación de las áreas afectadas por incendios, para tipificarlas de acuerdo con el régimen de manejo, el tipo de vegetación y el grado de afectación y así programar las acciones de restauración requeridas. Deberán además aplicarse acciones emergentes de recuperación en áreas siniestradas y fomentar su restauración.

En forma adicional, con la combinación de acciones de diferentes programas como el Programa de Empleo Temporal, el Programa Nacional de Microcuencas y el PIASRE, se plantea el apoyo a la aplicación de una modalidad de limpia de parcela sin fuego: la roza, pica y limpia, que la SAGARPA implementó exitosamente en el periodo 1998-2000.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN DEL USO CONTROLADO DE FUEGOS AGRÍCOLAS.** Con apoyo en estos instrumentos, particularmente la roza-pica-limpia, durante la presente administración se plantea eliminar el uso del fuego en 100 mil hectáreas y reducir entre 35 y 50% los incendios forestales de origen agrícola.

## d) Labranza de Conservación y Conservación de Suelos

Los suelos agrícolas son considerados una fuente neta de bióxido de carbono, pero podrían transformarse en un sumidero neto mediante prácticas de manejo diseñadas para retener mayor cantidad de carbono, a la vez de mejorar la productividad agrícola.

En las áreas cultivadas la labranza es la práctica más importante que puede tener un efecto considerable sobre las existencias de carbono, ya sea negativo cuando se usan los métodos convencionales, o positivo cuando se aplica la labranza de conservación, que consiste en reducir o eliminar el uso de la maquinaria agrícola y utilizar los residuos de la cosecha anterior para que cubran al menos el 30% de la superficie, con la menor remoción posible de suelo. La SAGARPA, mediante su Programa de Mecanización, apoya a los productores agrícolas en la adquisición de módulos alternativos para la Labranza de Conservación, aunque la superficie agrícola que incorpora esta técnica todavía es reducida.

Deben fomentarse los cultivos de cobertera, los cuáles representan una fuente de captura importante y tienen un efecto similar o son aún más efectivos que la cobertura de residuos sobre el suelo, pues en su caso hay materia orgánica por encima y por debajo del suelo, al agregarse la proporcionada por las raíces.

**POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO POR LABRANZA DE CONSERVACIÓN.** Para conservar los suelos agrícolas e incrementar sus capacidades de captura de carbono se requiere aplicar la labranza cero o labranza de conservación, mantener la cobertura permanente del suelo, y fomentar los cultivos fijadores de nitrógeno, entre otras prácticas. Durante el periodo 2007-2012, una superficie de 200 mil hectáreas manejadas con labranza de conservación, y la incorporación de residuos y cultivos de cobertera, equivaldrían a una captura de 911.6 miles de toneladas de CO<sub>2</sub>.

<sup>113</sup> Lo cultivos de cobertera son cultivos de crecimiento denso que se siembran preferentemente para la protección y el mejoramiento de suelos, entre periodos de producción de la cosecha normal, o bien entre árboles.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

## e) Investigación y Desarrollo

Requieren de tratamiento especial los siguientes rubros de investigación y desarrollo:

- Mejoramiento genético de variedades de arroz en el trópico húmedo de México, a fin de obtener mayores rendimientos en condiciones de sequía y disminuir las emisiones de metano.
- Evaluación de los efectos de reconversión productiva.
- Análisis costo-beneficio de la reconversión agrícola a forestal por zona ecológica y para distintas modalidades de sistemas productivos.
- Percepción social de agentes involucrados en la reconversión productiva.
- Evaluación de mecanismos de articulación entre las acciones de reconversión productiva y el ordenamiento ecológico a diferentes escalas.
- Restauración de suelos en diferentes zonas ecológicas.
- Cuantificación de emisiones de óxido nítrico bajo diferentes condiciones de manejo agrícola.
- Evaluación del efecto de la labranza de conservación en la emisión de CO<sub>2</sub>.

## C. GANADERÍA

La actividad ganadera es una de las más importantes fuentes de metano (CH<sub>4</sub>) —gas de efecto invernadero cuyo potencial de calentamiento es 21 veces mayor que el del CO<sub>2</sub>— pues contribuye con el 6% de las emisiones totales de este gas en el país. El metano resulta de la fermentación entérica del ganado durante la cual los carbohidratos complejos (celulosa principalmente) presentes en el pasto y otros forrajes se descomponen en el tracto digestivo de los hervíboros. El ganado rumiante, vacuno y ovino principalmente, constituye la fuente más importante de metano, aunque cerdos y caballos también lo producen. Las emisiones de metano y óxido nítrico han disminuido ligeramente durante la última década (Tabla 2.9) y pueden reducirse todavía más mejorando los sistemas de pastoreo, utilizando especies forrajeras de calidad apropiada o alimentos equilibrados que faciliten la digestión de los rumiantes.

El CH<sub>4</sub> procedente de las excretas animales resulta de su descomposición anaeróbica en los grandes volúmenes que se presentan por la cría intensiva de ganado en áreas confinadas. Estas emisiones también pueden reducirse mejorando las prácticas de manejo de estiércol.

### a) Captura de Carbono en Tierras de Pastoreo

De acuerdo con las disposiciones de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, los programas y acciones de fomento productivo de la SAGARPA deben incorporar criterios de conservación y restauración de recursos naturales. Es el caso de las Reglas de Operación de la Alianza para el Campo para la Reconversión Productiva, del Programa de Integración de Cadenas Agroalimentarias y de Pesca, y del Programa de Atención a Factores Críticos y a Grupos y Regiones Prioritarias<sup>114</sup>.

**Programa de Fomento Ganadero.** Este programa plantea el impulso al sector utilizando incentivos para la rehabilitación de tierras de pastoreo; premia, por ejemplo, el incremento en la disponibilidad de forraje por unidad de superficie de pastoreo mediante el uso de gramíneas, leguminosas y otras plantas forrajeras. Esto significa acrecentar la biomasa total por unidad de superficie, con lo que se incrementa la cantidad de carbono secuestrado por la vegetación y el suelo.

Los apoyos del programa se otorgan a proyectos que establecen, rehabilitan, o conservan tierras de pastoreo y que reforestan con cercos vivos. Esto último también contribuye a la captura y almacenaje de carbono en el tejido

<sup>114</sup> Alianza Contigo, publicado en el DOF del 25 de Julio de 2003.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

leñoso de los nuevos árboles plantados como cercos vivos. Durante el periodo 1996-2005 de operación de este programa se atendieron a más de 14 millones de hectáreas con el establecimiento de praderas y con la introducción de infraestructura y equipo de manejo de agostaderos y de las unidades productivas; sin embargo, únicamente en el 19% de esta superficie se estableció o rehabilitó la pradera.

## **Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera.**

A partir de 2003, se estableció el PROGAN, programa multi-anual orientado a otorgar apoyos directos a los productores de ganado bovino para carne en régimen extensivo. Su objetivo general es fomentar la productividad de la ganadería bovina extensiva con base en el incremento de la producción forrajera de las tierras de pastoreo —lo cual implica el mejoramiento de la cobertura vegetal—, así como incrementar la rentabilidad de las unidades de producción. Este programa presenta un buen potencial para incrementar la biomasa y la captura de carbono en las tierras de pastoreo.

**POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO EN LA GANADERÍA EXTENSIVA.** Mediante el Programa de Fomento Ganadero y el PROGAN, durante la administración 2007-2012 se podría lograr la rehabilitación de una superficie de 450 mil hectáreas de terrenos de pastoreo con una captura de alrededor de 4.6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

## **b) Reducción de Emisiones de Metano en la Ganadería Intensiva**

La ganadería intensiva —producción confinada en granjas y establos— es una importante fuente de metano (CH<sub>4</sub>), debido principalmente al manejo inadecuado de excretas. Actualmente, en México se usan sistemas aeróbicos y anaeróbicos para reducir las emisiones derivadas de las excretas; sin embargo, como su implementación implica altos costos, únicamente las granjas tecnificadas tienen capacidad técnica y económica para instalarlos.

Los proyectos de manejo de excretas en granjas porcinas y establos de bovinos en el marco del MDL se han incrementado notablemente, sin embargo es necesario desarrollar esquemas de apoyo para granjas medianas y pequeñas que incorporen financiamiento, asesoría técnica, transferencia de tecnología y capacitación para el manejo adecuado del estiércol.

Entre las alternativas tecnológicas para el manejo de excretas con fines de reducción de emisiones de CH<sub>4</sub>, destaca el uso del estiércol en la agricultura, la reutilización en alimentos balanceados y la construcción y operación de biodigestores para la obtención de biogás, que puede ser aprovechado para suministrar energía para uso doméstico.

La SEMARNAT y la SAGARPA participan en el Grupo de Residuos Agrícolas de la Alianza Metano a Mercados, que está trabajando en el establecimiento y la operación experimental de diferentes tipos de biodigestores de baja y media capacidad, a fin de obtener experiencia y generar información que permita diseñar programas para el manejo de excretas en granjas pequeñas.

El INIFAP, por su parte, ha realizado diversos estudios sobre la reutilización de estiércol de cerdo en ensilados, en la elaboración de compostas y vermi-compostas, o su incorporación directa como abono, que son estrategias tecnológicas sencillas y de bajo costo para minimizar las emisiones de CH<sub>4</sub> y que podrían aportar un ingreso adicional a los productores.

**POTENCIAL DE MITIGACIÓN EN LA GANADERÍA INTENSIVA.** Se propone durante el periodo 2007-2012 incorporar 1,200 granjas pequeñas a alguna alternativa tecnológica de manejo adecuado de excretas para la reducción de emisiones de CH<sub>4</sub> y su reutilización energética en las mismas granjas. Puesto que el número de vientres y volumen de excretas en cada granja es muy variable, no es posible por ahora establecer una meta cuantitativa de reducción de metano, pero a partir de la información generada durante los primeros tres años de incorporar tecnología en pequeñas granjas, se espera a principios de 2010 establecer las primeras metas de reducción.

## **c) Investigación y Desarrollo**

Requieren de tratamiento especial los siguientes rubros de investigación y desarrollo:

- Identificación de predios de pastoreo susceptibles de rehabilitarse por diferentes técnicas y en particular para establecer cercos vivos.
- Desarrollo de indicadores de manejo sustentable pecuario.
- Evaluación y proyecciones de la demanda de productos cárnicos.
- Exploración de las posibilidades de reestructuración de la ganadería extensiva a partir del establecimiento de rutas de pastoreo semi-intensivas, y a partir del fomento del *Manejo Holístico*<sup>115</sup> de los recursos, sobre todo en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas (templadas y tropicales).
- Evaluación de posibilidades de reconversión de sistemas ganaderos en silvopastoriles y agrosilvopastoriles.

<sup>115</sup> Savory, 2006.



# Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

## d) Resumen del Potencial de Mitigación de Emisiones en Agricultura y Ganadería

Tabla 2.11 Resumen del potencial de mitigación de emisiones [MtCO<sub>2</sub>e] en agricultura y ganadería

Línea de acción	Metas 2007-2012	
	Superficie en hectáreas o acción de mitigación	Captura en MtCO <sub>2</sub> e
Reconversión productiva	900,000	4.2
Labranza de conservación y conservación de suelos	200,000	0.9
Captura de carbono en tierras de pastoreo	450,000	4.6
Uso eficiente de fertilizantes	Desarrollo de estándares de buenas prácticas para regiones y cultivos Emisión del Manual de Buenas Prácticas Evaluación de prácticas e insumos alternativos Corrección de los apoyos orientados a adquisición de insumos	N.D.
Prevención de incendios forestales por quemas agrícolas	Eliminación del uso del fuego en la agricultura de roza, tumba y quema en 100,000 hectáreas Reducción del 50% al 35% de los incendios forestales originados por quemas agrícolas	N.D.
<b>Total</b>		<b>9.7</b>

Estimaciones realizadas con base en tabla de potencial de almacenamiento neto de carbono de actividades adicionales bajo el artículo 3.4 del protocolo de Kioto (IPCC, 2000) en FAO, 2002.: <http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s08.htm#bm08.2>; N.D. = no disponible.

### D. TRANSVERSALIDAD Y ACCIONES DE MITIGACIÓN

Algunas acciones que contribuyen a mitigar las emisiones de GEI se desarrollan en el marco de la agenda de transversalidad de las políticas públicas que la SEMARNAT establece con otras Secretarías y dependencias de la Administración Pública Federal. En la medida que estas acciones integran criterios de sustentabilidad ambiental contribuyen también a la construcción de capacidades para la adaptación al cambio climático en las escalas local, regional y nacional. A continuación se mencionan algunas de las más relevantes.

**Programa Nacional de Micro-Cuencas.** A cargo de la SAGARPA e iniciado en 2002, este programa integra una estrategia para el desarrollo rural sustentable a escala municipal que da prioridad a la rehabilitación y conservación de los recursos naturales, con énfasis especial en suelo y agua, a la vez que genera oportunidades de empleo mediante la diversificación económica y la reconversión productiva. El énfasis en suelo y agua constituye una línea estratégica de gran importancia, ya que la erosión en las partes altas y laderas de las cuencas trae consigo otras secuelas negativas.

**Programa de Micro-Regiones.** A cargo de la SEDESOL y con el apoyo de la SEMARNAT, promueve el desarrollo integral y sustentable en zonas con altos

índices de marginación. Para lograr sus objetivos el programa se apoya en Centros Estratégicos Comunitarios que atienden las prioridades de la población. Entre otros instrumentos importantes, cuenta con un Fondo de Estabilización, Fortalecimiento y Reordenamiento de la Cafecultura; un Fideicomiso de Fomento Ejidal (FIFONAFE); y con los Programas de Desarrollo Regional Sustentable (PRODERS).

**Ordenamiento Territorial.** La SEMARNAT y la SEDESOL trabajan en armonizar los ordenamientos territoriales municipales y estatales con los ordenamientos ecológicos, a fin de ordenar el uso de la tierra de acuerdo con sus aptitudes ambientales y productivas, y así conservar los ecosistemas y sus servicios ambientales (incluyendo la captura de carbono).

**Regularización de Tierras y Resolución de Conflictos Agrarios.** La indefinición en la tenencia de la tierra es una de las causas de la deforestación y del cambio de uso del suelo hacia usos agropecuarios en zonas de extrema pobreza. Frecuentemente, ejidos y comunidades involucrados en conflictos agrarios utilizan la deforestación y la ocupación productiva como instrumento de adjudicación de tierras. La resolución de conflictos de propiedad de la tierra contribuye a la mitigación de emisiones por deforestación evitada y disminuye la vulnerabilidad de ciertos sectores sociales.



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## 2.2.4 LÍNEAS DE ACCIÓN CLIMÁTICA PARA VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO

### LÍNEAS DE ACCIÓN CLIMÁTICA PARA VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO

- 1) Construir capacidades en los tres órdenes de gobierno para la instrumentación del ordenamiento territorial, y en particular de las acciones orientadas a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.
- 2) Proteger y asegurar la integridad funcional de los ecosistemas y de los bienes y servicios ambientales:
  - Reducir y detener la deforestación a fin de minimizar las emisiones directas de GEI provenientes de la pérdida de bosques, selvas y pastizales.
  - Conservar la cobertura vegetal de ecosistemas primarios.
  - Ampliar la capacidad de producción primaria bruta y la consecuente captura de carbono mediante reforestación, aforestación y restauración de diversos sistemas.
- 3) Reforzar las agendas transversales en todos los ámbitos de la actividad económica relacionada con la vegetación y el uso del suelo, particularmente las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.
- 4) Establecer sinergias entre los objetivos de las convenciones internacionales sobre Biodiversidad, Desertificación y Cambio Climático.
- 5) Aprovechar los mercados de bonos de carbono y participar activamente en las negociaciones internacionales, para lograr que los esfuerzos de conservación de bosques y selvas cuenten con el apoyo de recursos internacionales y puedan participar en dichos mercados, particularmente en el MDL.
- 6) Consolidar el Programa Mexicano del Carbono para impulsar la investigación científica referente al ciclo del carbono en el país y fomentar la formación de recursos humanos en la materia.
- 7) Promover y fomentar la investigación aplicada, así como la innovación y el desarrollo tecnológicos, en materia de conservación de carbono y de reducción de emisiones de las actividades agropecuarias.

## 2.3 ESTRATEGIA DE VALORACIÓN PROGRESIVA DEL CARBONO EN LA ECONOMÍA NACIONAL

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) constituyen en la actualidad una externalidad para la economía mexicana. Los sectores productivos y los agentes económicos responsables de estas emisiones no asumen todavía los costos ambientales, actuales y futuros que de ellas se derivan y que afectan tanto a México como al resto del mundo.

La mitigación del cambio climático, es decir, las acciones para la reducción de las emisiones que lo determinan no será sostenible sin una señal económica que la impulse. Los agentes económicos causantes de dichas emisiones deben empezar a asumir progresivamente los costos sociales presentes y futuros determinados por su actuación. En la medida en que asuman dichos costos, los agentes económicos, públicos y privados, tendrán motivación para modificar sus estrategias de inversión y sus decisiones tecnológicas u organizativas. Estos costos se vuelven oportunidad cuando se trata de cooperar con entidades

externas que necesitan hacer frente a obligaciones asumidas en el marco del régimen internacional de atención al cambio climático.

En México, así como en otros países en desarrollo, se han instrumentado ya algunas políticas y medidas económicas que tienden a la valoración específica del carbono. Cabe recordar la participación, muchas veces precursora, de nuestro país en las "Actividades de Implementación Conjunta", en el contexto de La Convención. A través de proyectos como "Ilumex", centrado en el mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de iluminación, nuestro país recibió por primera vez una compensación económica por un beneficio ambiental global de índole climática. En este mismo sentido ha venido operando el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés). Desde su creación y hasta comienzos de 2007 México ha recibido soporte financiero para 11 proyectos por poco más de 132 millones de dólares (Tabla 2.12), y espera 68.5 millones más para otros 6 proyectos que impulsarán acciones que contribuyan a la mitigación del cambio climático o a la adaptación al mismo.



## Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación

**Tabla 2.12 Fondos del GEF adjudicados a proyectos de cambio climático en México**

	Número de proyectos	Fondos adjudicados (millones de dólares americanos)
Proyectos concluidos	4	25.536
Proyectos en ejecución	7	106.466
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>132.002</b>
Proyectos por iniciar	6	68.500

FUENTE: Dirección General Adjunta de Financiamiento Estratégico, SPPA/SEMARNAT, febrero 2007.

El Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto representó un salto cualitativo en el proceso de valoración del carbono. Muchos agentes sociales tuvieron conocimiento del cambio climático y de los desafíos u oportunidades asociados, a raíz del interés suscitado por la entrada en operación del MDL. La implantación del MDL fue posible gracias a la constitución formal de la Autoridad Nacional Designada y a una nueva institucionalidad que inició trabajos de difusión y fomento de proyectos de mitigación. Un conjunto de acuerdos internacionales de cooperación, bilaterales o multilaterales, contribuyó a facilitar el proceso.

En el desarrollo de proyectos MDL México está posicionado en el 3er lugar mundial por el número de proyectos registrados, 5º por las reducciones esperadas por año y 6º por las Reducciones Certificadas de Emisiones. Calificadores internacionales posicionan a México como el 4º país no Anexo I con mejores perspectivas para la implementación de este tipo de proyectos.

Con independencia de lo anterior, la SEMARNAT, por medio de la Comisión Nacional Forestal, ha venido desarrollando un mecanismo de pago por servicios ambientales de captura de carbono en áreas forestales. De esta manera por primera vez, el Estado mexicano asumió un pago por servicios ambientales climáticos no vinculado al cumplimiento de compromisos ajenos. Por otra parte PEMEX estableció en el año 2001 un esquema virtual de intercambio de bonos de carbono entre sus unidades productivas que ha suscitado interés internacional. Todas estas experiencias apuntan hacia un proceso gradual de valoración del carbono en múltiples sectores del sistema económico de nuestro país. Su escala de aplicación ha sido mínima y, por consiguiente, su impacto real resulta todavía muy limitado.

A nivel internacional, la valoración económica del carbono se plantea a través de diversos mecanismos alternativos o complementarios, incluyendo la adopción de impuestos, esquemas comerciales o regulaciones de

diversa índole. Antecedido por algunos ejercicios nacionales, el Esquema Europeo de Intercambio de Emisiones, en operación a partir del 1º de enero de 2005, constituye la experiencia mundial más ambiciosa al respecto. Este Esquema es el principal referente para la progresiva consolidación de un mercado mundial emergente de bonos de carbono, que irá determinando una creciente valoración económica del carbono en el ámbito global.

En el caso de México, no se considera factible ni deseable la creación inmediata de un esquema nacional de intercambio de emisiones con involucramiento de todos los sectores y precios de carbono determinados por el mercado internacional. La implantación de un esquema con estos alcances podría tener efectos disruptivos sobre la competitividad del país, y no se justificaría con base en el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas que rige el régimen climático multilateral.

En el otro extremo, tampoco se justificaría mantener el estado actual confiando en que el posible desarrollo del MDL rinda los efectos deseados de fomento a una economía baja en carbono. Factores estructurales tales como la evolución previsible de la demanda, las dificultades metodológicas propias de la actuación por proyecto y los elevados costos de transacción, impiden que el MDL, incluso mejorado, pudiera por sí mismo inducir cambios de la magnitud requerida en los sistemas de producción y consumo de bienes y servicios. Limitarse al MDL como motor de cambio resultaría, además de ineficaz, contrario al principio de que cada país deberá realizar su mejor esfuerzo en función de las responsabilidades derivadas de sus propias emisiones y de sus capacidades.

El establecimiento de un esquema completo de intercambio de emisiones podría asumirse como una aspiración de mediano plazo, que pudiera lograrse mediante un proceso realista, conducido paso a paso, acompañado por un proceso paralelo de fortalecimiento de capacida-



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

des nacionales. El principio de progresividad contemplado en esta estrategia plantea que, a partir de los muy limitados alcances de los mecanismos actuales, incluyendo desde luego al MDL, se pudiera incrementar por etapas tanto el número de sectores participantes como los valores de carbono manejados. El esquema operaría con precios controlados de carbono, inicialmente bajos, que pudieran ser objeto de revisiones periódicas hasta equipararse en el futuro a los precios que rijan en el mercado internacional. El desarrollo por etapas de este esquema permitiría modular su avance para aprovechar oportunidades que deriven de las negociaciones del régimen climático internacional y extraer del mismo, el mejor dividendo posible en términos del impulso a un desarrollo más limpio.

La evolución negociada del régimen internacional de atención al cambio climático podrá determinar cambios en la secuencia o en el ritmo de avance de la estrategia descrita. En particular, un esquema de cooperación internacional basado en enfoques sectoriales «sin riesgo» («no-lose») podría acelerar la identificación de sectores económicos participantes y su incorporación anticipada a esquemas locales, regionales o internacionales de intercambio de bonos de carbono.

La estrategia progresiva adoptada permitirá no sólo abatir costos de cumplimiento de metas de emisión, sino además acelerar en todo el sistema económico el reconocimiento del valor asociado al carbono.

## ETAPAS CONTEMPLADAS EN LA ESTRATEGIA DE VALORACIÓN PROGRESIVA DEL CARBONO EN LA ECONOMÍA NACIONAL

- 1) Consolidación del esquema virtual de PEMEX, fijando límites a las emisiones de las unidades productivas participantes, y vinculándolo al sistema de reporte voluntario de emisiones de gases de efecto invernadero fomentado por la SEMARNAT. Incorporación de la CFE y de LFC a dicho sistema de reporte voluntario. Fomento sostenido a proyectos MDL en todos los sectores, en particular en el energético.
- 2) Asignación por parte de PEMEX de valores de carbono e intercambio real, con limitadas afectaciones presupuestales a las unidades productivas participantes. Revisión periódica de los límites de emisiones. Incorporación de CFE y LFC a un sistema de limitación indicativa de emisiones.
- 3) Establecimiento de un sistema de intercambios de bonos de carbono, con topes de valor, entre PEMEX, CFE y LFC. Introducción de medidas regulatorias que permitan consolidar y ampliar esta experiencia, incluyendo los cambios legislativos, reglamentarios o normativos que se requieran.
- 4) Fomento de intercambios de bonos de carbono con otros sectores económicos, públicos o privados, con base en proyectos gestionados con criterios simplificados, inspirados en el MDL.
- 5) Incorporación de sectores productivos seleccionados a un esquema nacional de “limitación e intercambio” («*cap & trade*»), con precios tope de carbono, determinados por el Estado, que no comprometan un desarrollo económicamente sano y competitivo.
- 6) Ampliación de los sectores participantes y consolidación del esquema nacional, con progresiva liberalización de precios.
- 7) Interconexión del esquema nacional emergente con otros esquemas internacionales, derivados o no del Protocolo de Kioto.





## *Vulnerabilidad y Adaptación*





# Vulnerabilidad y Adaptación

## 3.1 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es la probabilidad de que una comunidad expuesta a una amenaza natural, pueda sufrir daños humanos y materiales según el grado de fragilidad de sus elementos: infraestructura, vivienda, actividades productivas, organización, sistemas de alerta y desarrollo político-institucional. La magnitud de esos daños, también está relacionada con el grado de vulnerabilidad. Esta condición no está determinada por la posible ocurrencia de fenómenos peligrosos, sino por la forma en que las sociedades se desarrollan, se preparan o no para enfrentar el riesgo o para recuperarse de los desastres. Es entonces una condición que se manifiesta durante el desastre, cuando no se ha invertido suficiente en el diseño y la instrumentación de medidas preventivas y se ha aceptado un nivel de riesgo demasiado elevado<sup>116</sup>.

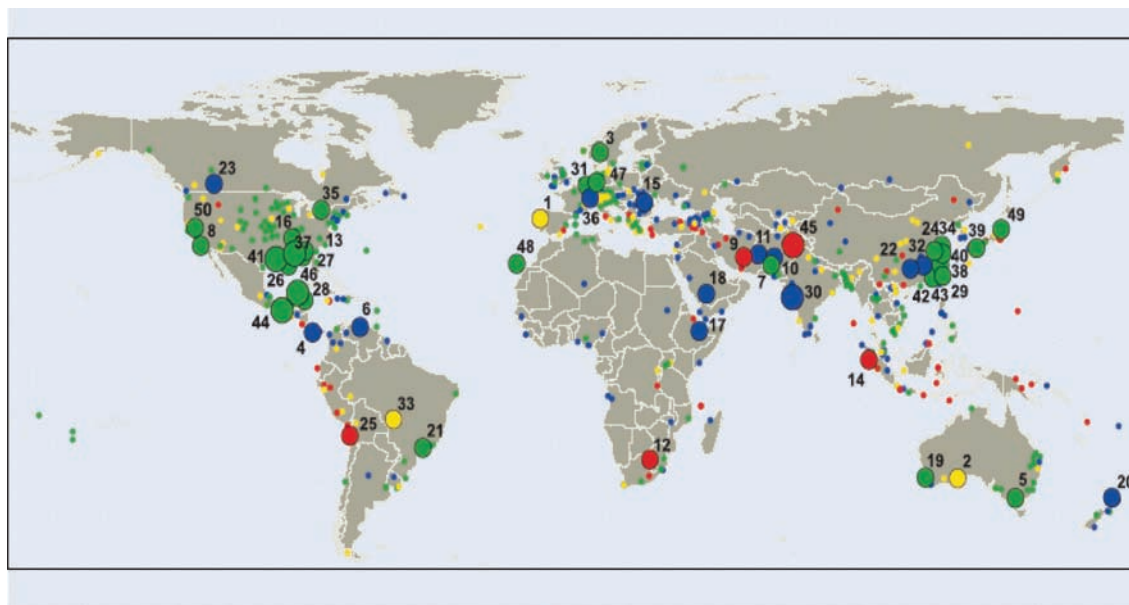
El riesgo es resultado de una amenaza y de la vulnerabilidad. Los eventos hidrometeorológicos extremos en sí mismos no siempre representan una amenaza, la verdadera amenaza se presenta cuando existe la posibilidad de que un evento tenga la capacidad de afectar a un sector social. Entendiendo de esta manera el riesgo, gran parte

de la responsabilidad de los desastres está en la estructura socioeconómica de un país o región.

La vulnerabilidad frente a la variabilidad natural del clima y a los efectos del cambio climático está relacionada con factores como el crecimiento poblacional, la pobreza, las condiciones de salud pública, la proliferación de asentamientos en lugares de alto riesgo, la intensificación industrial, el deterioro y las carencias de infraestructura o equipamiento territorial; y con los efectos locales acumulados por los procesos de deterioro ambiental<sup>117</sup>.

Los eventos hidrometeorológicos extremos constituyen amenazas o peligros que pueden convertirse en factores desencadenantes de un desastre. El riesgo de que efectivamente se produzca un desastre está determinado también y sobre todo por la concurrencia de diversos factores de exposición y vulnerabilidad<sup>118</sup>, todos ellos de índole social y por ende susceptibles de modificarse mediante políticas públicas, en un sentido de mitigación o agravamiento. Estos factores de exposición y de vulnerabilidad son los que determinan que un mismo evento peligroso pueda ocurrir sin generar prácticamente daños o bien desencadenar un desastre de grandes proporciones.

Gráfico 3.1 Catástrofes vinculadas con eventos naturales extremos a nivel mundial durante 2005



El tamaño del círculo indica el grado del daño. Los colores indican las causas; rojo: geológicas; verde: hidrometeorológicas; azul: inundaciones; amarillo: altas temperaturas, deslizamientos de tierras y avalanchas.

FUENTE: Munich Re Group, 2006.

<sup>116</sup> Landa, et al., *en prensa*.

<sup>117</sup> SEMARNAP, 2000; Tudela, 2004; Carabias y Landa, 2005.

<sup>118</sup> La *exposición* está referida al tamaño de la población, el valor de los bienes o la dimensión económica de los procesos productivos que pudieran verse afectados por el evento en cuestión; mientras que la *vulnerabilidad* consiste en la probabilidad de que, a raíz de su exposición a un peligro concreto, un sistema socio-ambiental padezca *daño* o desestructuración.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Las compañías aseguradoras han empezado a reconocer que la intensificación de los impactos derivados de eventos hidrometeorológicos en diversas partes del mundo está vinculada con el calentamiento global. Durante 2005 se registraron 650 catástrofes mundiales vinculadas con eventos extremos que tuvieron importantes impactos (**Gráfico 3.1**) que resultaron en pérdidas de vidas e infraestructura y altos costos financieros. De acuerdo con información del *Munich Re Group*, una de las grandes compañías que ofrecen seguros por riesgos ante “desastres naturales” y pionera internacional en ofrecer seguros ante algunos de los impactos asociados con el cambio climático<sup>119</sup>; los cinco eventos extremos de origen hidrometeorológico requirieron en 2005 el pago de más de 80 mil millones de dólares por las aseguradoras (**Tabla 3.1**).

En la región de América Latina y el Caribe (ALC) la presión del crecimiento demográfico sobre los sistemas naturales constituye una de las más importantes fuerzas conductoras del deterioro ambiental. Las estimaciones sobre el grado de vulnerabilidad de ALC ante el cambio climático aún son imprecisas, pero sin duda los ecosistemas, las especies de distribución restringida, los recursos hídricos, la producción agropecuaria, los recursos forestales, los asentamientos humanos, las zonas costeras, así como la salud humana, se cuentan entre los componentes más vulnerables.

Entre los fenómenos recientes atribuibles al cambio climático en ALC pueden mencionarse la intensificación de la Zona Anticiclónica del Atlántico Sur; el desplazamiento hacia el sur de los vientos alisios subtropicales de América del Sur; el derretimiento y retroceso de los glaciares en los Andes; así como cambios en la distribución y la abundancia de la precipitación anual.

La situación geográfica de México, las condiciones climáticas, orográficas e hidrológicas, entre otros factores; contribuyen a que nuestro país esté expuesto a eventos

hidrometeorológicos que pueden llegar a situaciones de desastre y cuyos efectos se verán exacerbados por el cambio climático. Los impactos adversos derivan de huracanes, lluvias torrenciales, heladas, sequías, inundaciones, ondas de calor o de frío y oscilaciones extremas en la humedad de suelos y atmósfera. Estos impactos frenan temporalmente, o incluso hacen retroceder el desarrollo socioeconómico en las regiones afectadas, ya que implican, la destrucción material y el deterioro de los recursos naturales, cuya situación actual es ya crítica. El 96.98% del suelo del país es susceptible a afectaciones por al menos alguno de los procesos de degradación de suelos (**Gráfico 3.2**) y las zonas áridas son altamente vulnerables a la desertificación<sup>120</sup>.

En México, tanto los factores de exposición como los de vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos han aumentado. Durante los últimos años se registró un incremento en la precipitación media anual en la zona noroeste, un aumento en la frecuencia y la severidad de las sequías en el centro-norte del país; un aumento en el número de depresiones tropicales en la región caribeña y del golfo de México, así como una intensificación en la fuerza de los huracanes. La temporada de huracanes del año 2004 fue la tercera más activa desde 1950 y la temporada de 2005 la más activa jamás registrada.

El grado de vulnerabilidad a huracanes se expresa de manera diferencial en las costas mexicanas (**Gráfico 3.3**).

La SEGOB reconoce que mientras el número de eventos extremos de origen geofísico, como los sismos, ha permanecido constante, la ocurrencia de desastres de origen hidrometeorológico se ha más que duplicado en las últimas décadas; durante la década de los años noventa más del 90% de las personas que fallecieron por los efectos de fenómenos naturales perdieron la vida en huracanes, sequías, tormentas e inundaciones. Otras cifras relacionadas con la vulnerabilidad nacional son<sup>121</sup>:

**TABLA 3.1. Pérdidas registradas por los cinco mayores eventos hidrometeorológicos en 2005**

Fechas	Lugar	Evento	Pérdidas humanas	Pérdidas - millones USD	Pagos de seguros - millones USD
julio-agosto	India	Inundación	1,150	5,000	770
agosto	EEUU	Huracán Katrina	1,322	126,000	60,000
septiembre	EEUU	Huracán Rita	10	16,000	11,000
octubre	América Central	Huracán Stan	840	3,000	100
octubre	México, EEUU, Caribe	Huracán Wilma	42	18,000	10,500

FUENTE: Munich Re Group, 2006.

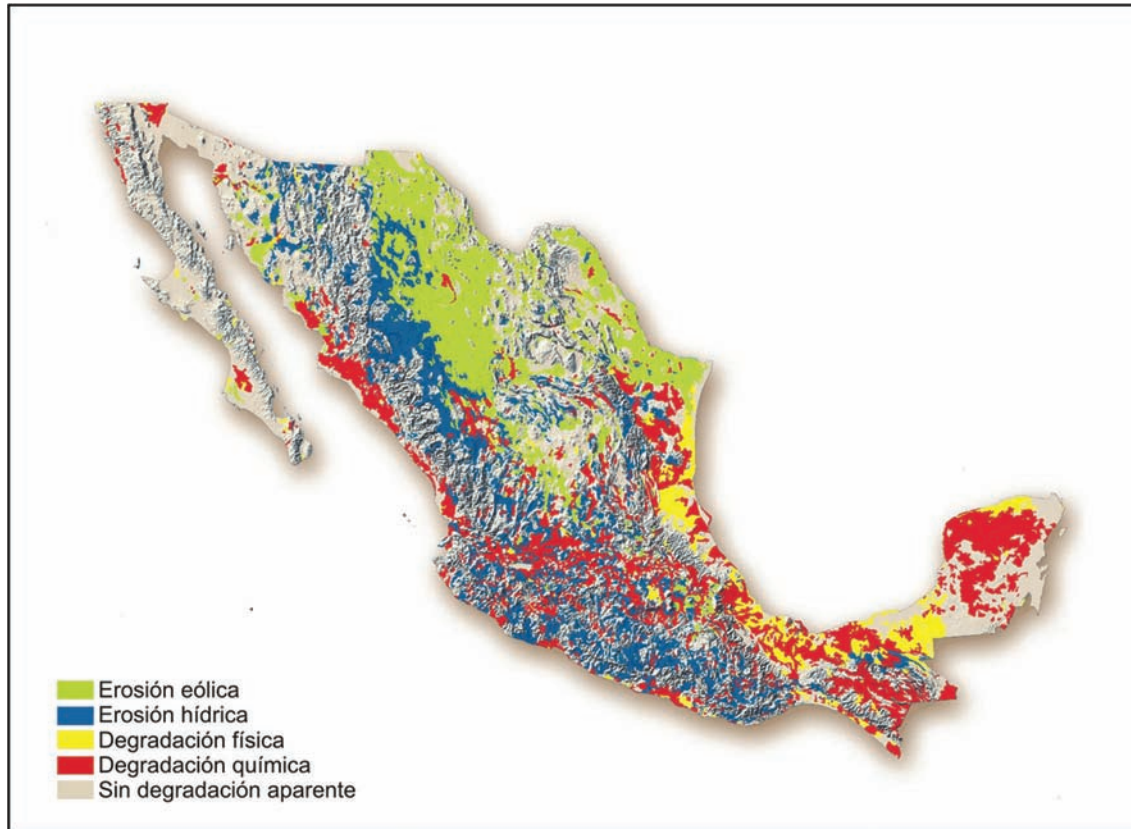
<sup>119</sup> Munich Re Group, 2006.

<sup>120</sup> Oropeza, 2004.

<sup>121</sup> SEGOB, 2001a.

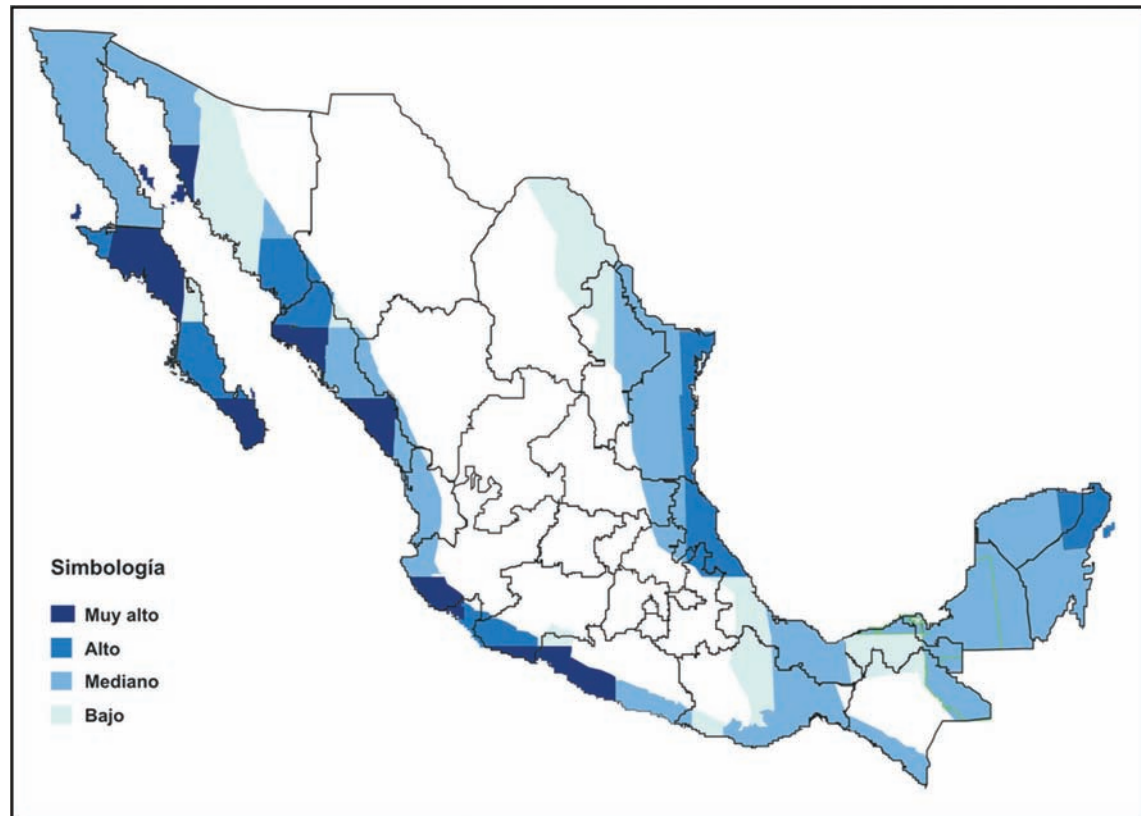
# Vulnerabilidad y Adaptación

Gráfico 3.2 Degradación de suelos en México



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Gráfico 3.3 Zonas de riesgo y grado de vulnerabilidad a huracanes en México.



FUENTE: CENAPRED 2001.

Tabla 3.2 Distribución porcentual de los hogares mexicanos por rangos de salarios mínimos equivalentes en el periodo 1992-2004

Año	1992	1996	2000	2002	2004
<b>Total</b>	<b>17 819 414</b>	<b>20 467 038</b>	<b>23 484 752</b>	<b>24 650 169</b>	<b>25 845 081</b>
Hasta 2 S.M.	34.4	45.2	36.4	34.6	31.7
Más de 2 y hasta 4 S.M.	30.5	30.4	30.4	30.9	32.3
Más de 4 y hasta 8 S.M.	21.8	16.5	20.3	22.1	22.8
Más de 8 y hasta 14 S.M.	8.0	5.1	7.9	8.1	8.9
Más de 14 S.M.	5.3	2.8	5.0	4.4	4.3

S.M. = salario mínimo equivalente. El Total indica número de hogares considerados.

FUENTE: Portal Web del INEGI - <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=ming02&c=3314>

# Vulnerabilidad y Adaptación

1. Alrededor de 20 millones de personas habitan áreas susceptibles al impacto de huracanes (alrededor de 800 mil km<sup>2</sup> del país);
2. Anualmente se producen daños por 270 millones de dólares en promedio debido a la erosión de los márgenes de los ríos;
3. Las presas pierden 1.1 billones de metros cúbicos de capacidad debido al azolve cada año;
4. Se dragan al año alrededor de 300 millones de metros cúbicos en ríos y puertos.

En México los riesgos derivados de condiciones extremas en el clima se suman a los derivados de la inequidad prevaleciente en el acceso a bienes públicos y a servicios ambientales de los ecosistemas. El 64% de los hogares viven con menos de cuatro salarios mínimos equivalentes y el 86.8% con menos de 8 (Tabla 3.2).

El cambio climático tendrá impactos adversos sobre las poblaciones y las actividades económicas. Aunque se maneja mucha incertidumbre sobre la frecuencia, la intensidad y la distribución de los efectos, la aplicación de políticas ante cambio climático no debe detenerse por no contar con altos niveles de certeza.

Para disponer de información precisa sobre los impactos del cambio climático en nuestro territorio, se requiere, sistematizar la información climática, geofísica y oceánica que han generado los científicos mexicanos, y desarrollar nuevos estudios del clima a escalas nacional y regional. También hace falta mayor y mejor información científica sobre algunos procesos ecológicos claves que determinarán el comportamiento de los ecosistemas naturales como resultado del cambio climático, especialmente sobre capacidades de carga y capacidades de renovación y resistencia ante invasiones de especies exóticas. Es urgente que México habilite una base de datos que se pueda consultar en tiempo real a fin de fortalecer la toma de decisiones en la materia y que inicie la formulación de políticas y la concertación de esfuerzos para desarrollar capacidades de respuesta ante los impactos previsibles del cambio climático.

El cambio climático es un problema de seguridad estratégica que tiene que ver con la integridad de las personas y de sus bienes materiales y culturales, con la conservación de los ecosistemas y sus servicios ambientales, con el mantenimiento de las infraestructuras, y que particularmente afecta la seguridad de los asentamientos

humanos muchos de los cuales se encuentran ya expuestos a riesgos por la variabilidad climática.

En este contexto todo desarrollo económico y social que no se planifique bajo un enfoque de ordenamiento territorial o planeación de la evolución espacial de la economía y los asentamientos humanos, tiene altas probabilidades de incrementar, en vez de reducir, la vulnerabilidad. Es necesario fomentar la transversalidad de las políticas públicas con una perspectiva de planeación espacial de la economía, coordinar acciones entre los tres órdenes de gobierno y sumar esfuerzos con la iniciativa privada, las organizaciones de la sociedad civil y las Instituciones de Investigación.

## 3.1.1. IMPACTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EFECTOS ESPERADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

Durante las últimas dos décadas del siglo veinte por efecto de eventos hidrometeorológicos extremos se registraron cerca de 3 mil muertes y daños totales por 4 mil 400 millones de dólares, además de los costos indirectos derivados de la interrupción de bienes y servicios, que se estiman en no menos de 145 millones de dólares; a lo que habría que sumar los daños a ecosistemas y la pérdida de capital natural. Los más recientes eventos de El Niño han afectado ecosistemas que albergan especies de interés comercial, dañando la productividad de sistemas pesqueros, agropecuarios y forestales.

Entre 1970 y 2005, impactaron las costas 154 ciclones tropicales, de los cuales 59 tuvieron intensidad de huracán al llegar a tierra. En promedio, cada año 4.2 de estos fenómenos impactan al país, de los cuales 1.6 se presentan en las costas del golfo de México y el Caribe, y 2.6 en las del Pacífico<sup>122</sup> (Tabla 3.3).

Existe una tendencia creciente en los costos asociados a los impactos de fenómenos meteorológicos extremos sobre territorio. Sólo por los huracanes *Isidore* y *Kenna* en 2002 y *Stan* y *Wilma* en 2005 los daños documentados superan los 4 mil millones de dólares. Las altas temperaturas de 1998 asociadas con "El Niño" incrementaron el número y la magnitud de los incendios forestales, que sumaron más de 14 mil y afectaron cerca de un millón de hectáreas<sup>123</sup>. Los costos de estos daños, aunque difíciles de cuantificar, se estiman en no menos de 1 mil 600 millones de dólares.

<sup>122</sup> CONAGUA, 2006.

<sup>123</sup> SEMARNAT-CONAFOR, 2005; Magaña et al. 1999.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Tabla 3.3. Huracanes que han impactado en México en el período 1980 - 2005 (ordenados por intensidad)

Nombre del ciclón	Lugar de entrada a tierra	Fecha de ocurrencia	V máx. (km/h)	Categoría	Región	Decesos
Gilberto	Puerto Morelos, Q Roo [La Pesca, Tamps]	Sep. 8-13, 1988	287[215]	H5 [H4]	Atlántico	327
Wilma	Isla Cozumel [Puerto Morelos, Q.R.]	Oct. 15-25, 2005	230[220]	H4	Atlántico	4
Kenna	San Blas, Nay.	Oct. 21-25, 2002	230	H4	Pacífico	
Emily	20 km al Norte de Tulum, QR [Mezquital, Tamps]	Jul 10-21, 2005	215	H4 [H3]	Atlántico	
Isidore	Telchac Puerto, Yucatán	Sep 14-26, 2002	205	H3	Atlántico	
Tico	Caimanero, Sin	Oct. 11-19, 1983	205	H3	Pacífico	
Pauline	Puerto Ángel, Oax [Acapulco, Gro.]	Oct 6-10, 1997	195 [165]	H3 [H2]	Pacífico	400
Kilo	Bahía Los Muertos, BCS	Ago 24-29, 1989	195	H3	Pacífico	
Roxanne	Tulum, Q.Roo [Martínez de la Torre, Ver]	Oct 8-20, 1995	185 [45]	H3 [DT]	Atlántico	
Allen	Lauro Villar, Tamps.	Jul 31-Ago 11, 1980	185	H3	Atlántico	
Virgil	Peñitas, Mich.	Oct 1-5, 1992	175	H2	Pacífico	
Winifred	Cuyutlán, Col	Oct 7-10, 1992	175	H2	Pacífico	
Waldo	Punta Prieta, Sin	Oct 7-9, 1985	165	H2	Pacífico	
Norma	Mármol, Sin	Oct 8-12, 1981	165	H2	Pacífico	
Rosa	Escuinapa, Sin	Oct 8-15, 1994	165	H2	Pacífico	
Calvin	Manzanillo, Col [Las Lagunas, BCS]	Jul 4-9, 1993	165 [75]	H2 [TT]	Pacífico	
Ignacio	60 Km al Este de Cd. Constitución, BCS	Ago 22-27, 2003	165	H2	Pacífico	
Marty	15 km al Noreste de Sn. José del Cabo, BCS	Sep 18-24, 2003	160	H2	Pacífico	
Alma	La Mira, Mich.	Jun 20-27, 1996	160	H2	Pacífico	3
Lidia	Campo Aníbal, Sin	Sep 8-13, 1993	160	H2	Pacífico	
Paul	Las Lagunas, BCS [Topolobampo, Sin]	Sep 18-30, 1982	158	H2	Pacífico	
Diana	Chetumal, Q Roo [Tuxpan, Ver]	Ago 4-8, 1990	110 [158]	TT [H2]	Atlántico	96



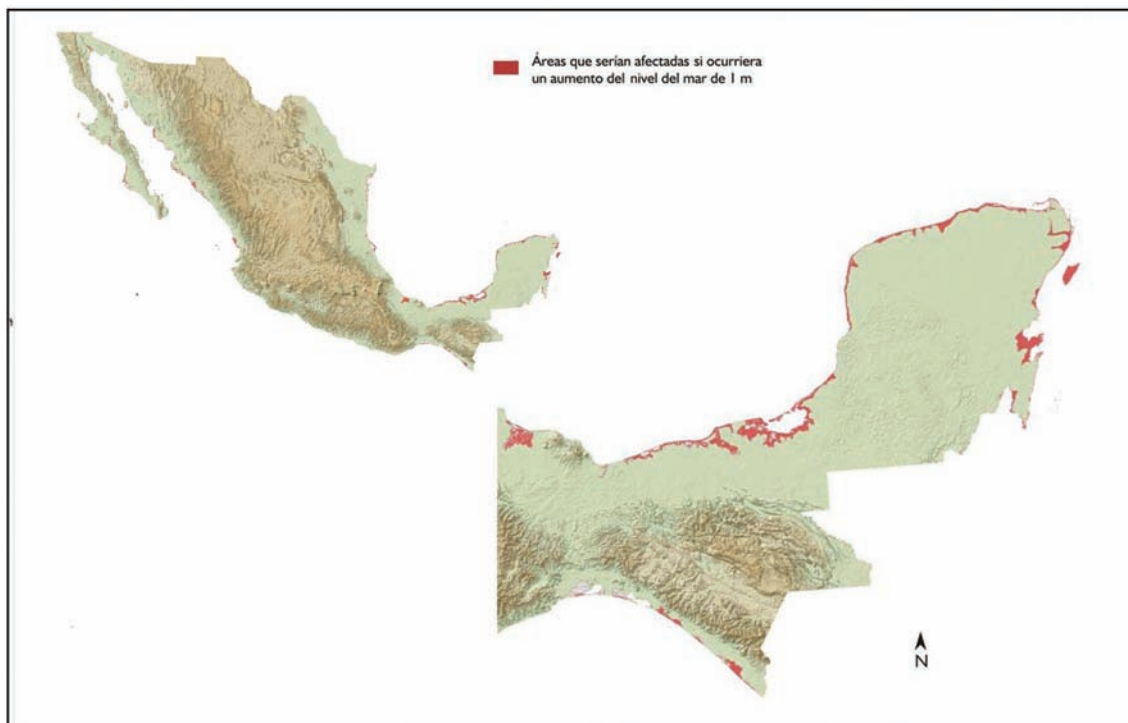
# Vulnerabilidad y Adaptación

Nombre del ciclón	Lugar de entrada a tierra	Fecha de ocurrencia	V máx. (km/h)	Categoría	Región	Decesos
Henriette	Cabo San Lucas, BCS	Sep 1-8, 1995	158	H2	Pacífico	
Keith	Chetumal, Q Roo [Tampico, Tamps]	Oct 3-5, 2000	148	H1	Atlántico	
Boris	Tecpan de Galeana, Gro.	Jun 28-Jul 1, 1996	148	H1	Pacífico	7
Eugene	Tenacatita, Jal	Jul 22-26, 1987	148	H1	Pacífico	
Paine	Topolobampo, Sin	Sep 28-Oct 2, 1986	148	H1	Pacífico	
Gert	Chetumal, QR [Tuxpan, Ver]	Sep 14-21, 1993	65 [148]	TT [H1]	Atlántico	76
Rick	Puerto Escondido, Oax	Nov 7-10, 1997	140	H1	Pacífico	
Cosme	Cruz Grande, Gro.	Jun 18-23, 1989	140	H1	Pacífico	
Nora	Bahía Tortugas, BCS [Punta Canoas, BC]	Sep 16-26, 1997	130 [120]	H1 [H1]	Pacífico	
Fausto	Todos Santos, BCS [Sn. Ignacio, Sin]	Sep 10-14, 1996	130 [120]	H1 [H1]	Pacífico	
Barry	Media Luna, Tamps	Ago 23-29, 1983	130	H1	Atlántico	
Stan	Felipe C. Pto, QR [San Andrés Tuxtla, Ver]	Oct 1-5, 2005	75 [130]	TT [H1]	Atlántico	8
Dolly	Felipe Carrillo P, Q Roo [Pueblo Viejo, Ver]	Ago 19-24, 1996	110 [130]	TT [H1]	Atlántico	13
Hernán	Cihuatlán, Jal [San Blas, Nay]	Sep 30-Oct 4, 1996	120 [45]	H1 [DT]	Pacífico	3
Juliette	La Paz, Constitución, BCS; Libertad, Son; El Huerfanito, BC	Sep 21-30, 2001	120 [55]	H1 [DT]	Pacífico	
Ismael	Topolobampo, Sin	Sep 12-15, 1995	120	H1	Pacífico	250
Isis	Los Cabos, BCS [Topolobampo, Sin]	Sep 1-3, 1998	110 [120]	TT [H1]	Pacífico	
Lester	Punta Abreojos, BCS [Bahía Sargento, Son]	Ago 20-24, 1992	120 [85]	H1 [TT]	Pacífico	
Debby	Tuxpan, Ver	Ago 31-Sep 8, 1988	120	H1	Atlántico	
Roslyn	Mazatlán, Sin	Oct 15-22, 1986	120	H1	Pacífico	
Greg	San José del Cabo, BCS	Sep 5-9, 1999	120	H1	Pacífico	
Erika	Matamoros, Tamps	Ago 14-16, 2003	120	H1	Atlántico	
Newton	Yavaros, Son	Sep 18-23, 1986	120	H1	Pacífico	

FUENTE: Subdirección General Técnica. CONAGUA, 2006.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Gráfico 3.4 Zonas costeras del golfo de México y el mar Caribe más vulnerables al incremento del nivel del mar



FUENTE: SEMARNAT, 2006.

Bajo condiciones de cambio climático los fenómenos que forman parte de la variabilidad natural del clima, como la oscilación del Sur «El Niño-La Niña»<sup>124</sup>, podrán intensificarse y acrecentar las anomalías sobre territorio mexicano, incrementando a su vez el riesgo de asentamientos humanos e infraestructuras. Además las zonas costeras se encontrarán expuestas a mayores riesgos derivados de la progresiva elevación del nivel del mar (Gráfico 3.4), estimada entre 20 y 60 cm para el 2100<sup>125</sup>.

En el caso de la agricultura, la producción de maíz de temporal los modelos indican que las zonas aptas para su cultivo en México observarán una reducción neta por efectos del cambio climático (Gráfico 3.5). Se espera igualmente pérdida de biodiversidad en maíces criollos y otras especies asociadas.

Las consecuencias de eventos hidrometeorológicos extremos sobre las principales variables macroeconómicas del país empiezan a ser significativas, ya que la fracción

asegurada de la población y de la infraestructura es muy reducida y apenas inicia el desarrollo de instrumentos financieros para proteger a las personas y a sus bienes frente a los riesgos incrementales derivados del cambio climático. Algunos estudios proyectan diversos impactos del cambio climático en territorio mexicano (Tabla 3.4).

Prácticamente no existe un sólo sector de la economía, población, o región de México que quede liberada de los impactos del cambio climático. Los riesgos son incrementales para la seguridad de los asentamientos humanos, la industria turística costera, la salud pública, la producción de alimentos, la disponibilidad y la calidad del agua, la integridad de los ecosistemas, la infraestructura petrolera y de generación y suministro de energía. Son particularmente relevantes las afectaciones al ciclo hidrológico, ya que los cambios sobre los recursos hídricos afectarán a todos los sectores sociales y productivos. Los impactos serán entonces de carácter social, económico y ambiental y podrán adquirir dimensiones significativas al grado de frenar el desarrollo del país<sup>126</sup>.

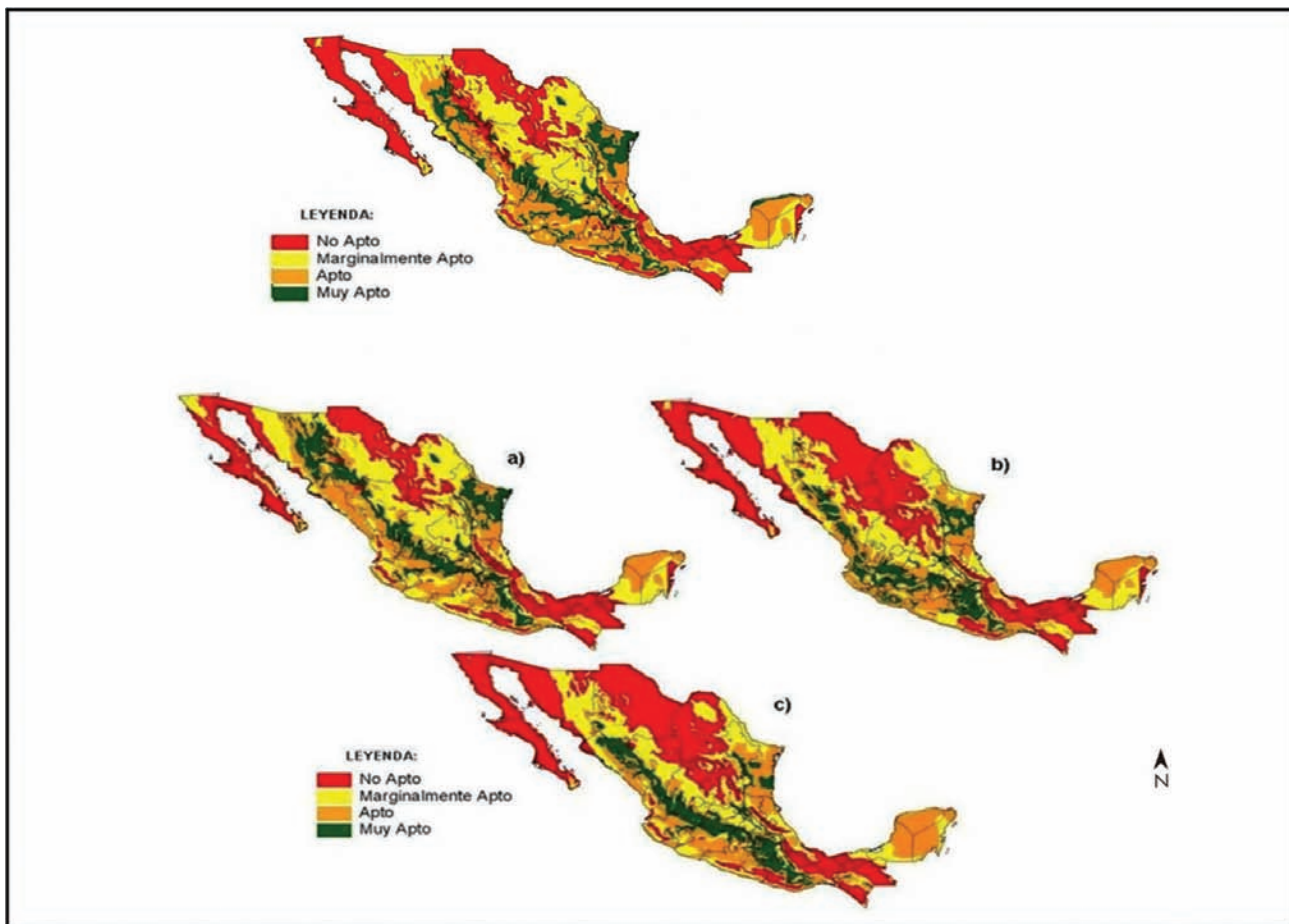
<sup>124</sup> Magaña *et al.* 2004.

<sup>125</sup> IPCC, 2007.

<sup>126</sup> INE, 1997.

# Vulnerabilidad y Adaptación

Gráfico 3.5 Situación actual e impactos previsibles del cambio climático en las zonas aptas para el cultivo de maíz de temporal, de acuerdo con tres escenarios posibles.



**Arriba**, situación actual: distribución de zonas de aptitud para el cultivo de maíz de temporal. **Abajo**, escenarios a 2050: a) modelo GFDL, pocos cambios; b) ECHAM, disminución de 27% en aptitud; c) modelo HADLEY, disminución de 22% en aptitud. Nótese que buena parte del territorio que presenta condiciones favorables en estos tres escenarios (color verde), se sitúa en zonas de ladera de la Sierra Madre Occidental. FUENTE: CCA-UNAM.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Tabla 3.4 Impactos previsible del cambio climático en México

Sector o área	Impactos
Condiciones climáticas y recursos hídricos <sup>127</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación de los regímenes de precipitación.</li> <li>• Mayor frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos (huracanes y ciclones tropicales, inundaciones, sequías, oscilación del Sur «El Niño-La Niña», etc.).</li> <li>• Incremento de escurrimientos superficiales y deslizamientos en algunas regiones.</li> <li>• Mayor azolvamiento en presas y embalses.</li> <li>• Intrusión de agua salada en acuíferos costeros por la elevación del nivel del mar.</li> <li>• Reducción drástica en la disponibilidad de agua por habitante en algunas regiones (D.F., Estado de México, Guanajuato, Jalisco).</li> </ul>
Ecosistemas, biodiversidad y sus servicios ambientales <sup>128, 129, 130, 131, 132</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación de regiones ecológicas, migración de ecosistemas a mayores latitudes y altitudes.</li> <li>• Transformación de hábitats a tasas que excederán sus capacidades naturales de adaptación.</li> <li>• Extinción probable de bosques de coníferas y praderas de alta montaña y cambios importantes en al menos el 50% de los demás tipos de ecosistemas.</li> <li>• Reducción drástica de zonas de distribución de otros bosques de coníferas y encinos, así como bosques mesófilos de montaña.</li> <li>• Mayor incidencia de incendios forestales.</li> <li>• Pérdida de humedales que constituyen hábitats para especies migratorias.</li> <li>• Disminución en la abundancia de poblaciones de flora y fauna silvestres.</li> <li>• Incremento de la tasa de extinción, particularmente especies de distribución restringida.</li> <li>• Invasión de especies exóticas, que modificarán estructuras tróficas y eliminarán especies nativas.</li> <li>• Disminución de las capacidades de renovación de servicios ambientales de los ecosistemas.</li> <li>• Reducción de la producción de madera, celulosa y papel derivados de bosques de coníferas.</li> </ul>
Zonas costeras <sup>133</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificaciones en la distribución de las especies marinas de interés comercial y de la disponibilidad de recursos pesqueros, por cambios de temperatura y en las corrientes oceánicas.</li> <li>• Afectación de arrecifes coralinos, manglares, humedales, playas y zonas bajas, por elevación del nivel del mar.</li> <li>• Erosión de playas por mareas altas, tormentas y huracanes.</li> <li>• Riesgo de afectación a infraestructura costera; reducción del valor de inmuebles e infraestructura urbana.</li> <li>• Costos incrementales de las pólizas de aseguradoras.</li> <li>• Afectación a la piscicultura en zonas costeras y humedales.</li> <li>• Disminución de ingresos del sector turismo en las zonas costeras afectadas.</li> </ul>
Degradación de tierras <sup>134</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento del deterioro, pérdida de suelos y avance de la desertificación en alrededor del 48% del territorio.</li> <li>• Incremento de la erosión hídrica y la incidencia de deslaves en zonas montañosas.</li> </ul>
Agricultura y ganadería <sup>135, 136</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución neta de la superficie apta para cultivar maíz de temporal y posible erosión de la agro-biodiversidad del maíz.</li> <li>• Reducción de los rendimientos de cultivos de maíz en algunas regiones.</li> <li>• Reducción de la superficie apta para la ganadería extensiva en el centro y norte del país debido a mayor aridez, sequías más agudas y degradación de tierras.</li> <li>• Riesgo incremental de siniestros causados por eventos hidrometeorológicos extremos en zonas productivas (sequías, inundaciones, huracanes).</li> <li>• Expansión de plagas por el cambio de condiciones ambientales.</li> <li>• Deterioro de los niveles de bienestar de la población rural.</li> </ul>

# Vulnerabilidad y Adaptación

Sector o área	Impactos
Asentamientos humanos <sup>137</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgos incrementales de daños a infraestructuras urbanas, a las personas y a sus bienes.</li> <li>• Magnificación de las «islas de calor» en las ciudades (por carpeta asfáltica e inmuebles).</li> <li>• Riesgos incrementales de inundaciones y de sobrecarga en redes de alcantarillado.</li> <li>• Riesgos incrementales de inundaciones en zonas costeras y ribereñas.</li> <li>• Riesgos incrementales de deslizamientos de tierra en zonas de pendientes.</li> <li>• Mayor contaminación atmosférica en cuencas urbanas.</li> <li>• Costos incrementales de las pólizas de aseguradoras.</li> <li>• Mayores requerimientos de energía para el control de temperaturas.</li> </ul>
Energía <sup>138</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de la capacidad de generación hidroeléctrica, debido a alteraciones en las precipitaciones y a mayor azolvamiento de presas y embalses.</li> <li>• Ampliación de la demanda de energía eléctrica en horas pico debida al incremento en el uso de sistemas de climatización.</li> <li>• Incremento en los costos de producción petrolera y de generación de energía eléctrica por la valorización económica de las emisiones de GEI a la atmósfera.</li> <li>• Riesgos incrementales de afectación a infraestructuras petroleras y petroquímicas por eventos hidrometeorológicos extremos, sobre todo en las costas del golfo de México.</li> <li>• Deterioro de torres y cables de transmisión eléctrica por eventos hidrometeorológicos extremos</li> <li>• Incremento de precios al consumidor.</li> </ul>
Transporte y comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños a infraestructura (caminos, puentes, puertos, aeropuertos, ferrocarriles, torres y cableado de comunicación, etc.) por inundaciones y vientos asociados a eventos meteorológicos extremos.</li> <li>• Perturbación del transporte (especialmente aéreo y marítimo) por eventos meteorológicos extremos y por mayor incidencia de neblinas y lluvias torrenciales.</li> </ul>
Industria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos incrementales para el buen desempeño ambiental en instalaciones industriales.</li> <li>• Costos incrementales de las pólizas de aseguradoras.</li> <li>• Escasez e incertidumbre en el suministro de agua.</li> <li>• Disminución de la captura de divisas e ingresos por turismo, particularmente en zonas costeras.</li> <li>• Deterioro de las condiciones de trabajo en diversos sectores.</li> <li>• Mayores requerimientos energéticos para el control de temperatura.</li> </ul>
Salud pública	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento y redistribución de enfermedades transmitidas por vectores como los mosquitos (paludismo, dengue, etcétera).</li> <li>• Mayor incidencia de enfermedades infecciosas relacionadas con la calidad del agua (cólera, tifoidea, etcétera).</li> <li>• Incremento de la morbilidad y la mortalidad por ondas de calor y deshidratación.</li> </ul>

<sup>127</sup> Mendoza *et al.*, 2004.

<sup>128</sup> Villers y Trejo, 2004.

<sup>129</sup> Arriaga y Gómez, 2004.

<sup>130</sup> Goldammer y Price, 1998.

<sup>131</sup> Villers y Trejo, 1998.

<sup>132</sup> Townsend Peterson *et al.*, 2002.

<sup>133</sup> Gallegos, 2004.

<sup>134</sup> INE, 1995.

<sup>135</sup> Conde *et al.*, 2004.

<sup>136</sup> Magaña *et al.*, 1997.

<sup>137</sup> Aguilar, 2004.

<sup>138</sup> Sánchez, 2004.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Es fundamental entender que, de no iniciarse un proceso de adaptación, la vulnerabilidad puede ir en aumento, ya que obedece a un proceso dinámico, por lo que resulta prioritario crear una verdadera cultura preventiva en todos los proyectos económicos y de desarrollo; esto requiere voluntad política y corresponsabilidad social. Igualmente importante es la distribución y el manejo de información oportuna y transparente para la sociedad.

## 3.2 HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDADES NACIONALES

La adaptación al cambio climático es la capacidad de los sistemas humanos y naturales para ajustarse, espontánea u ordenadamente, a los impactos climáticos adversos. Para hacer efectivas las estrategias de mitigación y adaptación se requieren modificaciones de gran alcance en los procesos de desarrollo, en los patrones dominantes de apropiación de los recursos naturales, en las prácticas de producción, los hábitos de consumo y en las formas de organización social. Mientras que las acciones de mitigación requieren fundamentalmente de una respuesta coordinada a nivel internacional, las acciones e iniciativas de adaptación deben ser diseñadas e instrumentadas también a nivel nacional, estatal, municipal, local y sectorial. Es aquí donde resulta imprescindible la participación de todos los actores implicados en la planificación y la gestión del riesgo del sistema en cuestión<sup>139</sup>.

Construir capacidades de adaptación se refiere a desarrollar las habilidades de un sistema para ajustarse al cambio climático, a la variabilidad y a los extremos climáticos, a fin de moderar los daños potenciales, tomar ventaja de las oportunidades (como la ocurrencia de lluvias extraordinarias), o enfrentar las consecuencias de éste. Estos ajustes se pueden dar en las prácticas, en los procesos o en las estructuras sociales. En la medida que se desarrollen capacidades de adaptación frente al problema global que nos ocupa, se puede reducir la vulnerabilidad del país.

Diseñar y construir capacidades nacionales de adaptación es un elemento indispensable y urgente en la planeación del desarrollo que no debe dejar de lado las necesidades locales de planeación, prevención y respuesta. Es importante que toda iniciativa de desarrollo socioeconómico considere los riesgos asociados con el cambio climático y reconozca que la base última de sustentación de la vida humana son los ecosistemas y sus servicios ambientales.

### 3.2.1 BASES PARA EL DISEÑO Y LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

La respuesta de los sistemas humanos ante el cambio climático puede ser de dos tipos<sup>140</sup>: 1) Reactiva, o de respuesta automática ante los impactos, y 2) Preventiva, o de respuesta planificada, en la que se identifican y estudian los impactos y sus riesgos y se traduce el conocimiento para la formulación de políticas. Las estrategias y políticas preventivas de adaptación, sobre todo aquellas diseñadas para el largo plazo y no las estrategias reactivas de corto plazo, son las que tendrán mayores posibilidades de prevenir los efectos más dañinos sobre los sectores y las regiones más vulnerables. Los cambios previsibles en las condiciones climáticas también plantean el reto de desarrollar capacidades de adaptación para aprovechar los efectos positivos del cambio climático, y las mejoras en las condiciones productivas de ciertas regiones del país.

Las acciones que se pueden emprender en el marco de una respuesta preventiva de adaptación ante el cambio climático, evitarán costos de reparaciones y ajustes posteriores y tendrán otros importantes co-beneficios. Por ejemplo la conservación y la restauración de los ecosistemas y el establecimiento de corredores biológicos, además de constituir una medida de adaptación, permitirían atender simultáneamente problemas ambientales planteados en las agendas de combate a la desertificación, protección de la biodiversidad y desarrollo social. El desarrollo de sistemas de tratamiento y reutilización del agua en zonas urbanas disminuiría la vulnerabilidad de la población ante la escasez del vital líquido y permitiría frenar la sobreexplotación de acuíferos. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) señala que la prevención tiene un costo seis veces menor al de la respuesta a una emergencia<sup>141</sup>, es decir, la inacción en el presente implica multiplicar costos pagaderos en el futuro.


En el mundo existen valiosas experiencias que pueden ser consideradas en la formulación de estrategias mexicanas de adaptación al cambio climático (Tabla 3.5).

Para países como México, una de las restricciones para adoptar medidas de adaptación ante el cambio climático, es su costo. Ante ello, es necesario asegurar que la implementación de medidas aporte beneficios en el corto plazo y a bajo costo, o que incluso genere ahorros económicos. Como las medidas para el mediano y largo plazos implican costos mayores, como es el caso del diseño y la construcción de

<sup>139</sup> Landa *et al.*, (en prensa).

<sup>140</sup> De acuerdo con el Modelo PER (Presión-Estado-Respuesta: OECD 2003).

<sup>141</sup> Magaña, 2005.



# Vulnerabilidad y Adaptación

infraestructura más apropiada y menos vulnerable, es indispensable la creación de mecanismos financieros internacionales para que los países en desarrollo puedan realizar los estudios preliminares y construir las capacidades técnicas e institucionales necesarias. Este esfuerzo financiero deberá ser acompañado por mecanismos de transferencia de tecnología desde los países industrializados.

Durante la IV Conferencia de las Partes (COP-4, en Buenos Aires, Argentina, 1998) se designó al Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), como la entidad operativa del mecanismo financiero definido en el Artículo 11 de La Convención. Posteriormente, durante la COP-10 en diciembre 2004 se aprobó el Programa de Trabajo de Buenos Aires sobre Medidas de Adaptación y Respuesta, a fin de reforzar las decisiones anteriores y fortalecer el desarrollo de los mecanismos y los compromisos establecidos. Actualmente se apoya el desarrollo de diversos programas para adaptación y recuperación de crisis.

## A. EL USO DE LA INFORMACIÓN CLIMÁTICA

Una de las tareas fundamentales en el desarrollo de capacidades de adaptación ante el cambio climático es la generación de conocimiento estratégico para la toma de decisiones. Es de suma importancia la investigación enfocada al diseño de mecanismos de monitoreo de la vulnerabilidad de los diversos sectores y regiones ante el fenómeno, así como desarrollar estudios sobre la definición de umbrales de sensibilidad de los sistemas socioambientales, y la identificación de oportunidades que los cambios esperados pueden ofrecer. También es indispensable traducir los conocimientos científicos en información comprensible y aplicable al diseño de políticas públicas.

Resalta la urgencia del uso expedito de la información climática y en particular de los pronósticos del clima para el diseño de políticas enfocadas a la adaptación al cambio climático. Aún con las imprecisiones propias de un sistema de pronóstico, la información puede valer millones de dólares cuando se aprovecha en la toma de decisiones. En diversos países los sectores como el de la administración del agua, la agricultura o la energía trabajan con pronósticos del clima desde hace más de una década. Con base en el conocimiento del clima se han construido también sistemas de alerta temprana. Nuestro país cuenta con conocimiento invaluable que escasamente se utiliza en la toma de decisiones en la materia. Si bien es sustancial generar nuevo conocimiento, es más urgente utilizar la información que hoy existe y crear mecanismos para su aplicación. En particular se cuenta con algunos esquemas de pronósticos operativos del tiempo suficientemente con-

fiables como para apoyar acciones de prevención, y los cuáles están subaprovechados.

La información climática no sólo es útil para prevenir efectos desfavorables, sino también para el aprovechamiento de ciertos eventos favorables, como es el caso de los ciclones tropicales, que son una de las principales fuentes de precipitación en el país, contribuyen a la recarga de acuíferos y aumentan el volumen de agua almacenado en las presas. Potenciar el uso de la información climática en la planeación y en la toma de decisiones sobre acciones preventivas o de emergencia ante un evento extremo, dependerá además de las posibilidades de trabajo conjunto entre los generadores del conocimiento científico y los tomadores de decisiones<sup>142</sup>.

## 3.2.2. AVANCES EN LA CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDADES DE ADAPTACIÓN

Existen algunas iniciativas que se pueden considerar un arranque significativo en la construcción de capacidades de nuestro país frente al cambio climático. México participó con Centro América y Cuba, en un proyecto piloto de preparación para la **Etapa II de Adaptación al Cambio Climático**, coordinado por el INE y con el apoyo del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Este proyecto estudió las capacidades de adaptación al cambio climático en los sectores agua, agricultura y bosques de Tlaxcala, asumiendo que las condiciones socioambientales de éste estado pudieran ser representativas de gran parte del país y así apoyar la formulación de políticas en la materia<sup>143</sup>.

El **Proyecto sobre Adaptación al Cambio Climático en Hermosillo, Sonora**; es una de las primeras iniciativas formales en México, en materia de investigación-acción para la adaptación al cambio climático. Su principal objetivo consistió en diseñar mecanismos de convergencia de esfuerzos entre autoridades y actores clave en los temas de agua y vivienda, a fin de desarrollar medidas de adaptación a condiciones climáticas extremas. Con el apoyo financiero de la División de Programas Globales de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (USEPA, por sus siglas en inglés) y la participación del INE, el proyecto fue desarrollado por la empresa *Stratus Consulting, Inc.*, la UNAM y el Colegio de Sonora. En Tamaulipas y el Distrito Federal se han iniciado trabajos similares orientados a definir estrategias de adaptación al cambio climático. Actualmente se desarrolla El Plan Estatal de Acción Climática en el estado de Veracruz con apoyo del gobierno de Reino Unido.

<sup>142</sup> Carabias y Landa, 2005.; Magaña, *et al.*, 2004.

<sup>143</sup> INE-SEMARNAT-CCA UNAM, 2007.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Tabla 3.5 Algunas acciones vinculadas con la adaptación a cambios en el clima en diversos países

Sector o rubro	Acciones
Condiciones climáticas y recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo integral de cuencas y planicies inundables.</li> <li>• Restauración de ecosistemas prioritarios para dar soporte al manejo integral de cuencas, regular escurrimientos superficiales y mantener (o reconstituir) barreras naturales como dunas costeras, humedales, manglares, vegetación riparia y de galería, etc.</li> <li>• Incrementar la capacidad de almacenamiento en presas de cuencas altas y medianas, para mejorar el abasto para uso humano y de riego; controlar el volumen del agua en los ríos y reducir los riesgos de escurrimientos destructivos e inundaciones cuenca abajo.</li> <li>• Construir infraestructuras para potenciar la recarga de acuíferos.</li> <li>• Captura y almacenamiento de agua de lluvia con métodos tradicionales (pequeños embalses, <i>jagüeyes</i>, sistemas de canales, terrazas y semi-terrazas, etcétera).</li> </ul>
Ecosistemas, biodiversidad y servicios ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento y mantenimiento de porcentajes mínimos de cubierta arbórea en tierras de uso agropecuario, para proteger la capacidad de los ecosistemas de ofrecer servicios ambientales.</li> <li>• Establecimiento de corredores biológicos entre áreas naturales protegidas y zonas de vegetación natural conservada, para permitir la migración de especies a regiones climáticamente más aptas.</li> <li>• Detención y reversión del cambio de uso del suelo<sup>144</sup>.</li> <li>• Prevención de invasiones, control y erradicación de especies invasoras.</li> <li>• Prevención y control de incendios forestales.</li> <li>• Reducción de la contaminación orgánica (especialmente nitratos) en ecosistemas acuáticos, para evitar la eutroficación (que se potencia con el ascenso de la temperatura) y conservar hábitats, biodiversidad (incluyendo especies de importancia comercial) y calidad del agua.</li> </ul>
Zonas costeras y marinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir sistemas de defensa (diques e infraestructuras de defensa costera) ante inundaciones y mareas altas en zonas costeras urbanizadas o con parques industriales e infraestructuras de importancia estratégica (petrolera, petroquímica, ductos de conducción, etcétera).</li> <li>• Restaurar y conservar ecosistemas que constituyen barreras naturales (dunas costeras, humedales, manglares, etcétera), que amortiguan impactos de huracanes y mareas altas.</li> <li>• Efectuar obras para la protección y conservación de playas.</li> <li>• Retirar asentamientos humanos de las zonas más vulnerables a inundaciones o a mareas altas.</li> <li>• Fomentar la acuicultura sustentable, para incrementar la oferta, compensar las pérdidas de pesquerías afectadas por el cambio climático y promover la repoblación de especies silvestres.</li> <li>• Planear y ajustar la actividad pesquera para que reconozca los cambios en la distribución natural (permanentes y/o temporales) de las especies de interés comercial, su accesibilidad y abundancia relativa, para lograr rendimientos sostenibles, conservar las pesquerías tradicionales y aprovechar especies alternativas de manera sustentable.</li> </ul>
Erosión y desertificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección y conservación de suelos en zonas de cultivo de ladera, mediante la construcción y mantenimiento de terrazas, semiterrazas, arado en contorno, cultivo de conservación, uso de cultivos perennes en camellones, etcétera.</li> <li>• Siembra de cultivos y variedades con bajos requerimientos de agua.</li> <li>• Mejora de prácticas de cultivo (fechas de siembra, técnicas de arado, riego, fertilización, etc.).</li> <li>• Rehabilitación y conservación de agostaderos (sistemas silvo-pastoriles, fomento al "Manejo Holístico"<sup>145</sup>).</li> </ul>
Agricultura, ganadería y forestería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reúso del agua.</li> <li>• Promover la eficiencia en el uso del recurso en diversos sectores.</li> <li>• Uso de especies de raíces profundas, perennes, con bajos requerimientos de agua y tolerantes a la sal.</li> <li>• Rotación de cultivos y otros métodos relacionados.</li> <li>• Desarrollo de variedades mejor adaptadas a los cambios en las condiciones del suelo.</li> <li>• Almacenamiento preventivo de granos y alimentos para compensar cosechas magras.</li> <li>• Cultivo de conservación (sin uso del arado).</li> <li>• Diversificación y reconversión productiva.</li> <li>• Diversificación de especies y variedades de cultivos y ganado.</li> </ul>



# Vulnerabilidad y Adaptación

Sector o rubro	Acciones
Agricultura, ganadería y forestería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustes en los coeficientes de agostadero, cambios de ubicación de abrevaderos, cambios de regímenes de pastoreo y manejo de hatos, fomento al “Manejo Holístico”, utilización de especies y razas alternativas de ganado.</li> <li>• Manejo de escorrentía (usada desde la antigüedad en África y Medio Oriente). Utilizada en el Desierto de Negev posibilita cosechas en áreas con precipitaciones de sólo 100 mm/año y, recientemente aplicada en Israel, Libia, Túnez y otros países, mejora los rendimientos de cultivos básicos, forrajeros y de árboles frutales<sup>146</sup>.</li> <li>• Recuperación de prácticas agrícolas ancestrales en zonas de montaña, para mantener la agricultura de ladera y conservar hábitats y capital genético de los cultivos tradicionales y comerciales.</li> <li>• Mejorar prácticas agrícolas (fechas de siembra, técnicas de arado, riego, fertilización, rotación de cultivos, intensidad de producción) para ajustarse a las nuevas condiciones de las temporadas de producción<sup>147</sup>.</li> <li>• Redistribución de tierras cultivadas y de pastoreo.</li> <li>• Remover incentivos económicos que distorsionan el mercado de insumos y productos, o que frenan los cambios estructurales requeridos.</li> <li>• Estrategias eficaces de riesgo compartido (políticas públicas de seguridad ante siniestros, respaldadas por aseguradoras y re-aseguradoras privadas y públicas, nacionales o internacionales)<sup>148</sup>.</li> </ul>
Asentamientos humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de los “Atlas de Riesgos”.</li> <li>• Incorporar criterios preventivos ante el cambio climático en el diseño de los ordenamientos territoriales para el desarrollo urbano.</li> <li>• Mejorar sistemas de alerta temprana de eventos meteorológicos extremos.</li> <li>• Construir obras de amortiguamiento para disminuir la exposición de las poblaciones al riesgo de daños por fenómenos meteorológicos.</li> <li>• Reubicar familias asentadas en áreas de riesgo e instrumentar acciones coercitivas y penales para frenar el crecimiento urbano irregular.</li> <li>• Identificar e inventariar los suelos aptos para constituir reservas territoriales y diseñar mecanismos que incrementen la oferta de suelo habilitado para la población con menores ingresos.</li> <li>• Mejorar la capacidad de respuesta ante desastres (planeación de acciones de evacuación en regiones vulnerables; diseño de programas de atención expedita y eficaz a damnificados).</li> <li>• Incrementar la capacidad y la eficiencia de las redes de drenaje.</li> <li>• Adecuar códigos de construcción y ajustar la infraestructura existente para mejorar el equilibrio térmico de los inmuebles, captar agua de lluvia para usos no potables, reciclar agua para usos diversos e incrementar la resistencia a vientos huracanados.</li> <li>• Estrategias eficaces de riesgo compartido (políticas públicas de seguros gubernamentales, respaldados por aseguradoras y re-aseguradoras privadas y públicas, nacionales e internacionales).</li> </ul>
Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir o convertir (“retrofit”) edificios para mejorar su eficiencia energética y su equilibrio térmico.</li> <li>• Fomentar el desarrollo de plantas de generación eléctrica con fuentes de energía renovables para reducir la dependencia de combustibles fósiles y para aprovechar las condiciones territoriales de mayor incidencia solar, viento, oleaje, etc.</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar las infraestructuras de transporte, para facilitar la evacuación en situaciones de desastre así como para amortiguar la perturbación de ecosistemas y la fragmentación de poblaciones silvestres.</li> </ul>
Industria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenciar los programas de <i>Industria Limpia</i> y fortalecer el cumplimiento de la legislación.</li> <li>• Incorporar sistemas de aislamiento, ventilación, filtración de aire y de aire acondicionado, en instalaciones con tecnologías de punta y en la industria alimentaria.</li> </ul>
Salud pública	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforestar zonas urbanas para proveer sombra y amortiguar el incremento de la temperatura.</li> <li>• Asignar más recursos para atención médica básica y monitoreo de índices de morbilidad en zonas susceptibles a enfermedades infecciosas y por vectores.</li> <li>• Mejorar sistemas de aislamiento, ventilación y control de temperatura en viviendas para reducir morbilidad y mortalidad por deshidratación durante ondas de calor.</li> </ul>
Economía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar (con apoyos financieros u otros) los ajustes necesarios en los sectores más vulnerables y de importancia estratégica nacional, para que desarrollen capacidades de adaptación.</li> </ul>

<sup>144</sup> Carabias y Landa, 2005.

<sup>145</sup> Savory, 2006.

<sup>146</sup> Anaya, 2003.

<sup>147</sup> Kurukulasuriya, 2004.

<sup>148</sup> Gurenko, 2004.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

Las investigaciones realizadas en el Estudio de País sobre cambio climático, coordinado por el INE (1994-1996), sirvieron de base para elaborar la Primera Comunicación de México ante La Convención en 1997. El estudio presentó los primeros análisis de vulnerabilidad al cambio climático en agricultura, asentamientos humanos, zonas costeras, ecosistemas forestales, recursos hídricos, energía e industria.

Otro avance significativo lo constituye la emisión periódica de inventarios de emisiones y la reciente publicación de la Tercera Comunicación Nacional de México ante el cambio climático<sup>149</sup>, con la cual se pretende reforzar las capacidades institucionales y técnicas del país para impulsar la inclusión de temas concernientes al cambio climático en las prioridades nacionales y sectoriales de desarrollo.

La CICC, a través del Grupo de Trabajo sobre Adaptación (GT-ENACC) que coordina el INE a partir de marzo del 2007, fomenta acciones y proyectos, desarrolla propuestas de políticas y facilita los procesos participativos en materia de adaptación al cambio climático a nivel nacional, estatal, municipal y sectorial.

En nuestro país existen grupos de investigación y expertos de distintas universidades, organizaciones e instituciones que evalúan los impactos del cambio climático en diferentes sectores y sistemas, y desarrollan estudios de vulnerabilidad por tipo de amenaza. Contar con recursos humanos en la materia, aunque todavía no son los suficientes, representa un avance fundamental en la construcción de capacidades adaptativas.

## 3.3 ELEMENTOS PARA LA ADAPTACIÓN NACIONAL

Existe una gran variedad de campos en los que se pueden consolidar acciones para la adaptación frente a cambios en el clima. Para los fines que persigue esta Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC), las áreas identificadas para la construcción de capacidades nacionales son: Gestión de riesgos hidrometeorológicos y manejo de recursos hídricos, Biodiversidad y servicios ambientales, Agricultura y ganadería, Zona costera, Asentamientos humanos, y Generación y uso de energía.

A continuación se revisa la capacidad instalada en cada una de las áreas y se plantean algunas capacidades por

desarrollar como elementos fundamentales para la adaptación. Se especifican retos de gestión y algunas orientaciones para la generación de conocimiento. Posteriormente se presenta una breve descripción sobre las implicaciones en la salud humana asociadas con el cambio climático.

### 3.3.1. GESTIÓN DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS

La gestión del riesgo ante el cambio climático es un elemento fundamental que debe formar parte de las agendas de política pública. Los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos del país no sólo dependen de las alteraciones evidentes sobre el ciclo hidrológico, sino también de las variantes en su manejo y de los criterios aplicados en su gestión.

La vulnerabilidad de los recursos hídricos al aumento de la temperatura y a la disminución de la precipitación es muy alta. Las zonas más críticas, que se localizan en el centro y norte del país, son las que actualmente tienen baja disponibilidad del recurso y en las que se espera que las aportaciones del líquido puedan reducirse hasta en un 20% sobre el potencial actual. Los escenarios para 2020 muestran que tanto Baja California como Sonora pasarán a una situación crítica en la presión sobre el recurso agua, Sinaloa y la Región Hidrológica de Lerma alcanzarán un grado de fuerte presión sobre el recurso, el sur de México y la península de Yucatán comenzará a experimentar una presión media sobre el recurso. Para las próximas décadas, los aumentos en la presión sobre este recurso por efectos del cambio climático podrían ser tan importantes como los que resultarán del desarrollo socioeconómico del país.

#### A. CAPACIDAD INSTALADA

##### a) Estructura Institucional

**Comisión Nacional del Agua.** La atención a los efectos derivados de los fenómenos hidrometeorológicos extremos, como los huracanes, las sequías y las precipitaciones severas, constituye una línea de acción estratégica del sector hídrico. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) tiene entre sus funciones impulsar acciones que permitan reducir los riesgos que éstos provocan, y atender sus efectos, disminuyendo las afectaciones en vidas humanas, bienes materiales y pérdidas económicas<sup>150</sup>.

<sup>149</sup> INE, 2006.

<sup>150</sup> CONAGUA, 2001; Carabias y Landa, 2005.

# Vulnerabilidad y Adaptación

**Servicio Meteorológico Nacional.** Es una unidad técnica especializada adscrita a CONAGUA que tiene por objeto generar, interpretar y difundir la información meteorológica, a fin de identificar los fenómenos que puedan producir impactos adversos sobre la población y las infraestructuras. El SMN mantiene informada a la SEGOB sobre las condiciones meteorológicas que puedan afectar a la población y a sus bienes. Para llevar a cabo sus funciones el SMN cuenta con la siguiente infraestructura de observación:

- Red sinóptica de superficie, integrada por 72 observatorios meteorológicos para transmisión de las condiciones atmosféricas en tiempo real;
- Red sinóptica de altura, integrada por 15 estaciones de radiosondeo, para observación por medio de globos de las capas altas de la atmósfera;
- Red de estaciones meteorológicas automáticas, integrada por 94 estaciones de observación y transmisión de la información en tiempo real;
- Red de radares meteorológicos, integrada desde 1993 por 12 radares, que cubren casi la totalidad del país;
- Estación terrena receptora de imágenes de satélite (GOES-10 y GOES-12) cada 30 minutos, con cobertura de la región meteorológica número IV (México, Canadá, Estados Unidos, Centro América y el Caribe).

**Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.** Organismo público descentralizado sectorizado a la SEMARNAT que tiene por objeto producir y diseminar conocimiento y tecnología para el aprovechamiento y la gestión integral de los recursos hídricos, a fin de contribuir al desarrollo sustentable. El IMTA tiene un papel trascendental en la generación de conocimiento y en la construcción de capacidades para la reducción de la vulnerabilidad hídrica del país, no sólo por la base de información con la que cuenta, sino también por los recursos humanos y la capacidad científica y tecnológica que mantiene. A partir de febrero de 2007 se constituyó un grupo interdisciplinario para evaluar el efecto del cambio climático en el ciclo hidrológico y diseñar medidas de adaptación tomando en cuenta a diferentes usuarios del agua y distintos escenarios climáticos.

**Sistema Nacional de Protección Civil.** Ante la ocurrencia de un fenómeno hidrometeorológico, la SEGOB, por medio del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) como instancia de coordinación, es la encargada de salvaguardar a la población, a sus bienes y a su

entorno. De este Sistema surge el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) como el órgano técnico de apoyo al SINAPROC y encargado de coordinar acciones para la prevención y la mitigación de desastres, así como de apoyar la difusión de medidas de preparación y autoprotección a la población.

El sector hídrico, a través del SMN, reporta información meteorológica e hidrométrica sobre posibles amenazas a la población y se vincula con el SINAPROC para profundizar en el conocimiento del sistema hidrológico, la planeación y la administración del agua, así como para dar servicios de apoyo a la población.

Con la actual estructura institucional del sector ambiental y en particular del hídrico se han implementado a la fecha 79 planes de prevención y atención a inundaciones, se ha trabajado en coordinación con el SINAPROC para organizar a la población en riesgo, y para establecer los mecanismos de alerta y los procedimientos en cada caso. Con estas acciones se ha logrado disminuir el riesgo de inundaciones y proteger a cerca de cinco millones de personas en los últimos años. Se ha apoyado el desarrollo de trece Centros Regionales para Atención de Emergencias distribuidos estratégicamente en el territorio.

## b) Planeación

Desde 1995 los programas del sector hidráulico contemplaban diferentes aspectos relacionados con la gestión del agua y el uso de la información climática, incluyendo la medición de precipitación pluvial, el monitoreo de huracanes y sequías, y el alertamiento temprano a situaciones de emergencia. El Programa Nacional Hidráulico 2001-2006<sup>151</sup> fue el instrumento rector del sector hasta noviembre del 2006. En este Programa ya se planteaban diferentes acciones relacionadas con la prevención de los efectos de eventos extremos que marcaron un paso importante en el diseño y la implementación de estrategias de adaptación frente al cambio climático. En el Programa Nacional de Protección Civil 2001-2006<sup>152</sup> y en el Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastres 2001-2006<sup>153</sup>, ya se reconocía la urgencia de enfrentar la variabilidad climática y sus efectos exacerbados por el calentamiento global, destacando como objetivos estratégicos el desarrollo de mapas de riesgos y el establecimiento y la operación de sistemas de alerta hidrometeorológica en 20 ciudades. Actualmente se está elaborando el Plan Nacional Hídrico 2007-2012, con un enfoque preventivo incorporando políticas en materia de cambio climático.

<sup>151</sup> CNA, 2001.

<sup>152</sup> SEGOB, 2001a.

<sup>153</sup> SEGOB, 2001b.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## c) Marco Jurídico

**Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).** Esta ley es el sustento jurídico de la política ambiental y de los programas que se vinculan con la gestión de riesgos frente a eventos hidrometeorológicos. En la LGEEPA se considera que las situaciones de riesgo derivadas de fenómenos naturales pueden ser catalogadas como contingencias ambientales o emergencias ecológicas. Aunque tratado incipientemente el tema climático, esta ley otorga atribuciones de gran valor frente al desarrollo de capacidades para la adaptación al cambio climático, y al expedirse el reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico se detallan y fortalecen dichas atribuciones.

## B. CAPACIDADES POR DESARROLLAR

Es necesario transitar de una cultura reactiva a una cultura preventiva en la gestión de riesgos hidrometeorológicos. Consolidar la gestión integral de los recursos hídricos en nuestro país, y en particular el atinado ajuste del tema de riesgos asociados al clima en el sector ambiental, podría contribuir significativamente a modificar las condiciones de vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos. Además de la urgente necesidad de articular instrumentos de la gestión ambiental para prevenir desastres, otro gran reto es indudablemente el de incorporar a la sociedad en la planeación de la prevención, la atención y la recuperación posdesastre.

## a) Retos para la Gestión

- Preservar y fortalecer las funciones de amortiguamiento que existen en las cuencas, no solamente para mitigar los riesgos, sino también para proporcionar fuentes de agua disponibles en caso de emergencia.
- Restaurar cuerpos de agua que permitan mantener la capacidad de almacenamiento ante lluvias extremas y extraordinarias.
- Diseñar un Programa Especial de Seguridad de Presas y fortalecer el mantenimiento de obras hidráulicas.
- Diseñar un Programa para el Ordenamiento de Acuíferos.
- Favorecer la recarga hídrica en articulación con el SINAP.
- Reforzar el conocimiento y la implementación de los sistemas de información y alerta temprana
- Promover el intercambio oportuno de información entre actores de los distintos niveles de decisión.
- Fortalecer al Servicio Meteorológico Nacional.
- Garantizar la existencia de reservorios y fuentes secundarias de agua para consumo humano a través del saneamiento integral y de programas de redistribución entre usuarios.
- Ajustar las técnicas de tratamiento de agua a las nuevas condiciones climáticas.
- Revisar los instrumentos de gestión relacionados con el pago de servicios hidrológicos, lapsos de veda y extracción para adecuarlos a las necesidades impuestas por el cambio climático.
- Dar prioridad a la atención y planeación ante fenómenos reiterativos y eventos cotidianos.
- Establecer acciones que permitan enfrentar en mejores condiciones los periodos de sequía.
- Promover intensivamente la formación de recursos humanos en meteorología operativa y pronósticos.
- Diseñar estrategias de adaptación a partir del rescate y la adecuación de tecnologías tradicionales de manejo de los recursos naturales.
- Revalorar la experiencia adquirida por grupos vulnerables frente a la variabilidad climática, para su aplicación en el planteamiento de políticas de adaptación.

# Vulnerabilidad y Adaptación

## b) Investigación y Desarrollo

Requieren de tratamiento especial los siguientes rubros de investigación y desarrollo:

- Usos de la información climática y traducción del conocimiento en términos comprensibles y útiles para los tomadores de decisiones.
- Elaboración de pronósticos climáticos estacionales y desarrollo de escenarios climáticos regionales.
- Caracterización de la vulnerabilidad por tipo de amenaza y sector social.
- Definición de umbrales y límites para la tipificación operativa de desastres de origen hidrometeorológico.
- Evaluación de efectos del cambio climático en las distintas fases del ciclo hidrológico.
- Modelación de escenarios hidrológicos y análisis de sus posibilidades de gestión.
- Diagnóstico de aguas subterráneas y ordenamiento de acuíferos.
- Restauración ecológica de las partes altas de las cuencas y cuerpos de agua.
- Incorporación de la participación social y la comunicación en el análisis de riesgos.
- Arquitectura Bioclimática (impactos en salud, confort, asentamientos urbanos y rurales, turismo).
- Organización social y cambio climático.

### 3.3.2. BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS AMBIENTALES

De acuerdo con las previsiones de los especialistas, las concentraciones de GEI en la atmósfera seguirán incrementándose durante las próximas décadas, por lo que las repercusiones en los ecosistemas terrestres y acuáticos del país serán dramáticas. En las plantas, a mayor temperatura mayor es la tasa de crecimiento y de captura de carbono, pero también mayor respiración y más emisiones de CO<sub>2</sub>, las cuáles se incrementarán entre 10 a 30% por cada grado centígrado de incremento en la temperatura. Se espera que al aumentar la temperatura sea mayor la tasa de invasión de especies exóticas en los diferentes sistemas, lo que afectaría la estabilidad de las cadenas tróficas.

Las fronteras de los diversos tipos de comunidades vegetales se modificarán, pues las especies que las componen migrarán hacia mayores latitudes o altitudes para compensar el incremento en la temperatura. Las modificaciones en

los regímenes de precipitación también propiciarán migraciones en diversos sentidos. Ciertas especies depredadoras enfrentarán escasez de alimento debido a la modificación en los periodos reproductivos de las especies que les sirven de alimento. Las poblaciones endémicas se cuentan entre las más vulnerables, ya que su supervivencia depende de condiciones ecológicas locales y únicas. Se verán seriamente afectados muchos anfibios y peces, los bosques mesófilos de montaña y las comunidades arrecifales.

Se esperaría que una parte de los ecosistemas acuáticos continentales se transformen de ser permanentes a estacionales, y algunos otros desaparezcan. La biodiversidad de muchos de ellos se reducirá y sus ciclos biogeoquímicos se verán alterados. La magnitud de estos cambios aún no puede precisarse, pero con seguridad los sistemas más afectados serán las planicies y humedales costeros del golfo de México.

En suma el cambio climático afectará la abundancia, la distribución o incluso la presencia de muchas especies y tipos de ecosistemas en el país. La **Tabla 3.6** resume los cambios esperados en la distribución de los principales tipos de vegetación de México, bajo tres diferentes modelos de circulación general que aplicaron L. Viller e I. Trejo para estimar los cambios netos en la superficie de los principales tipos de vegetación en México.

A estos pronósticos habría que añadir la presión actual y potencial de una población humana que continuará creciendo hasta estabilizarse en el año 2030 y que incrementará su demanda de recursos y servicios ambientales, perturbando la estabilidad de los ecosistemas forestales, afectando su distribución y limitando sus capacidades adaptativas (migración, comportamiento reproductivo, periodos de crecimiento y de reproducción, etcétera). Estos factores podrían llevar a la reducción drástica de la cobertura de algunos tipos de vegetación, inclusive a amenazar la permanencia de los bosques de coníferas del país, sobre todo en los estados madereros más importantes como Chihuahua, Durango, Jalisco y Michoacán.

Los ecosistemas forestales ofrecen servicios ambientales vinculados con la mitigación de emisiones, así como con la protección y el amortiguamiento ante embates de fenómenos hidrometeorológicos extremos. La protección de los ecosistemas forestales y de la cobertura vegetal en general, constituye una acción prioritaria de toda estrategia de adaptación climática, que debe desarrollarse de manera conjunta con las estrategias para la protección de la biodiversidad (Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica, CNUDB) y el combate a la desertificación (Convención de las Naciones Unidas para el Combate a la Desertificación, CNUCD).

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

**Tabla 3.6 Cambios netos esperados en la superficie potencial relativa de los principales tipos de vegetación en México (%)**

Tipo de vegetación	Potencial actual*	Modelo 1	Modelo 2	Modelo3
Selva perennifolia	9.91	8.64 (-)	8.51 (-)	16.22 (+)
Selva caducifolia	24.28	24.74 (~)	25.22 (+)	28.77 (+)
Bosque mesófilo de montaña	2.10	0.26 (-)	0.54 (-)	1.3 (-)
Bosque de coníferas y encinos	6.36	3.91 (-)	3.65 (-)	3.92 (-)
Bosque de coníferas (zona fría)	2.31	0 (-)	0 (-)	0 (-)
Selva espinosa	11.00	19.67 (+)	18.10 (+)	18.38 (+)
Matorral xerófilo	39.54	42.14 (+)	43.99 (+)	31.38 (-)
Pastizal	4.72	0.63 (-)	0 (-)	0 (-)

\* Se refiere a la superficie relativa que ocuparían en el territorio nacional los principales ecosistemas en ausencia de influencia antropogénica del suelo.  
FUENTE: Villers y Trejo 2004.

Cabe aclarar que las estrategias de protección de los ecosistemas forestales ante el cambio climático pueden ser diferentes, dependiendo si se trata de bosques templados o selvas tropicales, del grado de perturbación o deterioro en que se encuentren, de los usos al que están sujetos y de los impactos adversos previsibles del cambio climático en cada región del país.

## A. CAPACIDAD INSTALADA

Las capacidades instaladas en la CONAFOR en materia de desarrollo forestal, así como las estrategias de conservación desarrolladas en el SINAP, entre otras iniciativas, constituyen importantes herramientas para el diseño de estrategias de adaptación frente a la variabilidad climática y el cambio climático (ver sección 2.2).

Las ANP son importantes reservorios genéticos, paisajísticos y de servicios ambientales que favorecerían procesos de adaptación en diversos ámbitos y cuya permanencia garantizaría el provisionamiento de bienes y servicios a la población. La CONABIO cuenta con información biológica y biogeográfica, para monitorear los efectos previsibles del cambio climático sobre los ecosistemas y la biodiversidad del país.

El Proyecto CBMM ha favorecido la creación de corredores biológicos importantes en la zona sureste del país y, entre éstas áreas y Centroamérica. El desarrollo de este proyecto favorecerá de manera significativa algunos mecanismos de adaptación específica vinculados con procesos migratorios y reproductivos. El establecimiento de corredores hacia otras áreas y a partir del CBMM apoyaría

también el mantenimiento de servicios ambientales y, en particular, de los servicios hidrológicos que presta la región sureste al resto del territorio nacional.


El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrolla el proyecto: *Manejo y conservación de especies forestales en el trópico seco*, el cual generará conocimientos para identificar áreas propicias para la producción sustentable, estimar el potencial de aprovechamiento de especies vegetales de la selva baja caducifolia, y para reconocer patrones migratorios y de modificación de comunidades vegetales con el ascenso de la temperatura.

Estas capacidades ya instaladas tienen un gran potencial de establecer sinergias con otros programas del sector ambiental o incluso con otros programas e instrumentos de gestión de los sectores agropecuario y de desarrollo social, para construir capacidades de adaptación al cambio climático.

## B. CAPACIDADES POR DESARROLLAR

### a) Retos para la Gestión

La marcha coordinada de los instrumentos de gestión que se enfocan a la conservación, el aprovechamiento y la restauración de los ecosistemas naturales, puede representar ventajas de los sistemas socioambientales frente a los efectos de la variabilidad del clima y el cambio climático, sin embargo podrían resultar insuficientes o ineficaces, de no orientarse y adecuarse medidas específicas de adaptación.



# Vulnerabilidad y Adaptación

- Establecer sinergias entre los diferentes instrumentos de gestión ambiental orientados a la conservación de la biodiversidad y la reversión del deterioro de los ecosistemas, para potenciar sus efectos positivos.
- Modificar los actuales límites geográficos de algunas ANP y Regiones Prioritarias para la Conservación, para apoyar la capacidad de ajuste de los ecosistemas y especies.
- Ampliar sustancialmente la red de viveros comunitarios en todo el país y establecer áreas de conservación de bancos de semillas y germoplasma, para garantizar el abasto para estos viveros, la disponibilidad de una base genética muy amplia de la mayoría de las especies vegetales, así como el abasto de plantas y germoplasma para la reforestación, la restauración ambiental y la conservación de ecosistemas.
- Recuperar biomasa leñosa y conectividad ecológica y paisajística en zonas abiertas y productivas (p.e. agropecuarias), mediante el establecimiento de corredores biológicos, cercos vivos, árboles de sombra, reforestaciones en pequeña escala, sobre todo para conectar ANP y otras áreas de vegetación conservada, y permitir la migración de especies y propágulos.
- Conservar *in situ* la agrobiodiversidad mexicana mediante programas conjuntos SEMARNAT, SAGARPA y SEDESOL, a manera de pagos por servicios ambientales dirigidos a comunidades indígenas y campesinas que aún emplean prácticas tradicionales de producción en agroecosistemas en los cuales predominan las razas y variedades criollas de maíz, frijol, calabaza y otros cultivos domesticados en mesoamérica.
- Diseñar medidas para la evaluación de balances de carbono y de las actividades destinadas a potenciar sumideros de carbono y sus efectos sobre la biodiversidad.
- Identificar indicadores forestales de cambio climático y poner en marcha un sistema de vigilancia y alerta temprana en el sector.
- Promover la participación de los actores sociales en la planeación de estrategias de conservación.

## b) Investigación y Desarrollo

Requieren de tratamiento especial los siguientes rubros de investigación y desarrollo:

- Sistematización de la información disponible y construcción de bases de datos sobre las posibles afectaciones del cambio climático en los ecosistemas y sus componentes.
- Vulnerabilidad al cambio climático por ecosistema y región del país ya identificados como extremadamente susceptibles al fenómeno.
- Análisis de la capacidad de respuesta y adaptación evolutiva de ciertas especies de flora y sus poblaciones periféricas, especialmente arbóreas y otras consideradas clave en el funcionamiento de los ecosistemas; así como de especies animales, en particular polinizadoras, depredadoras de plagas de cultivos, vectores de enfermedades, y especies dispersoras y depredadoras de semillas y frutos.
- Evaluación de los efectos del cambio climático sobre especies prioritarias, endémicas o en peligro de extinción.
- Análisis de estrategias demográficas, variabilidad genética y micro-evolución de especies prioritarias.
- Análisis de las afectaciones y el comportamiento de especies invasoras.
- Desarrollo y aplicación de modelos de crecimiento forestal bajo distintos escenarios de cambio climático.
- Funcionamiento de corredores biológicos y delimitación de nuevas rutas potenciales para su establecimiento.
- Evaluación de las interacciones entre sequía, peligro de incendio y respuesta de la vegetación en situaciones adversas.
- Restauración ecológica en diferentes sistemas.
- Distribución potencial de áreas relicto o de refugio de los ecosistemas más afectados.
- Valoración económica de los servicios ambientales, particularmente los relacionados con la prevención de inundaciones y la mitigación de impactos en la línea de costa.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## 3.3.3. AGRICULTURA Y GANADERÍA

Diversos modelos permiten identificar los efectos del cambio climático en la agricultura y la ganadería en territorio nacional; cada modelo ofrece resultados distintos dependiendo de los criterios empleados, pero coinciden en que el principal impacto sobre el sector agropecuario serán las alteraciones previsibles en la estacionalidad de las lluvias y la disponibilidad de humedad en los suelos<sup>154</sup>.

El incremento en la temperatura aumentará la evapotranspiración de los cultivos y las necesidades de riego en algunos casos. En el norte y noroeste de México la demanda de agua se incrementará, al ser más frecuente el estrés térmico. La distribución de plagas agropecuarias y enfermedades de los cultivos de importancia económica puede variar y la capacidad de control natural podría disminuir. Otro factor que vulnera las actividades agropecuarias frente a cambios en el clima es la susceptibilidad a la desertificación en amplias zonas del territorio nacional. Al respecto, las proyecciones de cambio climático señalan un incremento de este proceso en la parte central y norte de México.

### A. CAPACIDAD INSTALADA

En México se han desarrollado diversos proyectos para mejorar las condiciones de la producción agropecuaria que indirectamente generan mecanismos de adaptación frente al cambio climático. Algunas de estas iniciativas fueron proyectos piloto y otras se implementaron de forma masiva, pero en ambos casos, se trata de avances importantes que puede brindar elementos para el diseño de estrategias de adaptación.

#### a) Red Nacional de Estaciones Agro-Climáticas

La SAGARPA, en colaboración con los gobiernos estatales, construye una red de estaciones agro-climáticas automatizadas que permitirá acceder en tiempo real a la información climática. Los productores podrán tomar oportunas decisiones para mejorar sus prácticas productivas y proteger sus cultivos ante impactos climáticos adversos. Con el establecimiento de esta red de estaciones en los estados se espera:

- Acceder a la información en línea en tiempo real los 365 días del año;
- Contar con una base de datos para fines agropecuarios y de protección civil;

- Consolidar los pronósticos climáticos para la agricultura (boletines);
- Precisar la caracterización agro-climática del país;
- Proteger a las personas y a sus bienes ante eventos climáticos adversos;
- Iniciar los cultivos en la época más oportuna;
- Identificar las zonas más aptas para la producción;
- Elegir el momento más oportuno para aplicar los insumos para la producción;
- Proveer información que apoye el desarrollo de nuevas tecnologías;

Esta red de estaciones proporcionará datos sobre la distribución regional de los daños resultantes de impactos climáticos, para que los Fondos de Contingencia entren en acción y puedan asegurarse los cultivos mediante primas cuyo precio se establezca en función del riesgo climático.

La instalación de la Red Nacional de Estaciones Agro-Climáticas brinda información a las regiones agrícolas y ganaderas más importantes para la producción nacional y a las entidades federativas con mayor riesgo. Se ha promovido la conclusión de las redes parciales preexistentes en algunas entidades a través de la cooperación entre los estados y la federación. Durante 2005, se concluyeron las estaciones de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Puebla, Sonora, y Zacatecas. Actualmente están en curso de instalación las redes de Chihuahua, Coahuila y Nuevo León, Baja California Sur, Campeche, Colima, Durango, Michoacán, Morelos, Quintana Roo, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz. De esta manera, 21 de las 32 entidades federativas contarán con esta capacidad<sup>155</sup>.

Como referencia adicional el Servicio Meteorológico Nacional y el INIFAP realizan Foros de Predicción Climática, cuyos resultados son difundidos a los productores agrícolas con las estrategias y paquetes tecnológicos recomendados por el INIFAP para hacer frente a las condiciones esperadas.

El SMN es la contraparte mexicana en el Programa Monitor de Sequía de América del Norte (NA-DM, por sus siglas en inglés), que es un esfuerzo de cooperación entre expertos de Canadá, México y Estados Unidos enfocado a monitorear la sequía en esta región<sup>156</sup>.

<sup>154</sup> CONAZA/UACH, 2005..

<sup>155</sup> SAGARPA-INIFAP, 2005. *Red Nacional de Estaciones Agroclimáticas, mayo 2005*. Presentación ante los gobernadores de los Estados. Disponible en el sitio Web: [www.conago.org.mx/reuniones/documentos/2005-05-27/ReddeEstacionesAgroclimaticas.pdf](http://www.conago.org.mx/reuniones/documentos/2005-05-27/ReddeEstacionesAgroclimaticas.pdf)

<sup>156</sup> <http://smn.cna.gob.mx/productos/sequia/sequia.html>



# Vulnerabilidad y Adaptación

## b) Avances en la Adaptación de Zonas Áridas y Semiáridas

La Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), con apoyo de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), ha generado una serie cartográfica sobre las zonas áridas y semiáridas del país, a partir de modelos de impactos potenciales del cambio climático generados por una herramienta que ahora es empleada en todas las zonas áridas del mundo bajo los auspicios de La Convención<sup>157</sup>. Se cuenta con una caracterización general de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México, sobre su potencial agrícola de temporal y sobre los sistemas de producción primaria expuestos a alto riesgo. Esta información puede fundamentar la planificación de sistemas de gestión en dichas zonas, con lo que se avanza en el desarrollo de capacidades de adaptación ante el riesgo de desertificación.

La CONAZA trabaja cinco vertientes principales para asegurar el desarrollo sustentable de las zonas áridas de México:

- Modelos de captura pluvial en sistemas agropecuarios y forestales;
- Reconversión productiva para el aprovechamiento sustentable de flora y fauna nativas, incluyendo actividades cinegéticas bajo un enfoque holístico;
- Control de la desertificación y la erosión mediante la reforestación con especies nativas y la implementación de prácticas de manejo y conservación de suelos y agua;
- Capacitación para la producción sustentable en las zonas áridas;
- Obras de infraestructura productiva en zonas de alto riesgo climático.

**Plan de Acción Contra la Desertificación.** En 1994, a través de la SEDESOL, México presentó a las Naciones Unidas un Plan de Acción Contra la Desertificación (PACD), cuya formulación fue coordinada por la CONAZA y el Colegio de Posgraduados. Los principales objetivos de este plan fueron: incorporar la lucha contra la desertificación en los programas estatales de desarrollo y en la planeación nacional; elaborar sistemas de información y observación permanente en las regiones propensas; combatir la degradación de suelos; reforzar programas integrales para la erradicación de la pobreza; mitigar los efectos de la sequía, diseñar esquemas de auto-ayuda; y promover la participación social para hacer frente a las sequías. Este Plan constituye un valioso instrumento contra la desertificación que debe ser considerado en la adaptación. Aunque nunca fue completamente implementado, varios

de sus componentes fueron retomados en el Programa Forestal y de Suelos 1995-2000 y actualmente la CONAFOR trabaja en su actualización y consulta pública.

## c) Programas de Apoyo, Investigación y Transferencia Tecnológica

**Fondo de Apoyo a Productores Rurales Afectados por Contingencias Climatológicas.** El Fondo de Apoyo a Productores Rurales Afectados por Contingencias Climatológicas (FAPRACC) funciona como una póliza de seguro para brindar compensaciones monetarias por hectárea, cabeza de ganado, tipo de cultivo, o embarcación pesquera que hayan sido afectadas por estas contingencias. Estos apoyos están dirigidos a productores primarios sin posibilidades económicas para contratar seguros. Actualmente, el FAPRACC cuenta con 300 millones de pesos anuales, cifra que resultará insuficiente en los próximos años en la medida que las situaciones de contingencia se incrementen por efectos del cambio climático.

**Programas Alianza para el Campo y Alianza Contigo.** Dentro del Programa Alianza para el Campo, la CONAGUA tiene subprogramas de Rehabilitación y Modernización de los Distritos de Riego, Desarrollo Parcelario, Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola y de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica. Los cuatro subprogramas hidroagrícolas se complementan con el de tecnificación del riego de la SAGARPA; mientras la CONAGUA trabaja a nivel de la infraestructura de conducción, la SAGARPA trabaja con los productores agrícolas en el nivel parcelario. El propósito es hacer más eficiente el riego y en esa medida disminuir el volumen de agua usada en la agricultura.

El Programa Alianza Contigo apoya proyectos para el manejo integral del suelo y el agua, fomento a la productividad, fomento al reordenamiento de la producción, reconversión productiva en zonas con sequía recurrente y utilización de energía renovable para la agricultura.

**Desarrollo de agricultura bajo ambiente controlado.** En diversos estados de la República y con una inversión de 19.6 millones de pesos, se reconvirtieron 38 hectáreas con la construcción y la tecnificación de invernaderos con condiciones de humedad y temperatura controladas, los que alentarán la productividad mediante una agricultura intensiva con riego de alta tecnología, sistemas hidropónicos y técnicas de producción orgánica. Estas tecnologías permiten escapar a los efectos de la variabilidad climática, aunque requieren altos consumos energéticos. En el PEF 2007 se tienen asignados 600 millones de pesos para proyectos en superficies de hasta tres hectáreas.

<sup>157</sup> Metodología *Thornwaite* modificada, versión III

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

**Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología.** Pretendía apoyar el desarrollo y la validación de biotecnologías ajustadas a la problemática de las regiones y a las necesidades de los productores, de acuerdo con el potencial local y regional, a fin de promover la sanidad, la inocuidad y la calidad de la producción agrícola, y así incrementar la rentabilidad del sector agroalimentario. A la fecha, el programa ha generado y validado biotecnologías para los principales granos básicos con adaptabilidad a diversas regiones del país, como el frijol pinto-mestizo resistente a la roya y tolerante a la sequía.

La investigación y la transferencia tecnológica en el sector agropecuario y forestal a cargo del INIFAP se orienta al mejoramiento de sistemas agroforestales mediante parcelas multi-estrato utilizando combinación de especies forestales con frutales y condimentos, para reducir el abandono del campo y el deterioro de los recursos naturales causado por el método de roza, tumba y quema. También busca el desarrollo de híbridos del maíz tolerantes a diversos tipos de estrés, cuenta con un proyecto de información climática de mediano plazo para productores de Tlaxcala y con un Programa de apoyo a la construcción de invernaderos en el mismo estado.

## B. CAPACIDADES POR DESARROLLAR

### a) Retos para la Gestión

- Desarrollar e implementar un sistema de monitoreo del clima especialmente diseñado para los productores, de tal modo que puedan ajustar sus planes y prácticas de producción en función de la variabilidad climática.
- Elaborar en el corto plazo directrices y manuales para la gestión de los sistemas agrícolas, apoyadas en el desarrollo de aplicaciones agroclimáticas como herramienta para la toma de decisiones y basadas en cambios en las fechas de siembra, rotaciones de cultivos, cambios en las variedades de cultivo, entre otras.
- Desarrollar estrategias para la conservación de suelos, la captación y conservación de recursos hídricos y la reforestación en zonas agropecuarias.
- Implementar sistemas de captación de agua de lluvia para apoyo de riego.
- Promover la agricultura de conservación (labranza cero, incorporación de residuos, manejo integrado de plagas) en áreas de planicie y agroforestería en laderas.
- Establecer reservas de semillas criollas de los cultivos principales en cada región.
- Incrementar la reutilización de aguas tratadas para riego.
- Revisar y fortalecer las capacidades preventivas de los gobiernos estatales y municipales frente a las sequías.
- Fomentar el ordenamiento de la actividad ganadera (mejorar terrenos de pastoreo, ajustar cargas, diseñar programas de prevención de enfermedades, establecer rutas de pastoreo).
- Fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica (plagas y enfermedades susceptibles de presentarse por variaciones climáticas).
- Crear sinergias con el sector ambiental para el establecimiento de corredores biológicos y la restauración ecológica.

# Vulnerabilidad y Adaptación

## b) Investigación y Desarrollo

Requieren de tratamiento especial los siguientes rubros de investigación y desarrollo:

- Elaboración de cartografía sobre las modificaciones provocadas bajo distintos escenarios de cambio climático en las zonas agroclimáticas de México.
- Desarrollo de modelos de simulación de los distintos cultivos que permitan describir procesos como la interceptación de radiación solar por las hojas, la generación de biomasa, los balances de agua y de nitrógeno y cambios en el rendimiento bajo distintos escenarios climáticos regionales.
- Modelación de procesos de desertificación y erosión bajo condiciones de cambio climático, e identificación de grados de vulnerabilidad a dichos procesos.
- Desarrollo de modelos de simulación sobre el comportamiento de distintos agentes patógenos con respecto al clima, así como su capacidad de adaptación a nuevas áreas.
- Elaboración de cartografía del riesgo para las diversas parasitosis agropecuarias.
- Evaluación de las posibilidades de reconversión productiva adecuada a cada escenario.
- Restauración de sistemas agropecuarios.
- Desarrollo y recuperación de semillas resistentes a factores climáticos adversos, tanto mejoradas como criollas.
- Diseño de estrategias de diversificación productiva agrícola y ganadera por región.
- Evaluación de las demandas de riego frente a distintos escenarios climáticos.
- Evaluación de las necesidades de reducción de la carga animal, de los cambios en el manejo del pastoreo y otras opciones de adaptación al cambio climático en el sector ganadero.
- Análisis de posibles conflictos sociales derivados de cambios en la distribución de áreas productivas.

### 3.3.4. ZONA COSTERA

En el territorio nacional, de las 32 entidades federativas, 17 tienen frente litoral y la longitud de la línea de costa, sin contar el territorio insular es de 11,122 km, de los cuales 7,828 km corresponden al océano Pacífico y el golfo de

California, mientras que los estados del golfo de México y el Mar Caribe contribuyen con los 3,294 km restantes.

Los efectos del cambio climático serán particularmente agudos en las zonas costeras del país debido no sólo a la distribución de las rutas ciclónicas, sino también a la gran concentración de población y actividades económicas que caracterizan a éstas zonas. Se estima que aproximadamente 15% de la población total del país habita los 150 municipios que conforman la franja litoral, y un sector importante vive bajo condiciones de alta marginación social. Sin duda los cambios potenciales en la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales y el ascenso del nivel medio del mar (NMM) son los principales problemas asociados con el cambio climático en la zona costera.

#### **Afectaciones a ecosistemas costeros y pesquerías.**

Dentro de la zona costera son particularmente vulnerables a cambios en el clima los humedales, los cursos de agua permanentes -que pasarían a estacionales- y los estacionales que tendrían un caudal más irregular o incluso desaparecerían, así como los arrecifes coralinos. El riesgo es mayor para hábitats aislados que albergan fauna endémica que no tiene capacidad de migrar o dónde no existe la posibilidad de establecer corredores. Con el cambio climático podrían desaparecer en el corto plazo poblaciones importantes y hábitats y a mediano plazo la totalidad de ciertos tipos de hábitat podrían resultar afectados. Lo anterior tiene repercusiones de suma importancia en el sector pesquero, del cuál aún es necesario sistematizar la información y estimar los impactos a los que estará sujeto bajo diferentes escenarios de cambio climático, tomando en cuenta que los humedales costeros y los arrecifes coralinos son criaderos para muchas especies de interés comercial. Las afectaciones a las pesquerías constituye un tema coyuntural frente a las variaciones en el clima.

Se han identificado cinco regiones de atención en la zona costera, tres se relacionan con las cuencas de los ríos Bravo y Papaloapan, y con el complejo deltaico del Grijalva-Mexcalapa-Usumacinta, y las otras dos áreas se sitúan en la península de Yucatán (**Tabla 3.7**).

**Afectaciones a la actividad turística.** Se espera que el incremento en la ocurrencia de eventos extremos, actuando de manera combinada con la elevación en el nivel del mar y el efecto de marejada que ocurre durante las tormentas y huracanes, provoque daños significativos en las playas, con lo que se afectarían drásticamente las actividades turísticas del país. La escasez de agua provocará problemas de funcionalidad o viabilidad económica de ciertos destinos, el incremento de las temperaturas podría modificar los calendarios de actividad, la elevación del nivel del mar amenazaría la localización actual de determinados asentamientos turísticos y de sus infraestructuras, entre otros.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

**Tabla 3.7 Afectaciones por incremento del nivel medio del mar (NMM) en regiones críticas de la zona costera.**

Regiones críticas	Afectación por incremento NMM entre 0 – 1 m	Afectación por incremento NMM entre 1 – 2 m
<b>Llanura Deltaica del río Bravo</b>	No es notoria la afectación por incremento en el nivel del mar, está bordeada por barreras de amortiguamiento (cordones y dunas, de 1-2 m)	
<b>Laguna de Alvarado y curso bajo del río Papaloapan, Veracruz</b>	Área de afectación: 902 km <sup>2</sup> 47.5 km tierra adentro sobre tierras bajas.	Área de afectación: 168 km <sup>2</sup> adicionales
<b>Complejo deltaico Grijalva-Mezcalapa-Usumacinta, Tabasco</b>	Área de afectación: 3000 km <sup>2</sup>	Área de afectación: 2000 km <sup>2</sup> adicionales
- zona de la Laguna de Términos	hasta 20 km tierra adentro.	--
- Río Usumacinta	hasta 55 km tierra adentro.	hasta 62 km tierra adentro.
- Río Grijalva	hasta 25 km tierra adentro.	hasta 32 km tierra adentro.
- Laguna Machona	hasta 6 km tierra adentro.	hasta 8 km tierra adentro.
<b>Los Petenes, Campeche</b>	Área de afectación: 520 km <sup>2</sup> hasta 16 km tierra adentro.	Área de afectación: 200 km <sup>2</sup> hasta 19 km tierra adentro.
<b>Bahías de Sian Ka'an-Chetumal, Quintana Roo</b>	Área de afectación: 585 km <sup>2</sup> hasta 500 m tierra adentro. Puntualmente en los esteros llega a alcanzar hasta 32 km tierra adentro.	Área de afectación: 18 km <sup>2</sup> adicionales hasta 29 km tierra adentro.

FUENTE: Adaptado de la Primera Comunicación Nacional (INE, 1997)

Con tales impactos se podría afectar el tiempo de estancia media de los turistas en cada destino, retrasar el momento de la decisión del viaje y cambiar la dirección de las visitas. Pese a que la mayor incidencia de huracanes en el Caribe se da en un periodo de baja actividad turística, la recuperación posdesastre puede tomar al menos tres meses y con ello, se podría pasar casi un tercio del año con pérdidas para el sector, con miles de millones de dólares dejados de percibir por el descenso general de la demanda de servicios turísticos.

Las características socioambientales de las costas mexicanas hacen particularmente compleja la construcción de capacidades para enfrentar los efectos adversos del cambio climático, no obstante se cuenta con algunos avances en materia de infraestructura costera y diseño de instrumentos de gestión ambiental que son importantes insumos para la adaptación.

## A. CAPACIDAD INSTALADA

En infraestructura costera México cuenta -además de pequeños refugios pesqueros, marinas y puertos de abrigo- con 107 puertos y terminales marítimas que constituyen el

Sistema Nacional Portuario, 38 puertos dedicados al turismo, 19 relacionados con las actividades petroleras y 42 de uso comercial, entre otros.

En materia normativa destacan diecisiete leyes y ocho reglamentos federales que norman las zonas costera y marina. Destacan la Ley Federal del Mar, Ley General de Bienes Nacionales, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley de Aguas Nacionales, Ley de Puertos, Ley de Navegación, Ley Federal de Turismo y Ley Federal de Derechos.

Existen nueve dependencias que tienen competencia directa o indirecta en la zona costera, destacando las Secretarías de Marina, SEMARNAT, SCT, SECTUR, SENER, y SAGARPA. Las Administraciones Costeras Integrales (ACI) impulsadas por la SCT, se encuentran en proceso de desarrollo e instrumentación. Este blindaje institucional representa un importante potencial para la construcción de sinergias que permitan enfrentar los impactos de fenómenos hidrometeorológicos extremos y articular la "Política Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas" con los objetivos para el fortalecimiento de capacidades frente al cambio climático.

# Vulnerabilidad y Adaptación

En materia de instrumentos de política ambiental que pudieran articularse con la gestión de riesgos hidrometeorológicos destacan el Ordenamiento Ecológico y las Evaluaciones de Impacto Ambiental, que regulan los cambios de uso del suelo en la zona costera así como la construcción de obras hidráulicas, vías de comunicación, oleoductos, gasoductos, complejos petroquímicos y siderúrgicos, la exploración y explotación de minerales, entre otros. La adecuada aplicación de estos instrumentos permitiría en muchos casos mitigar efectos adversos de la variabilidad climática e incrementar la capacidad adaptativa frente al cambio climático en las zonas costeras. Particular relevancia toman los decretos y manejos de ANP costero-marinas, ya que el cuidado de los ecosistemas costeros permitiría en muchos casos atenuar los impactos, tal es el caso del mantenimiento de manglares como barreras preventivas ante los efectos de huracanes.

## B. CAPACIDADES POR DESARROLLAR

### a) Retos para la Gestión

- Considerar una elevación del NMM de 40 cm entre la actualidad y la última década del siglo, como línea base para la planeación y construcción de infraestructura costera.
- Articular la Política Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas con el fortalecimiento de capacidades nacionales frente al cambio climático.
- Sistematizar la Información oceanográfica nacional para su aplicación en la gestión de riesgos hidrometeorológicos.
- Promover un marco normativo que incorpore el enfoque de ecosistemas, favorezca la conservación de la estructura y función (biodiversidad y productividad) de los ecosistemas costeros y la preservación de los hábitats.
- Promover el desarrollo ordenado de la zona costera bajo un esquema de planificación del territorio con enfoque de largo plazo.
- Fortalecer el ordenamiento ecológico costero.
- Consolidar una estructura de planeación regional costera.
- Construir sinergias entre el sector turístico, pesquero, hídrico y con el SINAPROC.
- Diseñar planes de preparación ante contingencias sanitarias y ambientales por municipio costero.
- Fortalecer y revisar la implementación de diversos instrumentos de gestión, entre ellos la veda temporal y las ANP marinas y costeras, en función de las nuevas necesidades que impone el cambio climático.

### b) Investigación y Desarrollo

- Cartografía de riesgos y vulnerabilidad costero-marina a nivel nacional frente al ascenso del NMM bajo distintos escenarios de cambio climático.
- Diseño de sistemas de información, evaluación y monitoreo de la situación ambiental de océanos y costas.
- Modelación de distribución y abundancia de especies marinas y costeras en función de los diferentes escenarios climáticos.
- Modelación de afectaciones a las pesquerías.
- Zonificación costero-marina y su vinculación con instrumentos de gestión.
- Evaluación de medidas de adaptación, rediseño e ingeniería en la infraestructura turística.
- Valoración económica de medidas preventivas y de los impactos costeros derivados de eventos extremos.
- Rehabilitación de ecosistemas costeros posdesastre.
- Evaluación de la afectación del ascenso del nivel del mar sobre los centros urbanos costeros, en particular en los sistemas de agua potable y saneamiento.
- Evaluación de acciones potenciales para favorecer la estabilización de playas y dunas.

## 3.3.5 ASENTAMIENTOS HUMANOS

El proceso de urbanización creciente que caracteriza a nuestro país plantea problemas de aumento de la demanda de vivienda, agua, energía y mayores necesidades de transporte. Las principales consecuencias de cambios en el clima sobre los centros de población, cualquiera que sea su tamaño están relacionadas con las inundaciones, la mayor frecuencia de olas de calor, la mayor intensidad en los periodos de sequía y la ocurrencia de temporadas más húmedas y cálidas. Estas variaciones pueden a su vez, propiciar cambios en el patrón de distribución de los poblados. Dentro del espacio urbano, las zonas que pueden verse más directamente afectadas son las áreas verdes. En la edificación, la repercusión del cambio climático conlleva nuevas necesidades para atender los aspectos de habitabilidad de los edificios, que requerirán nuevas instalaciones de climatización y ventilación.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## A. CAPACIDAD INSTALADA

### a) Sistema Nacional de Protección Civil

Como se describió previamente, la SEGOB, a través del Sistema Nacional de Protección Civil asegura y coordina la salvaguarda de la población, sus bienes y su entorno ante la ocurrencia de eventos que puedan impactar a los asentamientos humanos. El SINAPROC, en coordinación con el CENAPRED, promueve una cultura ciudadana de prevención y cuenta con la Red Nacional de Brigadistas Comunitarios (RNBC) para la capacitación, preparación y organización de acciones de respuesta ante eventos extremos de distinto origen.

Otro instrumento básico del SINAPROC es el Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, publicado en 2001 por la Coordinación General de Protección Civil y que integra la cartografía de las zonas de mayor riesgo de inundaciones, sequías y sismos. La realización del Atlas ha sido posible con la colaboración del Instituto de Geografía de la UNAM, que apoya la instrumentación del Sistema de Información Geográfica para la Identificación de Riesgos (SIGIR), el que a su vez ordena la información urbana en Atlas de Peligros Naturales (realizados durante 2004 y 2005), a fin de hacerla compatible entre las dependencias de la Administración Pública Federal. La SEDESOL publicó una Guía Metodológica para la elaboración de estos Atlas.

Dentro de las capacidades instaladas en zonas metropolitanas el CENAPRED también cuenta con Sistemas de Alerta Hidro-Meteorológica en ciudades de seis entidades federativas (Acapulco, Monterrey, Tijuana, Villahermosa y Motozintla y Tapachula en Chiapas). Estos sistemas están integrados por estaciones que envían por telemetría información a un puesto central de registro, el cual la procesa, la mide y, cuando las cifras rebasan ciertos umbrales de impacto, activa alarmas para que el SINAPROC entre en acción.

### b) Programa Hábitat y Desarrollo de Atlas de Riesgos

Desde 2003 la SEDESOL inició el desarrollo de este programa, cuyo objetivo es reducir la exposición al riesgo de distinto origen en ciudades y zonas vulnerables del país. En 2004 integró criterios de mejoramiento ambiental y, a partir de 2006, se le denomina *Programa de Prevención de Riesgos y Mejoramiento Ambiental*. Este instrumento permite a la SEDESOL promover y apoyar el desarrollo de proyectos para la identificación de peligros y la planeación territorial, de modo que la población asentada en zonas de riesgo, con el apoyo de las autoridades responsables del orden de gobierno que corresponda, desarrollen me-

canismos de prevención y respuesta ante los impactos de eventos extremos. Entre los resultados de este Programa destaca la elaboración de más de 20 Atlas de Riesgos que, sumados a los "Atlas de Peligros Naturales", permiten que casi la mitad de las ciudades del Sistema Urbano Nacional (SUN, alrededor de 350 localidades de 15 mil o más habitantes) cuenten con este tipo de herramientas.

El Centro de Estudios para el Desarrollo Alternativo (CEDA) ha realizado un estudio técnico, *Marco estratégico para la Gestión del Riesgo de Desastre en México* (GRD), a fin de facilitar que las instancias ejecutoras, especialmente las municipales, puedan establecer lineamientos para la incorporación del concepto GRD en el diseño de sus estrategias de prevención y mitigación. Entre otros instrumentos de soporte destacan los programas emergentes de vivienda e infraestructura urbana, que apoyan a la población que sufre impactos de eventos extremos.

### c) Ordenamiento Territorial

La ocupación del territorio bajo condiciones de gran inequidad en el acceso a la tierra y sus recursos, han dado lugar a un patrón de distribución en el que muchas poblaciones e infraestructuras quedaron asentadas en zonas de alto riesgo. Las áreas urbanas continúan avanzando y ocupando sitios estratégicos para la provisión de servicios ambientales, los que además son sumamente frágiles ante los impactos de eventos hidrometeorológicos, particularmente susceptible es la línea costera.

En este punto juega un papel trascendental la implementación del Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT), así como el cumplimiento de las disposiciones emanadas de la aplicación de otros instrumentos de gestión ambiental vigentes. La acción de la CICC y el desarrollo de las agendas de transversalidad para el desarrollo sustentable<sup>158</sup>, constituyen importantes espacios e instrumentos institucionales para promover avances en la materia. El desafío consiste en desarrollar a tiempo las capacidades necesarias para diseñar, planificar y ejecutar medidas de adaptación ante los efectos previsibles del cambio climático.

El OEGT, de carácter obligatorio desde 1997, es un instrumento esencial de planeación y gestión ambiental que posibilita la ubicación de asentamientos y procesos productivos en función de las características de cada zona, incluyendo su exposición a eventos peligrosos, por lo que sería fundamental revalorarlo como un instrumento orientador para la construcción de capacidades de adaptación frente al cambio climático. Adicionalmente al OEGT, existen los ordenamientos ecológicos regionales, locales y marinos.

<sup>158</sup> SEMARNAT, 2005.

# Vulnerabilidad y Adaptación

La Ley General de Asentamientos Humanos, por su parte, describe al ordenamiento territorial como el proceso de distribución equilibrada y sustentable de la población y de las actividades económicas en el territorio nacional (artículo XIV, 2002). La SEDESOL ha insistido en el desarrollo de un Sistema Nacional de Planeación de largo plazo bajo una perspectiva de ordenamiento territorial que aproveche los nuevos recursos tecnológicos y mecanismos para un desarrollo limpio. Esta perspectiva procurará reducir la desigualdad entre sectores de la población y entre las diversas regiones del país, toda vez que defina las zonas de intervención y genere los acuerdos para el desarrollo integral. El ordenamiento territorial habrá de encaminarse a establecer una política nacional de seguridad en los asentamientos humanos a través de la identificación y la regulación de las zonas de riesgo y de la educación en materia de prevención.

De cumplirse con las disposiciones que marcan los ordenamientos ya decretados se esperaría que se reubicaran asentamientos, que no se autorizaran construcciones de ningún tipo en zonas de cauces de ríos, vertientes o alrededores de antiguos cuerpos de agua, o bien, en partes bajas de cuencas en las que se han desviado corrientes al construir infraestructura hidráulica. Igualmente, de respetarse las declaratorias de ANP y el uso de suelo que se define en cada caso, se podrían prevenir desastres ocurridos en buena parte por la deforestación, que a su vez da origen a la erosión, los deslizamientos, los azolves y el aumento de la escorrentía. Por lo anterior resulta prioritario vigilar la correcta aplicación de los instrumentos de gestión y adecuarlos para que puedan coadyuvar a disminuir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos.

## B. CAPACIDADES POR DESARROLLAR

### a) Retos para la Gestión

- Inducir criterios de Diseño Ambiental en todos los ámbitos y niveles de planeación del desarrollo urbano.
- Fortalecer la instrumentación de planes y programas dirigidos a la adaptación de grupos vulnerables.
- Incorporar el enfoque de manejo de cuencas hidrográficas en las acciones de protección y aprovechamiento de servicios ambientales de áreas periurbanas y rurales.
- Articular los diferentes esfuerzos sectoriales orientados a incrementar la capacidad adaptativa en los asentamientos humanos.
- Fortalecer el desarrollo de los Atlas de Riesgo para distintos niveles de toma de decisiones y habilitar su aplicación.
- Fortalecer el Programa de Protección a Centros de Población en articulación con el Ordenamiento Ecológico General del Territorio y con otros instrumentos de gestión ambiental.

### b) Investigación y Desarrollo

Requieren de tratamiento especial los siguientes rubros de investigación y desarrollo:

- Diseño Ambiental para planeación, redensificación urbana y redistribución de asentamientos.
- Diseño de ciudades sustentables bajo diferentes escenarios de cambio climático.
- Identificación de reservas territoriales para el crecimiento urbano.
- Diseño y desarrollo de infraestructuras en red vinculadas con el soporte y suministro a nivel local.
- Evaluación del potencial de desarrollo de localidades pequeñas bajo criterios de sustentabilidad, autosuficiencia, cogeneración, cooperación en redes y otras opciones que aumenten la capacidad adaptativa de distintos grupos sociales.
- Análisis de grupos vulnerables en ámbitos urbanos y rurales.
- Diseño y promoción de ecotécnicas y normas de construcción, en particular en viviendas de interés social.
- Valoración económica de bienes y servicios ambientales brindados a las grandes metrópolis.
- Movilidad y transporte sustentable.
- Educación ambiental y prevención de riesgos.

# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## 3.3.6. GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA

El Sector Energía es un importante pilar de la economía nacional y constituye un motor de desarrollo y bienestar social. Debido a la importancia de este sector para la seguridad y la estabilidad del país, su vulnerabilidad hacia factores externos cobra fundamental relevancia.

De acuerdo con el IPCC el cambio climático tendrá impactos sobre la oferta y la demanda de energía. Por el lado de la oferta, las alteraciones en el clima tendrán efectos directos sobre la disponibilidad de recursos energéticos no fósiles, tales como agua, biomasa, viento y sol, y sobre la capacidad de extracción, producción y distribución de energéticos de origen fósil. El aprovechamiento de la energía solar, eólica y de la biomasa se vería limitado por las variaciones en la humedad atmosférica. La extracción de los recursos energéticos de origen fósil se verá negativamente afectada por cambios en la acción de los vientos y de las mareas, por el incremento de la precipitación y la erosión de las costas. El incremento de fenómenos climáticos extremos tales como huracanes, tormentas, granizadas e inundaciones afectará la infraestructura de transmisión y distribución eléctrica. Las temperaturas elevadas también disminuirían las capacidades de transmisión de las líneas eléctricas. Adicionalmente se esperaría un incremento en la demanda en los períodos punta como consecuencia del mayor uso de aires acondicionados en zonas con climas cálidos extremos.

Se han realizado estudios preliminares sobre la vulnerabilidad del sector energía frente al fenómeno, que han permitido advertir que la región centro del país es la más vulnerable. Destaca también la vulnerabilidad de las plataformas petroleras en la costa del golfo de México ante la esperada elevación del nivel del mar. Se considera prioritario fomentar el desarrollo de infraestructuras y diseñar nuevos sistemas de generación y suministro adecuadas a las condiciones previsibles del cambio climático, y adaptadas a nivel local y regional. Nuestro país presenta una alta vulnerabilidad al cambio climático al generar el 21.3% de su electricidad mediante grandes hidroeléctricas.

### A. CAPACIDAD INSTALADA

Los estudios sobre los impactos previsibles en el sector energético son de gran valor para la creación de capaci-

dades para la adaptación, al señalar no sólo los riesgos incrementales de afectación a infraestructuras de las industrias petrolera y eléctrica, sino también los costos asociados con los impactos. Es importante que estos estudios se sigan elaborando y sean ampliados al análisis de los impactos en los sectores de demanda de energía.

Las "Prospectivas" publicadas por SENER presentan proyecciones estimadas de la producción y el consumo de energía, con base en el crecimiento esperado en la demanda, entre otras variables demográficas y económicas. Aunque la información de estas proyecciones es presentada de manera general, las prospectivas son un instrumento importante para la planeación energética que, en combinación con los estudios de vulnerabilidad podrían considerarse en la expansión de infraestructura de este sector en regiones de bajo riesgo.

## B. CAPACIDADES POR DESARROLLAR

### a) Retos para la gestión

Los estudios preliminares sobre la vulnerabilidad de este sector consideran prioritario fomentar el desarrollo de infraestructuras a escala regional y local para el suministro de energía, así como diseñar sistemas sustentables descentralizados a escala local. Los sistemas fotovoltaicos, calentadores solares y el aprovechamiento sustentable de biomasa podrían contribuir a satisfacer las necesidades energéticas de comunidades aisladas, mientras que los diseños arquitectónicos bio-climáticos de casas-habitación y edificios podrían reducir el crecimiento en la demanda de electricidad sin detrimento del confort humano en zonas con climas extremos. En este rubro, es necesario fortalecer las campañas de información sobre el ahorro de energía que realizan la CONAE, el FIDE, el INE e instituciones académicas, y además vincularlas con las acciones que la sociedad civil podría realizar para contribuir en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

### b) Investigación y Desarrollo

En vista del carácter estratégico de este sector, se estima de alta relevancia definir líneas de investigación que permitan conocer la vulnerabilidad que presentan los diferentes procesos y dinámicas que conforman el sector energético por el lado de la oferta y de la demanda, y sirvan de base para el diseño de estrategias de adaptación.



# Vulnerabilidad y Adaptación

- Documentación y análisis de las relaciones de variabilidad y cambio climático, con la infraestructura del sector energético (plataformas petroleras y torres y líneas de transmisión y distribución).
- Análisis de las repercusiones del cambio climático sobre la exploración, producción y distribución de los combustibles fósiles.
- Elaboración de cartografías de las potencialidades climáticas, positivas y negativas, de las regiones del país para la producción y aprovechamiento de energías renovables bajo distintos escenarios de cambio climático.
- Documentación y análisis de los impactos de cambios en el clima (aumento de temperatura y variación del ciclo hidrológico) sobre la generación de energía hidroeléctrica y la demanda de energía.
- Evaluación del incremento de emisiones de GEI como resultado de un aumento de la temperatura (y por consiguiente de la actividad anaerobia) de los embalses de las grandes hidroeléctricas.
- Elaboración de las relaciones clima-generación de energía hidroeléctrica a partir de las variaciones climáticas recientes para los embalses más importantes del país, que puedan utilizarse bajo escenarios de cambio climático para proyectar los potenciales cambios en producción de energía.
- Análisis de los impactos en la demanda de energía resultado de un incremento en los requerimientos de extracción, bombeo y transporte de recursos hídricos.
- Tendencias de la demanda de energía eléctrica en casas habitación y edificios en relación con el inicio temprano y final tardío de la época de calor que aumenta el uso de aire acondicionado para mantener el confort humano.
- Aplicación del diseño bio-climático en casas-habitación y edificios orientado al confort humano, y a la disminución del consumo energético
- Análisis de las tendencias tecnológicas, políticas y económicas del sector energético que pudieran reducir su vulnerabilidad ante el cambio climático.
- Valoración con modelos económicos de los costos asociados con impactos del cambio climático en el sector.

## 3.3.7. CONSIDERACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Particular atención merece el tema de la salud humana y su vinculación con el cambio climático. Las capacidades instaladas dentro del sector para atender emergencias sanitarias y las experiencias acumuladas en múltiples regiones del país tras las sequías o inundaciones, y en general, en diversas situaciones de desastre, permiten asegurar que el sector salud tiene un papel central en el diseño de propuestas de acción, mitigación y prevención frente a la variabilidad climática presente, por lo que resulta indispensable incluirlo como un área estratégica en la construcción de capacidades de adaptación.

Las interacciones entre el cambio climático y la salud humana son múltiples y complejas. Se esperan cambios en la morbi-mortalidad en relación con el aumento de olas de calor en distintas regiones, efectos en la salud relacionados con la ocurrencia de huracanes y precipitaciones extremas, mayor incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos y agua y de enfermedades transmitidas por vectores. La población infantil y la mayor de 65 años constituye el grupo más vulnerable al incremento de morbi-mortalidad por efecto de temperaturas extremas. Entre las enfermedades susceptibles de incrementar su incidencia en México se hallan algunas transmitidas por mosquitos como el dengue y la malaria.

Algunas de las líneas de acción e investigación, que aún requieren de múltiples ajustes, en materia de vulnerabilidad y adaptación en el sector salud podrían ser:

- Evaluación del efecto de los distintos escenarios de cambio climático en la salud de distintos grupos sociales, tomando en cuenta las proyecciones demográficas.
- Elaboración de cartografía de las zonas más vulnerables bajo los distintos escenarios socioeconómicos y de cambio climático.
- Fortalecimiento preventivo de los planes de actuación en salud pública a partir de sistemas de alerta temprana.
- Fortalecimiento de los programas de vigilancia y control específicos en enfermedades de transmisión vectorial.
- Desarrollo de actividades dirigidas a aumentar la conciencia y la participación ciudadana en todas las actividades relacionadas con la salud y el cambio climático.



## *Estrategia Nacional de Cambio Climático*

### **3.4. TRANSVERSALIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**


Los sectores y rubros que se han definido como áreas estratégicas para la construcción de capacidades frente al cambio climático se encuentran ampliamente interrelacionados, lo que tendrá que tomarse en cuenta en las evaluaciones de vulnerabilidad y en el diseño de medidas de adaptación a nivel nacional. Esto plantea importantes retos de integración y coordinación de disciplinas, instituciones y grupos de expertos. Se deben contemplar aspectos como los efectos del cambio climático sobre la seguridad alimentaria, las condiciones de pobreza y desigualdad social, así como otros factores que pueden condicionar la capacidad adaptativa, tales como las condiciones de gobernabilidad, las características demográficas y la cultura.

Las evaluaciones de los impactos, la vulnerabilidad y las posibilidades de adaptación al cambio climático de los distintos sectores y sistemas deben integrarse y adecuarse considerando las características de los distintos ámbitos

geográficos regionales o subregionales de México, con el objeto de orientar las estrategias de uso, planificación y gestión del territorio.

En el diseño adaptativo frente al cambio climático se debe tener presente que las capacidades instaladas en diferentes áreas que permiten reaccionar ante situaciones emergentes, requieren de la inclusión de un verdadero carácter preventivo para la construcción paulatina de capacidades de adaptación frente a los impactos del cambio climático. Un requisito fundamental para el éxito de esta Estrategia es la participación decidida y directa de cada sector, tomando en consideración sus necesidades específicas y los recursos con los que cuenta.

La instrumentación de las líneas de acción, no sólo son de gran utilidad para fortalecer las estrategias ya existentes en diversas regiones del país frente a la variabilidad climática presente, también son imprescindibles para que la sociedad en general aprenda de estas experiencias y pueda equiparse a tiempo para enfrentar el cambio climático.



# Vulnerabilidad y Adaptación

## LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA ADAPTACIÓN

- 1) Revisar la estructura institucional enfocada a la gestión del riesgo frente a amenazas hidrometeorológicas, para potenciar las capacidades instaladas.
- 2) Posicionar la actual capacidad de respuesta ante los impactos de la variabilidad climática, como plataforma para el desarrollo de capacidades de adaptación frente a los efectos del cambio climático.
- 3) Fortalecer espacios interinstitucionales para la toma de decisiones, basada en el mejor conocimiento disponible.
- 4) Identificar oportunidades para la convergencia de esfuerzos intersectoriales (sinergias y transversalidad).
- 5) Diseñar e implementar un Programa de Modelación del Clima como parte de un Sistema Nacional de Información Climática.
- 6) Potenciar el Ordenamiento Territorial como un instrumento preventivo frente a los impactos previsibles del cambio climático.
- 7) Incorporar en las Evaluaciones de Impacto Ambiental las consideraciones relativas a los efectos previsibles del cambio climático.
- 8) Revisar las políticas y prioridades de asignación del gasto público para enfatizar la prevención.
- 9) Considerar acciones de reducción de la vulnerabilidad, disminución del riesgo y generación de estrategias de adaptación en los planes de desarrollo regional, estatal y municipal.
- 10) Promover el uso de seguros como instrumentos de disminución de la vulnerabilidad en diferentes sectores.
- 11) Desarrollar un sistema de monitoreo, evaluación, corrección y reporte de las acciones de adaptación.
- 12) Diseñar e implementar el componente de Adaptación del Programa Especial de Cambio Climático.
- 13) Diseñar una estrategia de comunicación y educación que difunda los resultados de las investigaciones, que involucre a la sociedad y que consolide su participación en el diseño de acciones preventivas y correctivas.
  - a) Difundir información de forma apropiada sobre la dinámica del fenómeno y sus riesgos presentes y previsibles.
  - b) Fortalecer las acciones de educación ambiental en diferentes sectores y niveles de enseñanza.
  - c) Informar y comunicar las posibilidades concretas de acción de cada sector de la sociedad.





*Posicionamiento General de México en  
Relación con el Régimen Internacional de  
Atención al Cambio Climático*







## Posicionamiento General de México

### RELEVANCIA DEL PROBLEMA

El cambio climático inducido por el incremento en la atmósfera de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) constituye, junto con la degradación de ecosistemas y la pérdida de biodiversidad, **el problema ambiental más trascendente en el siglo XXI y uno de los mayores desafíos globales que enfrenta la humanidad**. Por consiguiente, el cambio climático es un problema de seguridad estratégica de los países, cuya solución exige movilizar esfuerzos sin precedentes de mitigación (reducción de emisiones de GEI) así como desarrollar capacidades de adaptación ante sus impactos adversos previsibles, algunos de los cuales empiezan ya a detectarse. Adaptación y mitigación son estrategias igualmente necesarias; ninguna de ellas puede ir en detrimento de la otra. La inacción en el presente elevará exponencialmente los costos de adaptación en el futuro, además de limitar el alcance de la adaptación posible.

El cambio climático dejó ya de ser tema que pudiera circunscribirse al sector del medio ambiente; es un problema que afecta al desarrollo en sus múltiples facetas. Por sus alcances socio-económicos, políticos y culturales, la mitigación del cambio climático, así como la adaptación al mismo, sólo se pueden plantear al más alto nivel del poder ejecutivo, mediante procesos de decisión cada vez más ambiciosos, que tendrán que involucrar a los demás poderes y órdenes de gobierno, y a las instancias de la sociedad civil.

### COOPERACIÓN INTERNACIONAL Y ESFUERZOS NACIONALES

En el plano internacional, ningún país puede hacer frente al problema del cambio climático en forma aislada. Los procesos habituales de negociación multilateral parecen sin embargo insuficientes para establecer y consolidar un régimen internacional adecuado para hacer frente a este problema global. Se requiere además de acuerdos políticos del más alto nivel, que involucren a los países con mayores emisiones.

El principio que establece "responsabilidades comunes pero diferenciadas" es el eje rector de la distribución mundial de esfuerzos de mitigación. No existen sin embargo criterios acordados para diferenciar dichas responsabilidades, y la actual división entre "Anexo I" y "no-Anexo I" tiene que evolucionar hacia una diferenciación más ajustada a la realidad del mundo actual.

En estas circunstancias, cada país debe realizar su mejor esfuerzo para mitigar el cambio climático, promover la adaptación al mismo y construir un régimen internacional

que permita controlar el problema, fomentando de manera equilibrada tanto la mitigación como la adaptación. **El hecho de que otros países pudieran no estar dispuestos a asumir sus responsabilidades no debe ser pretexto para desentenderse de las propias**. Por ello, las líneas fundamentales de acción inscritas en esta Estrategia se mantendrán cualquiera que sea la respuesta de otros países al desafío del cambio climático. Por supuesto, como prevé la propia estrategia, un régimen que favorezca la cooperación internacional en la materia permitiría potenciar y ampliar los alcances del esfuerzo nacional, sin sustituirlo. Esta debe ser la función de mecanismos como el actual MDL y otros que pudieran reemplazarlo o complementarlo. En todos los casos, el esfuerzo propio debe proveer la plataforma para la puesta en práctica de mecanismos de cooperación internacional.

### AMENAZAS Y OPORTUNIDADES

La distribución pactada de esfuerzos de mitigación podría, bajo algunas circunstancias, afectar a la competitividad de las economías de aquellos países con mayores cargas relativas. Esta posibilidad no parece concretarse todavía. En los niveles actuales, los esfuerzos para enfrentar el cambio climático no han afectado a la competitividad de los países, e incluso en algunos casos han mejorado sus perspectivas.

El cambio climático implica una gran amenaza pero también una oportunidad para impulsar la transición hacia el desarrollo sustentable. Tanto las acciones de mitigación como el desarrollo de capacidades de adaptación ante los efectos adversos del calentamiento global contribuyen, en forma directa o indirecta, al desarrollo sustentable. Combatir el cambio climático implica emprender una transformación del modelo de desarrollo con tecnologías más limpias y adecuadas. Los costos que conlleva esta transformación son muy inferiores a los que derivarían de la inacción. El análisis económico de los "costos de inacción" resulta de gran utilidad para revisar las políticas públicas vigentes, tanto a nivel nacional como internacional.

### INSTRUMENTOS JURÍDICOS INTERNACIONALES

México apoya sin reservas los instrumentos jurídicos-negociados multilateralmente hasta ahora para enfrentar el cambio climático: La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y el Protocolo de Kioto (PK). Oportunamente ratificados por nuestro país, estos instrumentos se integraron en el ordenamiento jurí-



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

dico nacional. México privilegia el marco multilateral de las Naciones Unidas para enfrentar el problema, pero reconoce el papel complementario que desempeñan otros foros internacionales. México confiere especial atención a su participación en las conversaciones en el marco del G8+5, así como en los grupos sobre cambio climático, desarrollo sustentable y medio ambiente de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), entre muchas otras iniciativas que coadyuvan al desarrollo de un régimen internacional sobre cambio climático. Ha establecido convenios de colaboración bilateral con diversos países que se orientan a alcanzar posiciones comunes en algunos de los temas de la agenda climática, a potenciar el desarrollo de proyectos de mitigación y adaptación, así como a apoyar el desarrollo de capacidades mexicanas en la materia.

La Convención ha obtenido una aceptación prácticamente universal. No ha sido el caso del PK. El final del primer periodo de compromiso del PK, en 2012, no implica la conclusión de la vigencia de este instrumento jurídico. México está abierto a la posibilidad de perfeccionar el PK y acordar las modalidades que convengan para un segundo periodo de compromiso. Si fuera el caso, también estaría dispuesto a considerar la sustitución pactada del PK por otro instrumento más ambicioso que pudiera obtener un consenso todavía más amplio en el marco multilateral.

## HACIA LA ADOPCIÓN DE OBJETIVOS DE LARGO PLAZO

El artículo 2 de La Convención señala como objetivo último de este instrumento: “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático...”. México está dispuesto a participar en la adopción conjunta de una o varias metas globales de largo plazo, que pudieran ser de índole indicativa, no vinculante, pero orientadoras para la acción colectiva. En particular, y atendiendo a la formulación del Art.2 de la CMNUCC, podría asumir que las concentraciones de GEI deberían en principio estabilizarse a niveles no superiores a los 550 ppm de CO<sub>2</sub>e. Estas concentraciones son fácilmente monitoreables y medibles.

Es evidente que la adopción de una meta de esta índole, aún indicativa, implicaría asumir rangos de límites posibles para las emisiones globales. Cualquier limitación a las emisiones globales debería basarse en un cuidadoso análisis de sus implicaciones para la realización del potencial de desarrollo de los países con base en esquemas **equitativos** de asignación de cuotas futuras de emisión de gases

efecto invernadero. Este análisis debería incluir el efecto de las emisiones históricamente acumuladas por parte de los países hoy industrializados. Los países en desarrollo deberían tener las mismas perspectivas de mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes que aquellas de las que disfrutaron los países industrializados. El principio de “quien contamina paga” debería hacerse extensivo a escala global en relación con las emisiones de gases de efecto invernadero.

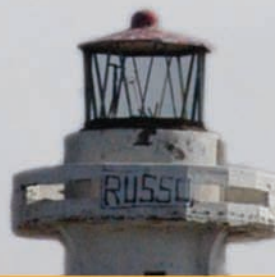
## CUESTIONES DE EQUIDAD

El régimen internacional que se desarrolle para atender el cambio climático sólo será viable en la medida en que tome en consideración los aspectos de equidad. México no ha reconocido ni reconocerá “derechos diferenciales adquiridos” permanentes sobre los bienes comunes o los servicios ambientales asociados a la atmósfera global, y sostiene que todos los habitantes del planeta tienen el mismo derecho al usufructo de esos bienes y servicios. Dicho de otro modo, ningún país tiene derecho inherente a emitir *per cápita* más que los otros. Reconocemos que el acercamiento entre la situación *de facto* y la *de jure* —que apuntaría hacia una igualdad en las emisiones *per cápita*— se enfrenta a obstáculos tanto políticos como prácticos, y requiere de tiempo para llevarse a efecto. No parece viable un proceso rígido de “contracción y convergencia”. Nuestro país favorece un proceso de “convergencia flexible” de niveles *per cápita* de emisión de gases de efecto invernadero, como principio rector de una evolución de largo plazo del régimen climático.

## EVOLUCIÓN DE LOS COMPROMISOS DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO: HACIA UN RÉGIMEN POST-2012

Como economía de desarrollo intermedio, México comparte problemas con países desarrollados y también con países en desarrollo. Tanto por el monto de sus emisiones per cápita como por el perfil de sus emisiones, nuestro país se encuentra en una posición cercana al promedio mundial. La salida de México del Grupo de los 77 y China, en 1994, representó inicialmente para el país un relativo aislamiento en el marco de las negociaciones. En forma progresiva, se pudo articular la posición mexicana con las de los países Anexo I, participando por ejemplo en el Grupo de Expertos del Anexo I de la OCDE, así como con las de países no inscritos en el Anexo I. Ha podido promover así la formación de instancias mixtas, como el Grupo de Integridad Ambiental, junto con Suiza y Corea del Sur. Mediante sus





## Posicionamiento General de México

actividades nacionales y una participación proactiva en los foros climáticos tanto formales como informales, México se ha ido constituyendo como un referente valioso en cualquier discusión relativa a la evolución del régimen climático internacional.

México reconoce que la estructura y el alcance de las obligaciones acordadas en La Convención y en el Protocolo de Kioto deberán evolucionar, en el sentido de profundizar los compromisos de los países desarrollados (Anexo I), así como de una progresiva ampliación de la participación de aquellos que hoy, como México, se encuentran en desarrollo. La diferenciación de responsabilidades, reconocida por los instrumentos vigentes, deberá incluir una diferenciación de formas de compromiso y de tiempos, sobre bases de equidad.

México considera que la posible ampliación voluntaria del régimen de compromisos debe ser gradual y basarse en un proceso de fortalecimiento de las capacidades para medir y monitorear las emisiones de GEI de los diferentes sectores, identificar oportunidades de mitigación y desarrollar proyectos de reducción de emisiones. México plantea que lo que cuenta en definitiva es la realización de acciones efectivas de mitigación, se basen o no en la asunción de compromisos jurídicamente vinculantes.

La adopción de metas cuantitativas vinculantes relativas al conjunto de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero sería la etapa final de un proceso “paso a paso” que comprenda fases intermedias, necesarias para la consolidación y la evolución de los compromisos del país.

En el marco del diseño de un régimen post-2012, la revisión de las obligaciones de países en desarrollo avanzados, como México, podría basarse en condiciones como las siguientes:

- En la medida de sus capacidades actuales, estos países movilizarían esfuerzos de mitigación sobre la base de la adopción voluntaria de políticas y medidas para el desarrollo sustentable que presentaran co-beneficios previsible en términos de reducción de emisiones de GEI
- Las políticas y medidas adoptadas podrían ser objeto de revisión y monitoreo por parte de instancias internacionales (“pledge & review”)
- En el marco de las políticas y medidas adoptadas, se podrían asumir indicativamente metas cuantitativas de emisiones, ya sean absolutas o relativas en términos de “intensidad de emisiones” por unidad de producto, para algunos sectores o subsectores económicos o algunos entes territoriales subnacionales que en su conjunto representen una parte significativa de las emisiones de GEI del país (por ejemplo, como mínimo 25% de las emisiones totales)
- Los compromisos voluntarios que se asuman no comprometerán en ningún caso el derecho básico al desarrollo y, en particular, la aspiración de alcanzar un consumo energético adecuado a las necesidades no superfluas de la población
- El régimen internacional dispondrá de elementos o mecanismos de cooperación y estímulo para incrementar y complementar los esfuerzos de mitigación por parte de estos países
- La adopción voluntaria de políticas y medidas de mitigación y metas cuantificables asociadas no implicará ningún tipo de penalización por posibles incumplimientos (“no-lose targets”)
- El sobrecumplimiento de metas podría dar origen a una colocación de bonos de carbono en el mercado global, en condiciones acordadas



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

## EL MECANISMO PARA UN DESARROLLO LIMPIO (MDL)

México favorece el desarrollo de un mercado global de bonos de carbono y en general el uso intensivo de mecanismos de mercado para impulsar en forma sostenida las actividades de mitigación y reducir a nivel global los costos de cumplimiento. Reconoce el papel pionero que ha desempeñado al respecto el MDL del Protocolo de Kioto. Para potenciar sus beneficios, es necesario lograr los siguientes objetivos:

- Incrementar el flujo de tramitación de proyectos
- Agilizar el análisis y en su caso la aprobación y consolidación de metodologías
- Revisar los criterios de adicionalidad, para eliminar restricciones que no redundan en un beneficio ambiental neto
- Eliminar la condición de incentivo perverso derivada de la inducción a la inacción normativa, regulatoria o de inversión para no comprometer la línea de base y la adicionalidad de los proyectos
- Abatir los costos de transacción
- Otorgar facilidades reales para los proyectos de pequeña escala
- Explorar el potencial del "MDL programático", en los términos ya acordados en las COP-MOP
- Equilibrar la distribución temática y geo-política de los proyectos

El MDL presenta sin embargo limitaciones inherentes a su diseño como instrumento "por proyecto", como la dificultad de acordar líneas de base contrafactuales y el carácter restrictivo del criterio de adicionalidad.

El MDL deberá mantener su actual integralidad ambiental, complementándose con esquemas más ambiciosos que, trascendiendo los proyectos aislados, involucren programas o sectores productivos completos y amplíen la escala de la cooperación internacional.

## NUEVOS INSTRUMENTOS DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL

El régimen post-2012 de cambio climático deberá incluir esquemas de cooperación internacional más ambiciosos, que trasciendan el alcance de los proyectos aislados y promuevan programas nacionales de reducción o programas por ramas productivas o sectores de la economía. La estabilización de concentraciones de GEI a un nivel adecuado exige una rápida y progresiva des-carbonización de todas las economías, empezando por las de los países industrializados en los que recae una responsabilidad histórica acumulada. También necesitan transformarse los procesos productivos en los países en desarrollo emergentes, cuyas economías suelen presentar notables tasas de crecimiento. En dichos países la brecha inicial entre un razonable esfuerzo propio y la profundidad de las transformaciones necesarias sólo se podrá cerrar mediante nuevos instrumentos de cooperación de gran escala y asociados a esquemas financieros apropiados. El esfuerzo total de mitigación podrá así compartirse entre los países industrializados y aquellos beneficiarios de estos nuevos instrumentos, cuya vinculación con los mercados globales de bonos de carbono deberá basarse en esquemas, tales como la utilización de tasas de descuento, que preserven la integridad ambiental del régimen climático emergente.

Será muy importante que en el Programa Especial que derivará de esta Estrategia se defina que políticas y medidas propuestas podrán costearse con fondos fiscales, y cuáles requerirán de la cooperación internacional.



***Referencias***  
***Siglas y Acrónimos***







# Referencias

## 1. EL CAMBIO CLIMÁTICO

Cazanave y Nerem, 2004. *R. Geophysic*, vol. 42, no. 3.

De Alba, E., 2004. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. En: Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (Compiladores), *Cambio climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Doney, S., 2006. La acidificación de los océanos. *Investigación y Ciencia*, 356, Mayo 2006, p. 50-57.

Gallegos, A., 2004. Clima oceánico: los mares mexicanos. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*, Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, p. 41-51.

Hopkin, M., 2005. Greenhouse-gas levels highest for 650,000 years. *Nature*, 30, Noviembre 2005, p. 536-537.

INE, 2006a. *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

INE, 2006b. *México, Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

IPCC, 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Reino Unido.

IPCC, 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Panel Intergubernamental de Cambio Climático, Ginebra, Suiza.

IPCC, 2000. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. Panel Intergubernamental de Cambio Climático, Japón.

IPCC, 2001. *Third Assessment Report: Climate Change 2001*, Cambridge University Press, Reino Unido.

IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Panel Intergubernamental de Cambio Climático, Ginebra, Suiza.

Lozano, M.S., 2004. Evidencia del cambio climático: cambios en el paisaje. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, p. 65-76.

Magaña, V.O., 2004. El cambio climático global: comprender el problema. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (Compiladores). *Cambio climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente, México, p. 17-27.

Millennium Ecosystems Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, D.C., E.U.A. <http://www.millenniumassessment.org/proxy/document.440.aspx>

New Economics Foundation, 2005. Los costos del cambio climático para los países industrializados, *Este país*, 172, México, p. 4-17.

PNUMA/WMO, 1996. *La ciencia del cambio climático: Contribución del Grupo I, Segundo Reporte de Evaluación (SAR) del IPCC*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Organización Meteorológica Mundial.

Point Carbon, 2007. *Carbon Market Analyst. Outlook for 2007*. <https://pointcarbon.com/>.

Siegenthaler, et al. 2005. Stable Carbon Cycle-Climate Relationship during the late Pleistocene. *Science*, Noviembre 2005, vol. 310, no. 5752.

Socolow, R., 2005. Almacenamiento del bióxido de carbono bajo la tierra. *Investigación y Ciencia*. 348. Septiembre 2005.

Stern, N., 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, Reino Unido.

WRI, 2007. Climate Analysis Indicator Tool (CAIT), version 4.0. Instituto de Recursos Mundiales. Washington, D.C., E.U.A. <http://cait.wri.org/cait.php>

## 2. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN

Calatayud, L. y S. Jácome, 2003. El CEVIM suma fuerzas para diversificar la industria cañera. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*, enero-abril, México.



## Estrategia Nacional de Cambio Climático

Chapela, G., 2004. Lucha contra la desertificación y lucha contra el calentamiento global. En: Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (Compiladores). *Cambio climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y SEMARNAT, México. p. 194.

CMM, 2006. *Propuestas para integrar una Estrategia Nacional de Acción Climática para el Sector de la Energía*. Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, México.

CONABIO, 2006. *Capital natural y bienestar social*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, p. 40.

CONAE, 2002. *La CONAE y la Cogeneración*. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, México.

CONAE, 2005. *Las Energías Renovables en México y en el Mundo*. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, México. <http://www.conae.gob.mx/wb/distribuido.jsp?seccion=1026>

CONAFOR, 2005. *El Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN)*. Comisión Nacional Forestal, México. [http://www.CONAFOR.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/PRODEPLAN/index.html](http://www.CONAFOR.gob.mx/programas_nacionales_forestales/PRODEPLAN/index.html)

CONAFOR, 2006. Recuento 2001-2006, crecimiento y rumbo firme en los bosques y selvas de México. *Revista México Forestal*. Comisión Nacional Forestal, México. <http://www.mexicoforestal.gob.mx/imprimir.php?seccion=notas&id=347>

CONAFOR, 2007. *Resumen ejecutivo de servicios ambientales*. Comisión Nacional Forestal, México.

CRE, 2007. Tabla de permisos de generación e importación de energía eléctrica vigentes de 1994 a 31 de enero de 2007. Comisión Reguladora de Energía. México. <http://www.cre.gob.mx/estadisticas/stat98/electr.html>

De Buen, O., 2005. *Ilumex: Desarrollo y lecciones del primer proyecto mayor de ahorro de energía en México*. [www.funtener.org/pdfs/ilumex.pdf](http://www.funtener.org/pdfs/ilumex.pdf).

De Buen, O. y J. González, 2005. Energy Efficiency in the Northern Border Status: Cooling Device Replacement. *Energy issues along the U.S.-Mexican Border*. [www.scorp.org/pubs/m7c6.pdf](http://www.scorp.org/pubs/m7c6.pdf)

De Jong, B.H.J., R. Tipper y L. Soto-Pinto, 2004. Proyecto Scolel Té: la participación de comunidades rurales en el mercado internacional de venta de carbono. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y SEMARNAT, México, pp. 381-390.

ENTE, 2007. *Reporte de la Transición Energética No. 62*. Marzo 2007. Energía, Tecnología y Educación, S.C., México.

FAO, 2001. *The State of Food and Agriculture 2001*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FAO, 2005. *Global Forest Resources Assessment 2005*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. <http://www.fao.org/forestry/web-view/forestry2/index.jsp?siteId=6833&siteTreeId=32006&langId=3&geoid=0>

INE, 2006a. *Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero 1990-2002*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

INE, 2006b. *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología y SEMARNAT, México.

IPCC, 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Reino Unido.

IPCC, 2000. *Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra*. Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Bruselas.

Jaramillo, V. J., 2004. El ciclo global del carbono. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales, México, p. 77-85.

Masera, O. (Coordinador), 2006. *Bioenergía en México, un catalizador del desarrollo sustentable*. CONAFOR. Multimundo. México.

Masera, O. y C. Sheinbaum, 2004. Mitigación de emisiones de carbono y prioridades de desarrollo. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y SEMARNAT, México, pp. 355-368.



## Referencias

Millennium Ecosystems Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, D.C., E.U.A. <http://www.millenniumassessment.org/proxy/document.440.aspx>

NREL, 2003. *Wind Energy Resource Atlas of Oaxaca*. Laboratorio Nacional de Energía Renovable. E.U.A.

Ordóñez, J.A. y O. Masera, 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, vol. 7, no. 1, p. 3-12.

Ordóñez, J.A., (en preparación). Índices de contenido y captura de carbono en áreas forestales. Por publicarse en *Ciencias Forestales*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.

Red para la Transición Energética, 2005. *Atlas de Recursos Eólicos en Oaxaca*. México. <http://www.funtener.org/pdfs/atlasoaxaca.pdf>

Savory, A. 2006. *Manejo holístico: un nuevo marco metodológico para la toma de decisiones*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2002/Mayo/B203.pdf>

SEMARNAT, 2006a. *La Gestión Ambiental en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

SEMARNAT, 2006b. *Programa Anual de Trabajo 2006*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

SENER, 2004a. *Balance Nacional de Energía 2004*. Secretaría de Energía. México.

SENER, 2004b. *Prospectiva del Sector Eléctrico 2004-2013*. Secretaría de Energía. México.

SENER, 2005. *Prospectiva del Mercado del Gas Licuado de Petróleo 2005-2014*. Secretaría de Energía. México.

SENER, 2006a. *Prospectiva del Sector Eléctrico 2005-2014*. Secretaría de Energía, México.

SENER, 2006b. *Prospectiva de Petrolíferos 2005-2014*. Secretaría de Energía, México.

SHCP, 2006. *Evolución de la economía durante 2006*. Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, p. 85.

Socolow, R., 2005. Almacenamiento del bióxido de carbono bajo la tierra. *Investigación y Ciencia*. 348. Septiembre 2005, p. 22-29.

WRI, 2005. *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*. Instituto de Recursos Mundiales. Washington, D.C. E.E.U.U.

### 3. VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

Aguilar, A. G., 2004. Los asentamientos humanos y el cambio climático global. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, p. 267-278.

Anaya M., 2003. La desertificación en México: lineamientos estratégicos para su prevención y control. En: *Memorias del Diálogo Internacional sobre Políticas en Materia de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático: Hacia una agenda común para países en desarrollo*. Zacatecas, México. 17 y 18 de junio de 2003. México, p. 49-58.

Arriaga, L. y L. Gómez, 2004. Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, p. 255-265.

Carabias, J. y R. Landa, 2005. *Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*. El Colegio de México, UNAM, Fundación Gonzalo Río-Arronte. México.

CENAPRED, 2001. *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México*. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Centro Nacional de Prevención a Desastres. México, p. 128.

CNA, 2001. *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*. Comisión Nacional del Agua. México.

CONAGUA, 2006. *Estadísticas del Agua en México*. Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT. México.

CONAZA/UACH, 2005. *Escenarios Climatológicos de la República Mexicana ante el Cambio Climático. Tomo I*. Comisión Nacional de las Zonas Áridas e Universidad Autónoma de Chapingo, México.



## Estrategia Nacional de Cambio Climático

Conde, C., R. M. Ferrer, C. Gay y R. Araujo, 2004. Impactos del cambio climático en la agricultura de México. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, p. 227-238.

Gallegos A., 2004. Clima oceánico: los mares mexicanos. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, p. 41-51.

Goldammer, J. G. y C. Price, 1998. Potential impacts of climate change on fire regimes in the tropics based on Magic and GISS-GCM Derived Lightning Model. *Climate Change*, vol. 39, p. 273-296.

Gurenko, E. N., 2004. Building effective catastrophe insurance programs at the country level: A risk management perspectiva. En Mathur, A., I. Burton y M. van Aalst (eds.) *An Adaptation Mosaic: A simple of the emerging World Bank work in Climate Change Adaptation (Final Draft)*. The World Bank Global Climate Change Team, p. 119-133.

INE, 1995. *Estudio de País: México ante el cambio climático. Informe Técnico*. México: U.S. Country Studies Program Support for Climate Change Studies. Centro de Estudios de la Atmósfera, UNAM, México.

INE, 1997. México: *Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México.

INE, 2006. *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

INE-SEMARNAT-CCA UNAM, 2007. *Proyecto: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Apactación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, México.

IPCC, 2001. *Climate Change 2001: Third Assessment Report. Working Group II; Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Panel Intergubernamental de Cambio Climático, Ginebra, Suiza.

Kurukulasuriya, P., 2004. Climate Change and Agriculture – impacts and Adaptations. En Mathur, A., I. Burton y M. van Aalst (eds.) *An Adaptation Mosaic: A simple of the emerging World Bank work in Climate Change Adaptation (Final Draft)*. The World Bank Global Climate Change Team, 83-98.

Landa, R., C. Neri y V. Magaña (*en prensa*). Vulnerabilidad y adaptación en la gestión del agua, un enfoque adaptativo. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México.

Magaña, V., C. Conde, O. Sánchez y C. Gay, 1997. Assessment of current and future regional climate scenarios. *Climate Research*, vol. 9, p. 107-114.

Magaña, V., J. M. Méndez, R. Morales y C. Millán, 2004. Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Magaña, V. (editor), 2004. *Los Impactos de El Niño en México*. UNAM, México.

Magaña, V., 2005. *Evaluación de modelos y construcción de capacidades para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. 3° informe (final) del Proyecto*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Mendoza, V. M., E. E. Villanueva y L. E. Maderey, 2004. Vulnerabilidad de las zonas hidrológicas de México ante el cambio climático. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, p. 215-226.

Munich Re Group, 2006. *Perspectivas. Today's ideas for tomorrow world*. [http://www.munichre.com/assets/PDF/georisks/04772\\_world\\_map\\_en.pdf](http://www.munichre.com/assets/PDF/georisks/04772_world_map_en.pdf)

OECD, 2003. *OECD Environmental Indicators. Development, Measurement and Use*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Paris, Francia. <http://www.oecd.org/dataoecd/7/47/24993546.pdf>

Oropeza, O., 2004. Evaluación de la vulnerabilidad de la desertificación. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, pp. 303-313.





## Referencias

SAGARPA-INIFAP, 2005. *Red Nacional de Estaciones Agroclimáticas, mayo de 2005*. Presentación ante los gobernadores de los estados. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca y Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Disponible en el sitio web: <http://www.conago.org.mx/reuniones/documentos/ags2005/ReddeEstacionesAgroclimaticas.pdf>

Sánchez, M. T., 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en zonas industriales. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, pp. 291-302.

Savory, A., 1999. *Holistic Management: A new framework for decision making*. Segunda edición. Island Press, Washington, D.C.

SEGOB, 2001a. *Programa Nacional de Protección Civil, 2001-2006*. Secretaría de Gobernación. México.

SEGOB, 2001b. *Programa Especial de Prevención y Mitigación de Riesgos de Desastres 2001-2006*. Secretaría de Gobernación. México.

SEMARNAP, 2000. *La Gestión Ambiental en México*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

SEMARNAT, 2005. *Programa Anual de Trabajo 2005: prioridades, metas, sector medio ambiente y recursos naturales*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

SEMARNAT, 2006. *Programa Anual de Trabajo 2006: prioridades y metas*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Townsend Peterson, et al., 2002. Future projections for Mexican faunas under climate change scenarios. *Nature*, 416: 626-629.

Tudela, F. 2004. Los síndromes de la insustentabilidad del desarrollo. El caso de México. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. CEPAL. Santiago, Chile.

Villers, L. e I. Trejo, 1998. Impact of climate change on Mexican forests and Natural Protected Areas. *Global Environmental Change*, vol. 8, no. 2, p. 141-157.

Villers, L. e I. Trejo, 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en los sistemas forestales. En Martínez, J. y A. Fernández Bremauntz (comps.), *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, pp. 239-254.





## Siglas y Acrónimos

ACI	Administraciones Costeras Integrales
AEAE	Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación
ANES	Asociación Nacional de Energía Solar
ANP	Áreas Naturales Protegidas
APF	Administración Pública Federal
ASI	Ahorro Sistemático Integral
BANCOMEXT	Banco Mexicano de Comercio Exterior
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BNE	Balance Nacional de Energía
C 4	Consejo Consultivo de Cambio Climático
CBM	Corredor Biológico Mesoamericano
CBMM	Corredor Biológico Mesoamericano México
CCA	Centro de Ciencias de la Atmósfera
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CE	Comercio de Emisiones
CEDA	Centro de Estudios para el Desarrollo Alternativo
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CESPEDES	Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CH <sub>4</sub>	Metano
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
CIE	Centro de Investigación en Energía
CINVESTAV	Centro de Investigación y Estudios Avanzados
CMM	Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNUCD	Convención de las Naciones Unidas de Combate a la Desertificación
CNUDB	Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica
CNUMAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
CO <sub>2</sub>	Bióxido de carbono
CO <sub>2</sub> e	Emisiones de GEI expresadas en unidades de potencial de calentamiento equivalente al CO <sub>2</sub>
COMEGEI	Grupo de Trabajo de la CICC denominado Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases Efecto Invernadero
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAE	Comisión Nacional de Ahorro de Energía
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONAVI	Consejo Nacional de Vivienda



# Estrategia Nacional de Cambio Climático

CONAZA	Comisión Nacional de Zonas Áridas
COP	Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles distintos al Metano
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DOF	Diario Oficial de la Federación
EE UU	Estados Unidos de América
EMAS	Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas
ENACC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ENTE	Energía, Tecnología y Educación, S.C.
ER	Energías Renovables
ERU	Unidades de Reducción de Emisiones (por sus siglas en inglés)
ETS	Mercado de Permisos de Emisión (por sus siglas en inglés)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FAPRACC	Fondo de Apoyo a Productores Rurales Afectados por Contingencias Climatológicas
FAR	Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (por sus siglas en inglés)
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
FIDTER	Fondo de Investigación y Desarrollo Tecnológico de las Energías Renovables
FIFONAFE	Fideicomiso Fondo Nacional de Fomento Ejidal
FIPATERM	Fideicomiso para el Programa para el Aislamiento Térmico
FOMECAR	Fondo Mexicano de Carbono
FSC	Consejo de Administración Forestal (por sus siglas en inglés)
Gas LP	Gas Licuado de Petróleo
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (por sus siglas en inglés)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GJ	Giga Joules (mil millones de joules)
GRD	Gestión del Riesgo de Desastre
GT-ADAPT	Grupo de Trabajo de la CICC para Adaptación ante el Cambio Climático
GtCO <sub>2</sub>	Giga toneladas de CO <sub>2</sub> (miles de millones de toneladas de CO <sub>2</sub> )
GT-ENACC	Grupo de Trabajo de la CICC para la Estrategia Nacional de Cambio Climático
GT-INT	Grupo de Trabajo de la CICC para Negociaciones Internacionales
GUE	Generación y Uso de Energía
GWh	Giga watts-hora
GWP	Potencial de Calentamiento Global (por sus siglas en inglés)
HENAC	Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática
HFC	Hidrofluorocarbonos
IC	Implementación Conjunta
IEA	Agencia Internacional de Energía (por sus siglas en inglés)
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua



## Siglas y Acrónimos

INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGEI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
IPN	Instituto Politécnico Nacional
kJ	kilo Joule (miles de joules)
ktCO <sub>2</sub>	kilo toneladas de CO <sub>2</sub> (miles de toneladas de bióxido de carbono)
kWh	kilowatt hora
LAFRE	Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía
LFC	Luz y Fuerza del Centro
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
MDL	Mecanismo para un Desarrollo Limpio
MFS	Manejo Forestal Sustentable
MOP	Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto (por sus siglas en inglés)
MtCO <sub>2</sub>	Mega toneladas de CO <sub>2</sub> (millones de toneladas de bióxido de carbono)
MW	Mega watts (millones de watts)
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NAFIN	Nacional Financiera
NMM	Nivel Medio del Mar
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (por sus siglas en inglés)
NOM	Norma Oficial Mexicana
NREL	Laboratorio Nacional de Energía Renovable (por sus siglas en inglés)
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OEGT	Ordenamiento Ecológico General del Territorio
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OT	Ordenamiento Territorial
PACD	Plan de Acción Contra la Desertificación
PEF	Programa Estratégico Forestal
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PEMEX-PEP	PEMEX Exploración y Producción
PET	Programa de Empleo Temporal
PFC	Perfluorocarbonos
PIASRE	Programa Interinstitucional de Agricultura Sustentable y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente
PIB	Producto Interno Bruto
PJ	Petajoules
PK	Protocolo de Kioto
PMC	Programa Mexicano de Carbono
pnb	Producción neta del bioma



## Estrategia Nacional de Cambio Climático

<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>POEGT</b>	Programa Nacional de Ordenamiento Ecológico del Territorio
<b>PPB</b>	Producción Primaria Bruta
<b>PPN</b>	Producción Primaria Neta
<b>PROCAMPO</b>	Programa de Apoyos Directos al Campo
<b>PROCOREF</b>	Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales
<b>PROCYMAF</b>	Programa de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales
<b>PRODEFOR</b>	Programa de Desarrollo Forestal
<b>PRODEPLAN</b>	Programa de Plantaciones Forestales Comerciales
<b>PRODERS</b>	Programa de Desarrollo Regional Sustentable
<b>PROFAS</b>	Programa de Ordenamiento y Fortalecimiento a la Autogestión Silvícola
<b>PROFEPA</b>	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
<b>PROGAN</b>	Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera
<b>PRONARE</b>	Programa Nacional de Reforestación
<b>PSA-CABSA</b>	Pago por Servicios Ambientales por Captura de Carbono, Conservación de la Biodiversidad y Derivados Agroforestales
<b>PSAH</b>	Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos
<b>PMSL</b>	Proyecto Manejo Sustentable de Laderas
<b>RCE</b>	Reducciones Certificadas de Emisiones
<b>REE</b>	Reducciones Estimadas de Emisiones
<b>RNBC</b>	Red Nacional de Brigadistas Comunitarios
<b>RSU</b>	Residuos Sólidos Urbanos
<b>SAGARPA</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
<b>SAR</b>	Segundo Informe de Evaluación del IPCC (por sus siglas en inglés)
<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
<b>SE</b>	Secretaría de Economía
<b>SECTUR</b>	Secretaría de Turismo
<b>SEDESOL</b>	Secretaría de Desarrollo Social
<b>SEGOB</b>	Secretaría de Gobernación
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía
<b>Sf6</b>	Hexa-fluoruro de azufre
<b>SHCP</b>	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
<b>SIAT</b>	Sistema de Alerta Temprana
<b>SIGIR</b>	Sistema de Información Geográfica para la Identificación de Riesgos
<b>SINAP</b>	Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas
<b>SINAPROC</b>	Sistema Nacional de Protección Civil
<b>SMN</b>	Sistema Meteorológico Nacional
<b>SRE</b>	Secretaría de Relaciones Exteriores
<b>STD-GT1</b>	Síntesis de Tomadores de Decisiones del Grupo de Trabajo 1



## Siglas y Acrónimos

SUN	Sistema Urbano Nacional
TAR	Tercer Informe de Evaluación del IPCC (por sus siglas en inglés)
TCN	Tercera Comunicación Nacional (de México a la CMNUCC)
TIE	Tercer Informe de Evaluación del IPCC
UACH	Universidad Autónoma de Chapingo
UMA	Unidades de Manejo para la conservación de la vida silvestre
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USAID	Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional (por sus siglas en inglés)
USCUSS	Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (equivalente a LULUCF en inglés)
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (por sus siglas en inglés)
WBCSD	Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (por sus siglas en inglés)
WRI	Instituto de Recursos Mundiales (por sus siglas en inglés)





*Estrategia Nacional de Cambio Climático México 2007*  
se terminó de imprimir en el mes de mayo de 2007,  
en Talleres Gráficos de México,  
Av. Canal del Norte 80, Col. Felipe Pescador, Del. Cuauhtémoc, C.P. 06280, México D.F.  
el tiro consta de 3 000 ejemplares  
El cuidado de la edición estuvo a cargo  
de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental y  
de la Coordinación General de Comunicación Social.

**CONSEJO CONSULTIVO DE CAMBIO CLIMÁTICO**  
**ÓRGANO PERMANENTE DE CONSULTA DE LA COMISIÓN INTERSECRETARIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO**

---

**DR. MARIO MOLINA PASQUEL**  
*PRESIDENTE DEL CONSEJO*  
*DIRECTOR DEL CENTRO MARIO MOLINA PARA ESTUDIOS ESTRATÉGICOS SOBRE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE*

**DR. CARLOS GAY GARCÍA**  
*SECRETARIO DEL CONSEJO*  
*DIRECTOR DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA, UNAM*

---

**MTR. GUSTAVO ALANÍS ORTEGA**  
*PRESIDENTE DEL CENTRO MEXICANO DE DERECHO AMBIENTAL (CEMDA)*

**DR. FRANCISCO BARNÉS DE CASTRO**  
*COMISIONADO EN LA COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA (CRE)*

**ING. MIGUEL BENEDETTO ALEXANDERSON**  
*DIRECTOR GENERAL DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA (ANIQ)*

**DRA. CECILIA CONDE**  
*INVESTIGADORA DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA, UNAM Y MIEMBRO DEL IPCC*

**DR. EDMUNDO DE ALBA ALCARAZ**  
*VICEPRESIDENTE DEL GRUPO II DEL IPCC*

**DR. BERNARDUS DE JONG**  
*INVESTIGADOR DEL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR*

**DR. JORGE ETCHEVERS**  
*INVESTIGADOR DEL COLEGIO DE POSGRADUADOS*

**ING. LORENZO GONZÁLEZ-MERLA**  
*REPRESENTANTE DE LA CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DEL HIERRO Y EL ACERO (CANACERO)*

**DR. BORIS GRAIZBORD**  
*COORDINADOR DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS Y MEDIO AMBIENTE DEL COLMEX*

**ING. JUAN JOSÉ GUERRA ABUD**  
*PRESIDENTE DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE AUTOBUSES, CAMIONES Y TRACTOCAMIONES (ANPACT)*

**ING. MIGUEL LADRÓN DE GUEVARA**  
*REPRESENTANTE DE LA COPARMEX*

**DR. ALFONSO LARQUÉ SAAVEDRA**  
*DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN (CICY)*

**ING. JAIME LOMELÍN GUILLÉN**  
*PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE ESTUDIOS DEL SECTOR PRIVADO PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE (CESPEDES)*

**DR. VÍCTOR MAGAÑA RUEDA**  
*INVESTIGADOR DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA, UNAM*

**ING. TIRSO MARTÍNEZ ANGHEBEN**  
*PRESIDENTE DE LA CÁMARA NACIONAL DE AUTOTRANSPORTE DE CARGA (CANACAR)*

**DR. RAFAEL MARTÍNEZ BLANCO**  
*CONSEJO NACIONAL CONSULTIVO PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE*

**ING. CARLOS MENA BRITO**  
*DIRECTOR EJECUTIVO DEL CENTRO MARIO MOLINA*

**ING. FERNANDO RODRÍGUEZ CAMACHO**  
*PRESIDENTE DE LA CÁMARA NACIONAL DE PASAJE Y TURISMO (CANAPAT)*

**DRA. PATRICIA ROMERO LANKAO**  
*COORDINADORA DEL DEPARTAMENTO DE POLÍTICA Y CULTURA, UAM-X*

**ING. CARLOS SANDOVAL OLVERA**  
*PRESIDENTE DELEGACIÓN DF DEL CONSEJO NACIONAL DE INDUSTRIALES ECOLOGISTAS*

**ING. ALEJANDRO SOSA REYES**  
*DIRECTOR EJECUTIVO DE LA INICIATIVA GEMI*



**SRE**

**SCT**

**SE**

**SENER**

**SAGARPA**

**SEDESOL**

**SEMARNAT**