

**México**  
**Cuarta Comunicación Nacional**  
**ante la Convención Marco**  
**de las Naciones Unidas**  
**sobre el Cambio Climático**

## COMISIÓN INTERSECRETARIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

### *Secretarías participantes:*

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,  
Pesca y Alimentación (SAGARPA)  
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)  
Secretaría de Economía (SE)  
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)  
Secretaría de Gobernación (SEGOB)  
Secretaría de Medio Ambiente y  
Recursos Naturales (SEMARNAT)\*  
Secretaría de Energía (SENER)  
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)  
Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)  
Secretaría de Salud (SS SALUD)

### *Invitados permanentes:*

Secretaría de Turismo (SECTUR)  
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

\*Dependencia que coordina la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.

**MÉXICO**  
**CUARTA COMUNICACIÓN NACIONAL**  
**ANTE LA CONVENCION MARCO**  
**DE LAS NACIONES UNIDAS**  
**SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**

Primera edición: noviembre de 2009

D.R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209. Col. Jardines de la Montaña  
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)  
Periférico sur 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco,  
C.P. 04530. México, D.F.  
[www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)

COORDINACIÓN EDITORIAL: Raúl Marcó del Pont Lalli  
DISEÑO DE PORTADA: Álvaro Figueroa  
FOTO DE PORTADA: Claudio Contreras Koob  
VERSIÓN PARA INTERNET: Susana Escobar Maravillas

IMPRESIÓN DIGITAL: Solar, Servicios Editoriales, S.A. de C.V.  
Calle 2 Núm. 21, Col. San Pedro de los Pinos,  
Del. Benito Juárez C.P. 03800, México, D.F.

ISBN 978-607-7908-00-5

Impreso y hecho en México ♦ *Printed in Mexico*

# ÍNDICE

<b>Prólogo</b>	7	Emissions Scenarios of Greenhouse Gases for 2020, 2050 and 2070	30
<i>Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales</i>		Other Relevant Information	30
		Future Actions	30
<b>Acrónimos</b>	9		
<b>Unidades</b>	15	<b>I. Contexto nacional</b>	33
<b>Compuestos</b>	16	1.1 Características geográficas	33
		1.2 Recursos naturales	37
<b>Resumen ejecutivo</b>	17	1.3 Demografía	43
Contexto nacional	17	1.4 Economía	45
Inventario nacional de emisiones 1990-2006	18	1.5 Educación	55
Arreglos institucionales	18	1.6 Desastres y eventos extremos	56
Adaptación al cambio climático	19	Bibliografía	57
Mitigación	19		
Proyectos bajo el Mecanismo para un Desarrollo Limpio	22	<b>II. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero</b>	61
Escenarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2020, 2050 y 2070	22	2.1 Introducción	61
Otra información relevante	22	2.2 Arreglos institucionales	62
Acciones a futuro	22	2.3 Descripción del proceso de preparación del inventario	62
		2.4 Panorama general	63
<b>Executive summary</b>	25	2.5 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por gas	64
National Context	25	2.6 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Categoría	69
National Emissions Inventory 1990-2006	26	2.7 Tendencia de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el periodo 1990 a 2006	87
Institutional Arrangements	26	2.8 Métodos de referencia y sectorial	96
Adaptation to Climate Change	27	2.9 Emisiones del Transporte Internacional Aéreo y Marítimo	97
Mitigation	27		
Projects under the Clean Development Mechanism	30		

2.10 Conclusiones sobre el INEGI	98	5.3 Desarrollo social	196
2.11 Comparación Internacional	100	5.4 Sector forestal	202
Bibliografía	105	5.5 Sector agrícola y pecuario	210
ANEXO	110	5.6 Acciones transversales	214
		5.7 Investigaciones realizadas sobre escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero	222
<b>III. Arreglos institucionales para aplicar la Convención</b>	111	Bibliografía	229
3.1 Políticas gubernamentales de México	111		
3.2 Coordinación de las acciones transversales de política pública en materia ambiental	111	<b>VI. Información relevante para el logro del objetivo de la Convención</b>	231
3.3 Comisión Intersecretarial de Cambio Climático	113	6.1. Nivel de avance en la integración del tema de cambio climático en las políticas sociales, económicas y ambientales en México	231
3.4 Consejo Nacional de Energía	115	6.2. Investigación sobre cambio climático y observación sistemática	233
3.5 Consejo Consultivo para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	115	6.3 Actividades relacionadas con la transferencia de tecnología	237
3.6 Consejo Consultivo para las Energías Renovables	116	6.4 Información sobre educación, formación y sensibilización	238
3.7 Elaboración de comunicaciones nacionales	117	6.5 Información sobre fortalecimiento de capacidades en los niveles nacional, regional y subregional	248
Bibliografía	117	6.6 Esfuerzos para promover el intercambio de información	254
<b>IV. Programas que comprenden medidas de adaptación al cambio climático (impactos, vulnerabilidad y adaptación)</b>	119	6.7 Participación en actividades internacionales	255
4.1 Introducción	119	6.8 Financiamiento para la Cuarta Comunicación	263
4.2 Principales acciones de adaptación consideradas en programas nacionales y sectoriales de México	120	Bibliografía	264
4.3 Diagnóstico de impactos, vulnerabilidad y adaptación	126	<b>VII. Obstáculos, carencias y necesidades relativas al cambio climático</b>	267
Bibliografía	171	7.1 Necesidades de estudios e investigación sobre el cambio climático en México	267
<b>V. Programas para mitigar el cambio climático</b>	175	7.2 Transferencia de tecnología	273
Antecedentes	175	Bibliografía	274
5.1 Sector energía	176		
5.2 Sector transporte	192		

# Prólogo

La presentación de la Cuarta Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) responde a nuestra creciente preocupación por entender y atender el mayor reto al desarrollo que enfrentan las sociedades de todo el mundo en la actualidad: el cambio climático global. En particular, nos es de gran utilidad para dilucidar cuál es nuestra contribución al problema, comprender los impactos pasados y futuros provocados por este fenómeno en nuestro País, y hacer un recuento de las principales acciones que hemos tomado en los últimos tres años y una evaluación de las opciones adicionales de respuesta que tenemos a la mano para mitigar las causas del problema y adaptarnos a sus consecuencias.

Esta publicación refleja el trabajo y compromiso de muchos investigadores de las más importantes instituciones académicas del país, de miembros del sector privado y la sociedad civil, y de funcionarios de todos los sectores y niveles de gobierno. Representa asimismo el cumplimiento a cabalidad de los compromisos adquiridos por México ante la comunidad internacional, de lo cual nos sentimos muy orgullosos.

Igualmente, y como es visible a lo largo de este documento, el apoyo de los gobiernos de otros países y de diversos organismos internacionales ha sido notable para la preparación de este documento y la realización de las acciones que en él se describen.

Para México, además de servir para cumplir con el propósito y el compromiso de transmitir periódicamente información relacionada con los avances en la aplicación de la CMNUCC, las Comunicaciones Nacionales que hemos preparado y presentado a las Partes de la CMNUCC son fundamentales como un referente para los tomadores de decisiones de nuestro país, y de ahí la gran relevancia que le hemos dado y le continuaremos dando a esta labor.

A nombre de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, agradezco el apoyo de todas las instituciones y las personas que participaron o facilitaron la preparación de la Cuarta Comunicación Nacional, y reitero nuestro compromiso por continuar contribuyendo con todas nuestras capacidades y recursos a la solución del cambio climático global.

**Ing. Juan Rafael Elvira Quesada**

**Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales**



# Acrónimos

AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo	CBM	Corredor Biológico Mesoamericano-México
AGROASEMEX	Institución Nacional de Seguros	CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
AI	Anexo I	CCAP	Centro para Políticas de Aire Limpio (Center for Clean Air Policy)
AIE	Agencia Internacional de Energía	CCA-UNAM	Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM
ALOS	Advanced Land Observing Satellite Data	CCI/CLIVAR/JCOMM	Expert Team on Climate Change Detection and Indices
AMC	Alianza México-Canadá	CCS	Captura y Secuestro de Carbono (Carbon Capture and Storage)
AMIS	Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros	CECADESU	Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable de la SEMARNAT.
ANP	Áreas Naturales Protegidas	CEMEX	Cementos Mexicanos
AP	Áreas Protegidas	CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
APF	Administración Pública Federal	CENIDET	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
APFF CoBio	Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico	CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
ASE	Alianza para el Ahorro de Energía (Alliance to Save Energy)	CESPEDES	Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable
BANXICO	Banco de México	CFE	Comisión Federal de Electricidad
BAU	Escenarios tendenciales (Business as Usual)	CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
BID	Banco Interamericano de Desarrollo	CICESE	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
BIE	Banco de Información Económica		
BM	Banco Mundial		
BMZ	Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania		
BRT	Autobuses de Tránsito Rápido (Bus Rapid Transit)		
C4	Consejo Consultivo de Cambio Climático		
CA	Coeficiente de Agostadero		

CIEco	Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM	CVCCCM	Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México
CIESAS	Centro de Investigación y Estudios Superiores de Antropología Social	dbd	Descargas de barrera dieléctrica
CMM	Centro Mario Molina	DEDS	Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable
CMNUCC	Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, en inglés)	DOF	Diario Oficial de la Federación
COCEF	Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza	ECCAP	Estrategia de Cambio Climático y Áreas Protegidas de la CONANP
COCLIMA	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Guanajuato	ECOSUR	El Colegio de la Frontera Sur
COLEF	Colegio de la Frontera Norte	EDAs	Enfermedades Diarreicas Agudas
COLPOS	Colegio de Postgraduados	EDUCAREE	Programa de Educación para el Uso Racional y Ahorro de Energía Eléctrica
COMEGEI	Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero	EMEP/CORINAIR	Guías de Inventarios de Emisiones Atmosféricas de la Agencia Ambiental Europea
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	EMSA	Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	ENACC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal	ENOS	El Niño Oscilación del Sur
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua (antes CNA)	ENTE	Energía, Tecnología y Educación
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	ETCCDI	Grupo de Expertos en Detección de Cambio Climático e Índices
CONAPO	Consejo Nacional de Población	ETP	Perspectivas tecnológicas de la Energía
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda	FAPRACC	Fondo para Atender a la Población Afectada por Contingencias Climáticas
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social	FCF	Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (antes CONAE)	FCPF	Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (The Forest Carbon Partnership Facility)
COP16	Décima Sexta Conferencia de las Partes	FD	Fiebre por Dengue
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes de Metano	FHD	Fiebre Hemorrágica por Dengue
CPCC	Coordinación del Programa de Cambio Climático del INE	FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
CPG	Complejo o centro procesador de gas	FIPATERM	Fideicomiso para el Aislamiento Térmico
CRE	Comisión Reguladora de Energía	FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
CREFAL	Centro de Cooperación Regional para la Educación de Jóvenes y Adultos en América Latina y el Caribe	FONADIN	Fondo Nacional de Infraestructura
CST	Concentración solar térmica	FONDEN	Fondo de Desastres Naturales
CTS	Centro de Transporte Sustentable	FOPREDEN	Fondo de Prevención de Desastres Naturales
		G20	Grupo de los 20
		G8	Grupo de los 8

G8+5	Grupo de los 8 países más Brasil, China, India, México y Sudáfrica	INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
GDF	Gobierno del Distrito Federal	INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente		
GEI	Gases de Efecto Invernadero	INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
GIRA	Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Aplicada, A.C.	ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
GLOBE	Programa de Aprendizaje y Observaciones Globales en Beneficio del Ambiente	INSP	Instituto Nacional de Salud Pública
GLP	Gas licuado de petróleo	IPE	Índice de Precipitación Estandarizada
GOF	Fondo de Oportunidades Globales (Global Opportunities Fund) del Reino Unido	IRAs	Infecciones Respiratorias Agudas
Grupo GEA	Grupo de Estudios Ambientales	ITH	Índice de Temperatura y Humedad
GT-ADAPT	Grupo de Trabajo sobre Políticas y Estrategias de Adaptación	JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
GT-INT	Grupo de Trabajo sobre Asuntos Internacionales	kc	Coeficiente de cultivo
GT-PECC	Grupo de Trabajo para el Programa Especial de Cambio Climático	LAC	Latinoamérica y el Caribe
GTZ	Agencia de Cooperación Alemana	LASE	Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
HC	Hidrocarburos	LEAP	Long-Range Energy Alternatives Planning System
IAI	Instituto Interamericano de Investigación sobre el Cambio Global	LFCs	Lámparas Fluorescentes Compactas
ICLEI	Gobiernos Locales por la Sustentabilidad	LPDB	Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos
IDH	Índice de Desarrollo Humano	LTER	Red de Investigación de Estudios Ecológicos de Largo Plazo
IES	Estudios Ambientales Integrales	M2M	Metano a Mercados (Methane to Markets)
IGFA	Grupo Internacional de Agencias de Financiación para la Investigación del Cambio Global	MASTU	Marco de Salvaguarda Ambiental y Social para el Transporte Urbano
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas	MCE2	Centro Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente
II-UNAM	Instituto de Ingeniería de la UNAM	MCGs	Modelos de Circulación General
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo	MDL	Mecanismo para un Desarrollo Limpio
IMT	Instituto Mexicano del Transporte	MEDEC	México: Estudio sobre la Disminución de Emisiones de Carbono
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	MEF	Foro de las Principales Economías sobre Energía y Clima
INCA	Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural	MILAGRO	Megacity Initiative: Local and Global Research Observations
INE	Instituto Nacional de Ecología	NAI	No-Anexo I
INEA	Instituto Nacional para la Educación de los Adultos	NAMAs	Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación
INEGI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero		

NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica	PICAC	Programa Institucional de Cambio Climático
NOM	Norma Oficial Mexicana	PICC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
NOM-ENER	Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética	PICC-AR4	Cuarto Informe de Evaluación del PICC
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico	PMC	Programa Mexicano de Carbono
OMS	Organización Mundial de la Salud	PMDS	Programa Mesoamericano de Desarrollo Sustentable
ONGs	Organizaciones No Gubernamentales	PND	Plan Nacional de Desarrollo
ONU	Organización de las Naciones Unidas	PNI	Programa Nacional de Infraestructura
ONU/EIRD	Estrategia Internacional de Reducción de Desastres de las Naciones Unidas	PNPGIR	Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial	PNUD/UNDP	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PAC	Plan de Acción Climática	PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PACC	Programa de Atención a Contingencias Climatológicas	PPP	Paridad del Poder Adquisitivo (PPP por sus siglas en inglés)
PACCM	Programa de Acción Climática de la Ciudad de México	PPO	PEMEX Petroquímica
PAESE	Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico	PRECIS	Providing Regional Climates for Impacts Studies
PDD	Documento de Diseño del Proyecto	PREF	PEMEX Refinación
PDU	Programa de Desarrollo Urbano	PROCALSOL	Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México
PEA	Población Económicamente Activa	PROCAMPO	Programa de Apoyos Directos al Campo
PEACC	Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático	PROCYMAF	Programa de Desarrollo Forestal Comunitario
PEAC-BC	Plan Estatal de Acción Climática de Baja California	PRODEPLAN	Programa de plantaciones Forestales Comerciales
PEAC-Ch	Plan Estatal de Acción Climática para el estado de Chiapas	PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PEAC-NL	Plan Estatal de Acción Climática del estado de Nuevo León	PROGAN	Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera
PECC	Programa Especial de Cambio Climático	PRONATURA	Pronatura A.C.
PEMEX	Petróleos Mexicanos	PROSENER	Programa Sectorial de Energía
PEP	PEMEX Exploración y Producción	PROTRAM	Programa de Apoyo Federal al Transporte Urbano Masivo
PERGE	Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala	PSA	Pago por Servicios Ambientales
PFAEE	Programa de Financiamiento para el Ahorro de Energía Eléctrica Residencial	PSA-CABSA	Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono, los derivados de la Biodiversidad y para fomentar el estableci-
PGPB	PEMEX Gas y Petroquímica Básica		
PIB	Producto Interno Bruto		

	miento y mejoramiento de los Sistemas Agroforestales	SEN	Sistema Eléctrico Nacional
		SENER	Secretaría de Energía
PSA-H	Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos	SEP	Secretaría de Educación Pública
		SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
PSMAyRN	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales	SIAT	Sistema de Alerta Temprana
		SIAT-CT	Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales
PVCC	Programa Veracruzano ante el Cambio Climático	SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
RB	Reserva de la Biosfera	SMN	Servicio Meteorológico Nacional
RBMA	Reserva de la Biosfera Montes Azules	SNI	Sistema Nacional de Investigadores
RCEs	Reducciones Certificadas de Emisiones	SNIARN	Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales
REDD	Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación Forestal	SNIB	Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad
REEEP	Alianza de Eficiencia Energética y Energía Renovable (Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership)	SNIEG	Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica
		SNR	Sistema Nacional de Refinación
REMIB	Red Mundial de Información sobre Biodiversidad	SPA	Secretaría de Protección al Ambiente
		SPF	Fondo de Programas Estratégicos
RESTEC	Centro de Tecnología en Monitoreo Remoto de Japón (por sus siglas en inglés)	SPPA	Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental
RHA	Región Hidrológica Administrativa	SRA	Secretaría de la Reforma Agraria
RIOCC	Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático	SRE	Secretaría de Relaciones Exteriores
		SRES	Informes Especiales sobre Escenarios de Emisiones
R-PIN	Idea de Proyecto		
RS	Residuos Sólidos	SS SALUD	Secretaría de Salud
RSM	Residuos Sólidos Municipales	TA	Temporada Abierta
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	TCA	Tiraderos a Cielo Abierto
		TNC	The Nature Conservancy
SAO	Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono	TPF	Transporte Público Federal
		TSM	Temperatura Superficial del Mar
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes	UABC	Universidad Autónoma de Baja California
		UACH	Universidad Autónoma de Chapingo
SE	Secretaría de Economía	UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
SECTUR	Secretaría de Turismo	UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional	UCAI	Unidad Coordinadora de Asuntos Internacionales de SEMARNAT
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social		
SEGOB	Secretaría de Gobernación	UMAs	Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre
SEMAR	Secretaría de Marina		
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
SEMAVI	Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda del Estado de Chiapas	UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

UPO	Unidad de Protección de la capa de Ozono de SEMARNAT
UPP	Unidades de Producción Pecuaria
USAID	Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
USCUSS	Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (Environmental Protection Agency)
WRI	Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute)
ZMG	Zona Metropolitana de Guadalajara
ZMM	Zona Metropolitana de Monterrey
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México

# Unidades

BEP	Barriles equivalentes de petróleo	m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
CO <sub>2</sub> eq	Bióxido de carbono equivalente	m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
CO <sub>2</sub> eq/hab	Bióxido de carbono equivalente por habitante	m <sup>3</sup> /año	Metros cúbicos por año
Gg	Giga gramos	m <sup>3</sup> /hab/año	Metros cúbicos por habitante por año
GWh	Giga Watt hora	m <sup>3</sup> /r	Metro cúbico rollo
GWh/año	Giga Watt hora por año	m <sup>3</sup> /s	Metros cúbicos por segundo
ha	Hectárea	mbd	Miles de barriles diarios
hab	Habitantes	mbdpce	Miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente
ha/año	Hectáreas por año	Mha	Millones de hectáreas
kBEP	Miles de barriles equivalentes de petróleo	Mm	Milímetro
kJ	Kilo Joule	mm/año	Milímetros por año
km	Kilómetro	mm/día	Milímetros por día
km/l	Kilómetro por litro	Mm <sup>3</sup>	Millones de metros cúbicos
km <sup>2</sup>	Kilómetros cuadrados	mmbpce	Millones de barriles de petróleo crudo equivalente
km <sup>3</sup>	Kilómetros cúbicos	msnm	Metros sobre el nivel del mar
ktC	Kilo tonelada de Carbono	Mt	Millones de toneladas
ktCO <sub>2</sub>	Kilo toneladas de bióxido de carbono	MtCO <sub>2</sub>	Millones de toneladas de bióxido de carbono
ktCO <sub>2</sub> eq	Kilo toneladas de bióxido de carbono equivalentes	MW	Mega Watt
kW	Kilo Watt	MWh	Mega Watt hora
kWh	Kilo Watt hora	PJ	Peta Joule
kWh/m <sup>2</sup>	Kilowatt hora por metro cuadrado	tCO <sub>2</sub>	Toneladas de bióxido de carbono
kWh/m <sup>2</sup> -año	Kilo Watt por hora por metro cuadrado por año	TJ	Tera Joule
l/s	Litro por segundo	ton	Tonelada
m/s	Metro por segundo	TWh	Tera Watt hora

# Compuestos

Compuestos químicos	Nombre común
$C_2F_6$	Hexafluoroetano
$C_4F_{10}$	Perfluorobutano
$C_6F_{14}$	Perfluorohexano
$CF_4$	Tetrafluorometano
CFCs	Clorofluorocarbonos
$CH_4$	Metano
CO	Monóxido de carbono
$CO_2$	Bióxido de carbono
$CO_2$ eq	Bióxido de carbono equivalente
HFCs	Hidrofluorocarbonos
$N_2O$	Óxido nitroso
NO	Óxido de nitrógeno
NOx	Óxidos de nitrógeno
PFCs	Perfluorocarbonos
$SF_6$	Hexafluoruro de azufre
$SO_2$	Bióxido de azufre

# Resumen ejecutivo

La Cuarta Comunicación de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, reporta los avances del país en materia de cambio climático, a partir de la publicación de la Tercera Comunicación en 2007.

El año 2007 fue muy importante tanto a escala mundial como doméstica. En primer lugar, en el ámbito internacional se publicaron el Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) y el “Informe Stern” sobre La Economía del Cambio Climático.

En segundo, México presentó el Plan Nacional de Desarrollo (2007-2012) que contempló, por primera vez, líneas de acción en materia de mitigación y adaptación al cambio climático. Los Programas Sectoriales de Energía, de Comunicaciones y Transportes, y de Desarrollo Social también incluyeron una descripción de acciones relacionadas con el cambio climático.

De igual forma, el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales dio lugar a la subsecuente elaboración de la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Estos esfuerzos culminaron el presente año con la publicación del Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, el cual establece compromisos unilaterales de reducción de emisiones para el corto plazo.

En 2009 se dieron a conocer también los resultados de importantes investigaciones que evaluaron el potencial de mitigación a mediano y largo plazos, y se concluyó el estudio de La Economía del Cambio Climático para

México, cuyos resultados se están analizando y discutiendo por múltiples instituciones, incluidas la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y la Oficina de la Presidencia de la República.

A manera de recapitulación cabe mencionar que la Primera Comunicación de México, presentada ante la CMNUCC en 1997, incluyó el primer inventario de emisiones de gases efecto invernadero para México (1990) y los resultados de los primeros estudios de vulnerabilidad del país ante el cambio climático; la Segunda Comunicación Nacional, dada a conocer en 2001, incluyó la actualización del inventario de emisiones para el período 1994-1998 y los escenarios de emisiones futuras. Ambas fueron realizadas con fondos del gobierno de México.

La Tercera Comunicación presentó la actualización de dicho inventario al 2002 y se volvieron a calcular las cifras desde 1990. Para ello se contó con financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés) y del gobierno de México.

## Contexto nacional

La población del país creció a una tasa anual de 0.8% (2007-2009). En el año 2009, hubo 107.6 millones de habitantes en México; 72.3% vivía en localidades urba-

nas y 27.7% en rurales. En 2008, se estimó que 47.4% de la población total vivía en pobreza de patrimonio y 60.8% del total de pobres vivía en zonas rurales y 39.2% en urbanas. México presentó un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.842 en 2006, cifra que lo sitúa en el lugar 51 de un total de 179 países.

En 2008, la producción de energía primaria del país fue de 10,500.2 petajoules (PJ), cifra 0.2% menor a la de 2007. México cuenta con recursos renovables, sin embargo, su participación en la producción de energía primaria fue de 7.7%. Los hidrocarburos participaron con 89.1%; la hidroenergía, 3.7%; la leña con 2.3%; el carbón 2.2%; la nucleenergía 1.0%; el bagazo de caña 0.9; la geoenergía 0.7%, y la energía eólica <0.2%. Cada habitante consumió 79.5 kJ en promedio, lo que representa 2.6% más que el año anterior. El consumo final total de energía fue de 8,555.2 PJ. El sector que más energía consumió es el transporte (47.6%); seguido del industrial (26.3%); residencial, comercial y público, (17.7%). Los energéticos demandados fueron gasolina: 32%; diesel: 16%; electricidad: 13%; gas seco: 1.1%; gas LP: 8.9%; y leña: 4.8%. Las fuentes renovables de energía, como las hidroeléctricas, geotérmicas y centrales eólicas, representaron 21% de la capacidad instalada para generar energía eléctrica en el país.

México ocupa el segundo lugar mundial en tipos de ecosistemas y el cuarto en riqueza de especies debido al capital natural que posee. Estas categorías las debe, entre otros factores, a su situación geográfica, variedad de climas y topografía. Sin embargo, el país no está exento de procesos de degradación y pérdida de ecosistemas, tanto terrestres como marinos, los cuales presentan desde hace siglos, síntomas de un impacto antropogénico, particularmente agudo en el último medio siglo. La deforestación, sobreexplotación y contaminación de los ecosistemas, la introducción de especies invasoras y el cambio climático son causas directas de la pérdida de biodiversidad.

## Inventario nacional de emisiones 1990-2006

La actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) para 2006, se rea-

lizó con base en las metodologías del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) y sus Guías de Buenas Prácticas en la estimación de las emisiones para el periodo 1990–2006, para los seis gases de efecto invernadero enunciados en el anexo A del Protocolo de Kioto.

En 2006, las emisiones en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq) para México fueron de 709,005 Gg. La contribución por categorías en términos de CO<sub>2</sub> eq es la siguiente: desechos 14.1% (99,627.5 Gg); uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, 9.9% (70,202.8 Gg), procesos industriales 9% (63,526 Gg), agricultura 6.4% (45,552.1 Gg), y energía 60.7% (430,097 Gg).

A su vez, la categoría de usos de la energía se subdividió de la siguiente manera: industria de la energía, 35% (149,137 Gg), seguida por transporte 34% (144,691 Gg), manufactura e industria de la construcción 13% (56,832 Gg), emisiones fugitivas 11% (47,395 Gg), y otros sectores (residencial, comercial y agropecuario) 7% (32,042 Gg).

Las emisiones de GEI por gas, medidas en unidades de CO<sub>2</sub> eq. son: CO<sub>2</sub>, 492,862.2 Gg (69.5%); CH<sub>4</sub>, 185,390.9 Gg (26.1%); N<sub>2</sub>O, 20,511.7 Gg (2.9%); y el restante 1.4% se compone de 9,586.4 Gg de HFC<sub>s</sub>, y 654.1 Gg de SF<sub>6</sub>. Durante 2003 se dejó de producir aluminio en el país, por lo que las emisiones de PFC<sub>s</sub> son nulas a partir de 2004.

Los resultados del INEGEI (1990-2006), indican que el incremento en las emisiones de GEI fue de aproximadamente 40% durante ese periodo, lo que significa una tasa media de crecimiento anual de 2.1%.

## Arreglos institucionales

Desde su creación en 2005, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), ha coordinado las actividades de las dependencias de la Administración Pública Federal, relacionadas con la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para la prevención y mitigación de las emisiones de GEI y la adaptación a los efectos del cambio climático.

Para instrumentar la agenda sobre cambio climático la SEMARNAT cuenta con: la Subsecretaría de Planeación y

Política Ambiental, para orientar la política y promover proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio; una Unidad Coordinadora de Asuntos Internacionales, para dar seguimiento a los acuerdos ambientales suscritos por México; y el Instituto Nacional de Ecología (INE), para realizar tareas de investigación sobre mitigación y adaptación, así como elaborar el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y las Comunicaciones Nacionales de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Para fortalecer las negociaciones internacionales, la Secretaría de Relaciones Exteriores trabaja de forma coordinada con la propia SEMARNAT y con otras secretarías de estado. Debido a la importancia del tema, la cancillería ha designado a un Embajador Especial para Cambio Climático, quien participa activamente en las reuniones de negociación.

## Adaptación al cambio climático

Es importante concebir la adaptación como la reducción de los riesgos impuestos por el cambio climático en los modos de vida de la gente, los recursos naturales, los servicios ambientales y las actividades productivas y económicas, a través de la reducción de la vulnerabilidad. En la articulación de la gestión de riesgo a desastres y la adaptación al cambio climático, México ha reconocido la planeación del territorio y el ordenamiento ecológico como medios para reducir el riesgo. La vulnerabilidad ante algunos impactos del cambio climático puede reducirse de forma significativa con una adecuada conservación de los ecosistemas y una buena gestión de las cuencas hidrográficas.

Acciones relevantes desarrolladas por el gobierno de México:

- Asesorar a las entidades federativas y municipios para que consideren criterios de adaptación en sus estrategias de desarrollo y ordenación del territorio.
- Promover la incorporación de criterios para la prevención de desastres y medidas de reducción de riesgos,

derivadas de los Atlas de Riesgos y/o de Peligros, en los planes de desarrollo urbano y en el marco normativo de los municipios.

- Actualizar los Programas de Desarrollo Urbano, para que se consideren los riesgos y la vulnerabilidad de las poblaciones, y se emitan recomendaciones para estar mejor preparados ante sequías, inundaciones, fenómenos meteorológicos extremos e incremento del nivel del mar, en un contexto de cambio climático.
- Elaborar estrategias de prevención y control de incendios, y tener en cuenta el cambio climático en las estrategias de reforestación.

La gobernabilidad y protección financiera son herramientas de transferencia de riesgos y aseguramiento, cada vez más importantes para la prevención y atención de desastres, incluidos los de origen meteorológico y climático. Tal es el caso de los seguros y fondos para asegurar viviendas, producción agrícola y empresas. Se han establecido fondos para la atención a emergencias y la reducción de riesgos, para desastres naturales y para atención a contingencias climáticas.

En los tres últimos años se han realizado estudios sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Se ha brindado atención especial a la construcción de escenarios que incorporen cambios esperados en temperatura y precipitación, y sus impactos debido a la disminución de disponibilidad de agua y productividad agrícola, y sus efectos sobre la salud humana, la biodiversidad y los ecosistemas forestales.

- Entre los resultados relevantes de estas investigaciones destacan: la situación crítica en algunos estados por falta de agua; el incremento en las zonas de distribución y en el número de casos de dengue; así como la disminución paulatina de la biodiversidad en amplias zonas del centro y norte del país.

## Mitigación

México reconoce que es importante llevar a cabo acciones que contribuyan a los esfuerzos de la comunidad internacional en materia de mitigación de emisiones de GEI. En

este sentido, el gobierno de México presentó el *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 (PECC)*, a través del cual busca demostrar que es posible mitigar las emisiones de GEI, sin comprometer el desarrollo.

El cumplimiento del PECC a finales de la presente administración se traducirá en una reducción anual de 50 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq en 2012. Esto significa una desviación de 6% con respecto a la línea base estimada para ese año (786 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq), como resultado de la aplicación de una serie de acciones unilaterales en sectores como el de generación y uso de energía, agricultura, bosques y otros usos del suelo, y desechos.

En una visión de largo plazo, el PECC señala como meta aspiracional reducir 50% de sus emisiones de GEI para el año 2050, en relación con el año 2000, y una convergencia flexible hacia un promedio global de emisiones per cápita de 2.8 toneladas de CO<sub>2</sub> eq, en 2050. Lo anterior, condicionado a que existan suficientes estímulos y apoyos internacionales, como parte de la nueva arquitectura financiera que se desarrollará a partir de la 15 Conferencia de las Partes de Copenhague en diciembre de 2009.

## Mitigación en el sector energía

Es importante resaltar que en el período 1990-2006, el PIB del país creció en promedio 3% anual, en tanto que las emisiones de GEI 2% y la población nacional 1.5% anual. A pesar del incremento de las emisiones por un mayor consumo de combustibles fósiles entre 1990 y 2006, éstas han crecido a una tasa menor que la economía, por lo que existen indicios de un desacoplamiento entre el crecimiento económico y las emisiones de GEI.

Con la aplicación de diversos programas de ahorro de energía en instalaciones industriales, comerciales y de servicios públicos, en el periodo 2006-2008 se obtuvo un ahorro de 15.7 millones de barriles equivalentes de petróleo, evitando la emisión de 8.6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq.

Con el Programa de Horario de Verano se redujeron las emisiones en 4.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> durante el periodo 2006-2008. Desde la aplicación del programa hasta la actualidad (1996-2008) se evitó la

necesidad de una capacidad de generación eléctrica promedio anual de 799 MW y la emisión de 20.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

## Eficiencia energética

En 2008 se aplicaron 18 Normas Oficiales Mexicanas (NOMs), de las cuales 16 están vinculadas con el consumo de energía eléctrica y dos con procesos térmicos. Con las primeras se obtuvieron ahorros equivalentes a 15,775 GWh, con un ahorro energético de 56.79 PJ, y se evitó la emisión de 12.8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq. De igual manera, con la aplicación de las normas de eficiencia térmica se logró un ahorro de 6 millones de barriles equivalentes de petróleo, que representa un consumo de 35.16 PJ, y se dejaron de emitir 1.97 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq.

Como resultado de las acciones de eficiencia energética, las cifras preliminares para el primer semestre de 2009 muestran un ahorro de 12,558 GWh, equivalentes a 10.2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Esta cifra considera las acciones de normalización de la eficiencia energética, las efectuadas en instalaciones industriales, comerciales y de servicios públicos, el Programa de Horario de Verano y las correspondientes al sector residencial.

## Energías renovables

En 2009 se publicó el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables, el cual surge como mandato de la nueva Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética. El objetivo de esta ley y su reglamento es promover el aprovechamiento de energías renovables con objetivos particulares, y con metas y acciones para alcanzarlos.

## Mitigación en el sector residencial

En el sector vivienda se ha trabajado en la incorporación de tecnologías eficientes en materia de energía. En 2007 se publicó el Programa de Vivienda Sustentable, el cual plantea, entre otros mecanismos, adecuar la normatividad vigente en materia de vivienda hacia el cuidado del medio

ambiente y desarrollar esquemas de incentivos fiscales dirigidos a los desarrolladores y usuarios de la vivienda.

En 2008 se firmó el convenio de colaboración entre la Secretaría de Energía, la SEMARNAT y la Comisión Nacional de Vivienda, para coordinar la ejecución del Programa Transversal de Vivienda Sustentable, que busca cambiar la concepción y las prácticas de construcción de la vivienda en México. De acuerdo con las metas establecidas por el gobierno mexicano, entre 2007 y 2012, se otorgarán 6 millones de créditos de vivienda, de los cuales aproximadamente 20% deberá asignarse a viviendas sustentables.

Derivado de los esfuerzos del Gobierno Mexicano, la Alianza para el Ahorro de la Energía (ASE) otorgó el "Premio Internacional del Ahorro de la Energía en la Vivienda Sustentable" a México, mismo que recibió, el 23 de septiembre de 2009, el Presidente de la República, Lic. Felipe Calderón Hinojosa.

## Mitigación forestal, agrícola y pecuaria

Durante el periodo 2007-2009 se destinó un presupuesto de más de 1,300 millones de dólares para el Programa Pro-Árbol, que se ha utilizado para apoyar esquemas de pago por servicios ambientales para la conservación y el desarrollo forestal comunitario; el establecimiento de plantaciones forestales comerciales; la protección contra incendios, plagas y enfermedades forestales; la restauración de ecosistemas y el incremento en la competitividad de las actividades silvícolas.

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) tiene como objetivos para mitigar emisiones de GEI, incrementar el potencial de los sumideros forestales de carbono; estabilizar la frontera forestal-agropecuaria, y reducir la incidencia de incendios forestales.

En el PECC, la mitigación en el sector forestal está enfocada principalmente a la incorporación de cerca de 3 millones de hectáreas al manejo forestal sustentable; a la instalación de 600,000 estufas de leña eficientes; a la incorporación de 2.5 millones de hectáreas de ecosistemas terrestres al Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS); a la incorpo-

ración de 750,000 hectáreas de ecosistemas forestales a la categoría de Áreas Naturales Protegidas; y a introducir prácticas de pastoreo planificado sustentable en 5 millones de hectáreas.

De forma complementaria, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), empezó a desarrollar su Estrategia de Cambio Climático y Áreas Protegidas; puso en marcha su Programa de Manejo del Fuego en Áreas Protegidas de México y ha identificado algunos sitios piloto en áreas protegidas, con el fin de participar en el mercado de carbono en un futuro.

Por otro lado, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) también está expandiendo sus actividades en materia de cambio climático. Entre otras acciones, tiene un programa de monitoreo en manglares y bosques mesófilos de montaña y continúa trabajando en su programa de detección temprana de puntos de calor, para la atención oportuna y el combate a incendios.

Entre las acciones de mitigación que se realizan en el sector agrícola, destacan las de conservación de suelo y reconversión productiva; la cosecha en verde de caña de azúcar; el fomento a la utilización de energías renovables; y el establecimiento, rehabilitación y conservación de las tierras de pastoreo.

Las acciones de mitigación de emisiones de GEI que se reportan en el sector ganadero se ubican en dos vertientes. La primera se relaciona con la conservación y recuperación de la cobertura vegetal en áreas de pastoreo, y la segunda se enfoca al secuestro y aprovechamiento del metano proveniente de explotaciones ganaderas, mediante el establecimiento de biodigestores.

El tema de los biocombustibles ha adquirido cada vez mayor importancia en México, y muestra de ello es la publicación, en febrero de 2008, de la Ley para la Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, y su reglamento en junio de 2009. La Secretaría de Energía y la de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación desarrollan programas sobre bioenergía que incorporan criterios y lineamientos ambientales que están siendo elaborados por SEMARNAT, para garantizar que los biocombustibles fabricados y usados en México sean sustentables.

## Proyectos bajo el Mecanismo para un Desarrollo Limpio

Entre septiembre de 2008 y agosto de 2009, 12 proyectos mexicanos obtuvieron registro ante la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto. Con ello, la cifra total llegó a 118 proyectos registrados, de los cuales 20 reciben Reducciones Certificadas de Emisiones (RCEs). Con ello, se incrementaron en 53% las toneladas de CO<sub>2</sub> eq mitigadas y registradas ante el MDL, al pasar de 3.8 a 5.8 millones de toneladas de manera acumulada. En ese mismo lapso la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático otorgó cartas de aprobación a 22 proyectos, con lo que el número acumulado al mes de agosto de 2009 ascendió a 217. A escala internacional, México participa con 7% de los proyectos MDL, ocupa el 4º lugar por número de proyectos registrados, la 5ª posición por el volumen de RCEs esperadas, y es el 5º país por volumen de RCEs obtenidas.

## Escenarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2020, 2050 y 2070

En 2009, el INE financió y coordinó el “Estudio sobre el impacto de fuentes renovables de energía en las emisiones de GEI en el mediano y largo plazos en México”, desarrollado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas, así como el estudio “Escenarios de emisiones de GEI en el mediano y largo plazos 2020, 2050 y 2070”, elaborado por el Instituto Mexicano del Petróleo. Estos estudios serán de utilidad para la estimación de la línea base nacional de emisiones de GEI para el mediano (2020) y largo (2050) plazos.

Otros estudios relevantes sobre mitigación publicados en los últimos dos años son:

- a) Estudio sobre la Economía del Cambio Climático en México, coordinado por la SEMARNAT y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con

apoyo del Gobierno del Reino Unido y del Banco Interamericano de Desarrollo;

- b) Crecimiento de bajo carbono. Una ruta potencial para México (Low-Carbon Growth. A potential Path for Mexico), realizado por el Centro Mario Molina y la empresa consultora McKinsey;
- c) México: Estudio sobre la Disminución de Emisiones de Carbono (Low-Carbon Development for Mexico, MEDEC), elaborado con fondos y asistencia técnica del Banco Mundial; y
- d) El Cambio Climático en México y el Potencial de Reducción de Emisiones por Sectores, realizado por un consultor.

## Otra información relevante

A partir de 2007, especialistas técnicos y científicos de la mayoría de los 32 estados del país empezaron a recibir capacitación para la elaboración de sus Programas Estatales de Acción Ante el Cambio Climático (PEACC). Hasta el momento, el estado de Veracruz y el Distrito Federal han concluido la elaboración de sus programas; los estados de Chiapas, Coahuila, Durango, Nayarit, Nuevo León y Puebla están en desarrollo; los estados con avances parciales son: Baja California, Guanajuato, Michoacán, Sonora y Tamaulipas, mientras que Baja California Sur, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo se encuentran en proceso de planificación; y en el Estado de México se está desarrollando la “Iniciativa ante el Cambio Climático”; además, el municipio de Chihuahua, Chihuahua presentó su Plan de Acción Climática en septiembre de 2009.

## Acciones a futuro

Como resultado de diversos ejercicios de diagnóstico se identificaron las siguientes necesidades de investigación que se agrupan en cinco categorías: 1) inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero; 2) observación, información y escenarios; 3) impactos, vulnerabilidad y adaptación; 4) mitigación de gases de efecto Invernadero; y 5) estudios jurídicos, económicos e internacionales.

Con el fin de perfeccionar los próximos inventarios, es necesario continuar realizando estudios para la determinación de factores de emisión nacionales para fuentes clave, y profundizar el análisis de las diferencias entre el Método de Referencia y el Sectorial.

Por otra parte, se requiere profundizar las actividades de observación; continuar con la elaboración y perfeccionamiento de modelos bajo diferentes escenarios de cambio climático; así como continuar con la construcción y publicación de distintos atlas de riesgo; del primer Atlas Nacional de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático, y de cartografías, como por ejemplo, la de morbilidad y mortalidad asociadas a riesgos sanitarios potenciados por el cambio climático.

Para un manejo más eficiente de las opciones de mitigación en el país, se requiere continuar y profundi-

zar la evaluación del potencial de mitigación de diversas opciones tecnológicas para los sectores emisores clave. Además de ello, desarrollar esquemas para la medición, reporte y verificación de la mitigación de emisiones en sectores estratégicos, particularmente para definir Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs, por sus siglas en inglés).

Asimismo, se ha evidenciado la necesidad de mejorar las estimaciones sobre los posibles costos económicos y financieros de los impactos del cambio climático en los principales sectores productivos del país, y analizar los impactos sociales, económicos y ambientales debidos al cumplimiento de las responsabilidades internacionales de México en materia de cambio climático, tanto presentes como futuras.



# Executive summary

The Fourth National Communication of Mexico to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) reports the progress in climate change made by the country, after the 2006 publication of the Third Communication.

Both worldwide and nationwide, 2007 was a very important year. Firstly, in the international sphere, the *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* and the *Stern Review on the Economics of Climate Change* were published. In second place and at a domestic level, the Plan Nacional de Desarrollo (2007-2012) (National Development Plan) the first to address courses of action for climate change mitigation and adaptation was presented in Mexico. The programs within the Energy, Communications and Transport, and Social Development sectors also included a description of actions related to climate change.

Correspondingly, the Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Environment and Natural Resources Sector Program) 2007-2012 led to the subsequent development of the Estrategia Nacional de Cambio Climático (National Strategy of Climate Change). These efforts culminated this year with the publication of the Programa Especial de Cambio Climático (Special Program on Climate Change) 2009-2012, which provides unilateral commitments for the reduction of emissions in the short term.

In 2009, the results of important research assessing the potential mitigation in the medium and long terms

were also released, and the study of the Economics of Climate Change for Mexico was concluded. Its results are being analyzed and discussed by several institutions including the Secretaría de Hacienda y Crédito Público (Ministry of Finance and Public Credit) and the Oficina de la Presidencia de la República (Office of the President of the Republic).

For the sake of recount, it is worth mentioning that the First National Communication of Mexico to the UNFCCC in 1997 included the first Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para México (*Mexico Greenhouse Gas Emissions Inventory 1990*), and the results of the first studies on the country's vulnerability to climate change. *The Second National Communication*, released in 2001, included the updating of the Emissions Inventory for the 1994-1998 period, and scenarios for future emissions. Both were carried out with funding from the Mexican Government.

The Third Communication presented an update of the Inventory to 2002, and recalculated the figures since 1990. To that end it counted with funding from the Global Environment Facility (GEF) through the United Nations Development Programme (UNDP), the U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) and the Mexican government.

## National Context

During 2007-2009 the Country's annual population growth rate was 0.8%. In 2009 Mexico totaled 107.6

million people, of which 72.3% lived in urban zones and 27.7% in rural areas. An estimated 47.4% of the total population lived in patrimonial poverty, and 60.8% of all the poor lived in rural areas, while 39.2% lived in urban zones. Mexico reported a Human Development Index (HDI) of 0.842 in 2006, which ranked the country in the 51st place out of 179 countries.

In 2008 the primary energy production of the country was 10,500.2 petajoules (PJ), 0.2% less than in 2007. Although Mexico has renewable resources, their contribution to the primary energy production was only 7.7%. Hydrocarbons contribute 89.1%; hydro, 3.7%; firewood, 2.3%; coal, 2.2%; nuclear, 1.0%; sugarcane bagasse, 0.9%; geothermal, 0.7%, and wind, >0.2%. Each inhabitant consumed 79.5 kJ on average, which represents a 2.6% increase from the previous year. The final total energy consumption was 8,555.2 PJ. The sector that consumed more energy was transport with 47.6%, followed by the industrial sector with 26.3%, and the housing, commercial and public sectors with 17.7%. The requested energy sources were gasoline, 32%; diesel, 16%; electricity, 13%; dry gas, 11%; LP gas, 8.9%, and firewood 4.8%. Renewable energy sources such as hydroelectric, geothermal and wind power represent 21% of the installed capacity to generate electricity in the Country.

Due to its natural capital Mexico ranks second place in ecosystem types and fourth in abundance of species worldwide. Its geographical location, variety of climates and topography, among other factors, accounts for these positions. However, the country is not exempt from degradation processes and loss of both terrestrial and marine ecosystems, which have shown symptoms of an anthropogenic impact for centuries, particularly serious during the last half century. Direct causes of biodiversity loss are deforestation, overexploitation and ecosystem contamination, as well as the introduction of invasive species and climate change.

## National Emissions Inventory 1990-2006

The updating of the National Greenhouse Gas Emissions Inventory (INEGI) for 2006 was carried out with the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) methodologies and its Good Practice Guidelines in estimating emissions for the 1990 to 2006 period, for six greenhouse gases listed in Annex A of the Kyoto Protocol.

In 2006, emissions in units of carbon dioxide in equivalents (CO<sub>2</sub> eq) for Mexico were 709,005 Gg. The contribution by category in terms of CO<sub>2</sub> eq is as follows: energy uses: 60.7% (430,097 Gg); waste: 14.1% (99,627.5 Gg); land use, land-use change and forestry: 9.9% (70,202.8 Gg); industrial processes: 9% (3,526 Gg); and agriculture: 6.4% (45,552.1 Gg).

In turn, the energy uses category is subdivided as comes next: energy industry: 35% (49,137 Gg); followed by transportation: 34% (144,691 Gg); manufacturing and construction industry: 13% (56,832 Gg); fugitive emissions: 11% (47,395 Gg); and other sectors (residential, commercial and agricultural): 7% (32,042 Gg).

GHG emissions by gas, measured in CO<sub>2</sub> eq are: CO<sub>2</sub>, 492,862.2 Gg (69.5%); CH<sub>4</sub>, 185,390.9 Gg (26.1%); N<sub>2</sub>O, 20,511.7 Gg (2.9%), and the remaining 1.4% is made up of 9,586.4 Gg of HFCs, and 654.1 Gg of SF<sub>6</sub>. In 2003, the country stopped producing aluminum, so PFCs emissions are zero since 2004.

The results of GHG for the years 1990-2006 show that the increase of GHG emissions was approximately 40% during that period, an average annual growth of 2.1%.

## Institutional Arrangements

Since its foundation in 2005, the Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC, Inter-ministerial Commission on Climate Change), has been coordinating the activities of the Federal Public Administration in charge of formulating and implementing national policies for prevention and mitigation of GHG emissions, and for adaptation to climate change impacts.

In order to put into practice the climate change agenda, the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, Environment and Natural Resources Ministry) counts with: the Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental (Planning and Environmental Policy Undersecretary) which guides policies and promotes projects for the Clean Development Mechanism; the Unidad Coordinadora de Asuntos Internacionales (Coordinating Unit for International Affairs), which monitors environmental agreements signed by Mexico, and the Instituto Nacional de Ecología (INE, National Institute of Ecology) which conducts research on mitigation and adaptation, puts together the National Greenhouse Gas Inventory and the National Communications of Mexico.

To strengthen international negotiations, the Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE, Ministry of Foreign Affairs), is working in coordination with several ministries. Due to the importance of this issue, the Foreign Ministry has appointed a Special Ambassador for Climate Change who actively participates in negotiation meetings.

## Adaptation to Climate Change

It is important to understand adaptation as the reduction of risks posed by climate change on people's lifestyles, natural resources, environmental services, and productive and economic activities, through vulnerability reduction. In the coordination of disaster risk management and climate change adaptation, Mexico has recognized land planning and ecological zoning as means to reduce risk. Vulnerability to certain climate change impacts can be significantly reduced with appropriate ecosystem conservation and adequate watershed management.

Relevant actions carried out by the Mexican Government:

- Advise federal entities and municipalities to take into consideration adaptation concepts in their planning strategies and land zoning.
- Promote the incorporation of references of climate change for disaster prevention and risk reduction

measures derivative of the existing Atlas of Risks and or Hazards.

- Upgrade Urban Development Programs, so they take risks and population vulnerability into account, and issue recommendations in order to be well-prepared for droughts, floods, extreme climatic events, and sea level rise, in a context of climate change.
- Formulate strategies for fire prevention and control, and consider climate change for reforestation strategies.

Governance and financial protection are tools of risk transfer and insurance, which are increasingly important for disaster prevention and management, including those of meteorological and climate origin. Such is the case of insurance and funds to secure housing, agricultural production, and businesses. Funds have been secured to assist emergencies and reduce risk, natural disasters and respond to climatic hazards.

In the last three years studies on impacts, vulnerability and adaptation to climate change have been carried out. Special attention has been given to the construction of scenarios that incorporate expected changes in temperature and precipitation and their impacts due to a decrease of water availability, and agricultural productivity, and their effects on human health, biodiversity and forest ecosystems.

- Among the relevant results of these investigations the following stand out: the critical situation in some states due to lack of water; increase in distribution areas and number of dengue cases, as well as the gradual reduction of biodiversity in large areas of central and northern Mexico.

## Mitigation

Mexico acknowledges the importance of undertaking actions that contribute to the efforts of the international community in matters of GHG emissions mitigation. In this regard, the Mexican Government put into force the Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 (PECC, Special Program on Climate Change), through

which it seeks to demonstrate that GHG emissions mitigation is possible without jeopardizing development.

Compliance to PECC at the end of the current administration will result in a reduction of 50 million tonnes of CO<sub>2</sub> eq in 2012. This means a 6% deviation from the baseline estimate for the former year (786 million tonnes (metric tonnes) of CO<sub>2</sub> eq), as consequence of the implementation of a series of unilateral actions in sectors such as energy generation and use, agriculture, forestry and other land uses, and waste.

In a long-term vision, PECC establishes, as an aspirational goal, to reduce 50% of GHG emissions by 2050, as compared to 2000 levels, and a flexible convergence towards a global per capita emissions average of 2.8 tonnes of CO<sub>2</sub> eq in 2050. The former, preconditioned to the availability of sufficient incentives and international support, as part of the new financial architecture which will be put into practice starting from the 15th Conference of the Parties that will take place in Copenhagen, in December 2009.

## Mitigation in the Energy Sector

Important to highlight is that during the 1990-2006 period, the Country's GDP grew at an average annual rate of 3%, while GHG emissions grew 2% and national population 1.5% per year. Despite the increase in emissions between 1990 and 2006, because of increased fossil fuel consumption, these have grown at a slower rate than the economy, so there are signs of a decoupling between economic growth and GHG emissions.

With the implementation of various energy saving programs in industrial, commercial and public services, a saving of 15.7 million barrels of oil equivalent was obtained during the 2006-2008 period, preventing the emission of 8.6 million tonnes of CO<sub>2</sub> eq.

With the Programa de Horario de Verano (Daylight Savings Program), emissions decreased by 4.5 million tonnes of CO<sub>2</sub> for the period 2006-2008. Since the implementation of the program to date (1996-2008), the installation of 799 MW of electricity generation capacity and the emission of 20.5 million tonnes of CO<sub>2</sub> was prevented.

## Energy Efficiency

In 2008, 18 Mexican Official Standards (NOMs) were applied, 16 of which are associated with electricity consumption and two with thermal processes. With the first 16, savings equivalent to 15,775 GWh with energy saving of 56.79 PJ were obtained, and emissions of 12.8 million tonnes of CO<sub>2</sub> eq were avoided. Similarly, with the implementation of thermal efficiency standards, savings of 6 million barrels of oil equivalent, representing a consumption of 35.16 PJ, were achieved, and 1.97 million tonnes of CO<sub>2</sub> eq were not emitted.

As a result of energy efficiency measures, preliminary figures for the first half of 2009 show savings of 12,558 GWh, equivalent to 10.2 million tonnes of CO<sub>2</sub>. This figure considers actions of energy efficiency standardization, those made in industrial, commercial and public services, Daylight Savings Program and in the residential sector.

## Renewable energies

The Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (Special Program for the Use of Renewable Energies) was published in 2009; it comes through as a mandate of the new Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (Law for the Use of Renewable Energies and the Energy Transition Funding). The purpose of this law and its regulations is to promote the use of renewable energies, with specific objectives, goals and actions to achieve them.

## Mitigation in the residential sector

In the residential sector, efforts have been oriented towards incorporating efficient technologies in matters of energy. The Programa de Vivienda Sustentable (Program for Sustainable Housing) was published in 2007; it proposes, among other actions, to adapt current regulations on housing towards environmental protection, and to create tax incentive schemes for housing developers and users.

In 2008 the cooperation agreement between the Ministry of Energy, SEMARNAT and the National Housing Commission was signed in order to coordinate the implementation of the Programa Transversal de Vivienda Sustentable (Sustainable Housing Cross-cutting Program), which seeks to change the perception and construction practices for housing in Mexico. According to the goals set by the Mexican Government, between 2007 and 2012, six million housing credits will be granted, of which approximately 20% should be used for sustainable housing.

The Alliance to Save Energy (ASE) granted the “International Award for Energy Saving in Sustainable Housing,” to honor Mexican Government efforts. The latter was received by the President of Mexico, Mr. Felipe Calderón Hinojosa, on September 23, 2009.

## Forestry, Agriculture and Livestock Mitigation

During the 2007-2009 period, a budget of more than 1.3 billion dollars was allocated to the Programa Pro-Árbol (Program for Reforestation); it has been applied to support payment schemes for environmental services for the conservation and development of community forestry, for the establishment of commercial forest plantations, for protecting forests against fires, pests and diseases, for ecosystem restoration and to increase competitiveness in forestry activities.

The Comisión Nacional Forestal, CONAFOR (National Forestry Commission) aims to mitigate GHG emissions, increase forest carbon sinks potential, stabilize the forest-agriculture border, and reduce the incidence of forest fires.

In PECC, mitigation in the forestry sector is focused mainly on the incorporation of about 3 million hectares for sustainable forest management; the installation of 600,000 efficient wood stoves; to incorporate 2.5 million hectares of terrestrial ecosystems to the Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS, System of Wildlife Conservation and Management Units); to add 750,000 hectares of forest ecosystems to the status of Protected Natural Areas, and to introduce planned sustainable grazing practices in 5 million hectares.

Complementarily, the Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP National Commission of Natural Protected Areas), began developing its Estrategia de Cambio Climático y Áreas Protegidas (Climate Change and Protected Areas Strategy), launched its Fire Management Program in Protected Areas of Mexico, and has identified some pilot sites in protected areas in order to participate in the carbon market in the future.

On the other hand, the Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, National Commission for Knowledge and Use of Biodiversity) is also expanding its activities on climate change. Among other actions, it has a monitoring program in mangroves and mountain cloud forests, and continues working on its program of early detection of hot spots for appropriate care and firefighting.

Among the mitigation actions performed in the agricultural sector, the following can be highlighted: land conservation and productive reconversion; green harvesting of sugar cane to promote renewable energy use and development, rehabilitation and conservation of land grazing.

Actions for GHG mitigation reported in the livestock sector are located in two areas. The first is related to the conservation and recovery of vegetation in grazing areas, and the second is focused on capture and use of methane from livestock farms, through the establishment of biogas digesters.

The issue of biofuels has become increasingly important in Mexico. This can be confirmed with the publication of the Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (Law for the Promotion and Development of Bioenergy), in February 2008, and its Regulations in June 2009. The Secretaría de Energía (SENER, Ministry of Energy) and the Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food) are developing bioenergy programs that include environmental criteria and guidelines to be developed by SEMARNAT to ensure that biofuels produced and used in Mexico are sustainable.

## Projects under the Clean Development Mechanism

Between September 2008 and August 2009, Mexico obtained the register of 12 projects by the Executive Board of the Clean Development Mechanism (CDM) of the Kyoto Protocol. This gave a total of 118 registered projects, of which 20 received Certified Emission Reductions (CERs). In doing so, the mitigated and CDM registered tonnes of CO<sub>2</sub> eq rose to 53%, going from 3.8 to 5.8 million tonnes cumulatively. In the same period the CICC granted letters of approval to 22 projects, with which the cumulative number amounted to 217 by August of 2009. Internationally, Mexico participates with 7% of CDM projects, was ranked 4th place for the amount of registered projects, 5th for the expected CERs volumes, and is the 5th Country in terms of CERs obtained.

## Emissions Scenarios of Greenhouse Gases for 2020, 2050 and 2070

In 2009, INE financed and coordinated the "Study on the Impact of Renewable Energy Sources of GHG Emissions in Mexico in the Medium and Long Terms", carried out by the Instituto de Investigaciones Eléctricas (Electric Power Research Institute) and the study "GHG Emissions Scenarios in the Medium and Long Terms, 2020, 2050 and 2070", prepared by the Instituto Mexicano del Petróleo (Mexican Institute of Petroleum). These studies will be useful to estimate the national baseline of GHG emissions for the medium (2020) and long (2050) terms.

Other relevant studies on mitigation published in the last two years are:

- a) Study on the Economics of Climate Change in Mexico, coordinated by SEMARNAT and the Ministry of Finance, with financial support from the UK Government and the Inter-American Development Bank;

- b) Low-Carbon Growth. A potential Path for Mexico, conducted by the Mario Molina Center and the McKinsey consulting firm;
- c) Low-Carbon Development for Mexico (MEDEC), developed with funding and technical assistance of: The World Bank;
- d) Climate Change in Mexico and Potential Emission Reduction by Sectors, conducted by a consultant.

## Other Relevant Information

Since 2007, technical specialists and scientists from most of the 32 Mexican States began training for the preparation of their Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC, State Program for Climate Change Action). So far, the state of Veracruz and the Federal District have completed the formulation of their programs, and Nuevo Leon, Baja California, Baja California Sur, Guanajuato, Coahuila and Puebla are in process, while those in Chiapas, Tabasco and Michoacan are in the planning process, and the State of Mexico is developing the Iniciativa ante el Cambio Climático (Initiative for Climate Change); in addition, the municipality of Chihuahua, in the state of Chihuahua presented its Climate Action Plan in September, 2009.

## Future Actions

The research needs identified after several diagnostic exercises are grouped into five categories: 1) national inventory of emissions of greenhouse gases, 2) monitoring, reporting and scenarios, 3) impacts, vulnerability and adaptation, 4) mitigation of greenhouse gases, and 5) economic, legal and international studies.

In order to improve the next inventories it is necessary to continue conducting research to determine national emission factors for key sources, and to analyze in depth the differences between the reference and the sectorial approach.

On the other hand, it is necessary to look deeper into observation activities; to continue building and refining models under different climate change scenarios;

as well as to continue putting together and publishing various risk atlas; one would be the first National Atlas of Vulnerability to Climate Change, and to continue with diverse mapping, for example, mapping for morbidity and mortality associated with increased health risks due to climate change.

For a more efficient management of mitigation options in the Country, it is necessary to continue a more in depth evaluation of the mitigation potential of various technology options, for key emitting sectors. Furthermore, it becomes necessary to develop emis-

sions mitigation frameworks to measure, report and verify them in strategic sectors, particularly the definition of Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs).

The need for better estimates on the potential economic and financial costs of climate change impacts in key productive sectors has also become evident. Likewise, it is important to analyze the social, economic and environmental impacts derived from the fulfillment of Mexico's international responsibilities on climate change, both present and future.



# I. Contexto nacional

## 1.1 Características geográficas

### 1.1.1 Ubicación geográfica

México forma parte de América del Norte y se ubica entre los meridianos 118°42' y 86°42' de longitud Oeste y 14°32' y 32°43' latitud Norte. Está distribuido casi por partes iguales, a ambos lados del Trópico de Cáncer. El país colinda al norte con Estados Unidos, mediante una línea fronteriza de 3,152 km; al sureste con Guatemala y Belice, a través de fronteras de 956 km y 193 km, respectivamente; al este con el Golfo de México y el Mar Caribe y al oeste con el Océano Pacífico (INEGI 2009 a y b).

La extensión territorial de México es de 1.96 millones de km<sup>2</sup>, 99.7% es continental y 0.3% insular. Los litorales son de 11.1 miles de km (no incluye litorales insulares). Tiene un área de Zona Económica Exclusiva de Mar de 3.15 millones de km<sup>2</sup>. Por su superficie territorial, ocupa el décimo cuarto puesto a nivel mundial y el quinto en América (INEGI 2008a).

México está integrado por 32 entidades federativas constituidas a su vez por 2,454 municipios y 16 delegaciones del Distrito Federal (D.F.) (Figura I.1) (INEGI 2009c).

### 1.1.2 Orografía

Las zonas de montaña ocupan 45.2% del territorio (SEMARNAT 2009a). La superficie con pendientes superiores a 27° es de 47% respecto al total, lo que ejemplifica el accidentado relieve del territorio (UNAM 1990). Más de 65% del área del País, se encuentra por encima de los mil metros sobre el nivel del mar (msnm). Existen montañas con altitudes que sobrepasan 5 mil msnm. La ciudad de Toluca de Lerdo, capital del Estado de México, está a 2,660 msnm, y las ciudades costeras como Mérida, en Yucatán; Chetumal en Quintana Roo y Villahermosa en Tabasco, están a 10 msnm o menos (INEGI 2009d).

### 1.1.3 Clima

Por su ubicación geográfica la República Mexicana resulta afectada por sistemas meteorológicos de latitudes medias durante el invierno y por sistemas tropicales en el verano. Los frentes fríos, llamados "Nortes", afectan el norte del país, se propagan hacia el sur sobre el Golfo de México y el sureste mexicano, provocando temperaturas bajas y en ocasiones lluvias desde Veracruz, hasta la península de Yucatán. La canícula de verano y los huracanes modulan el comportamiento de las lluvias. Las variaciones del clima en México están en gran medida determinadas por la ocurrencia del fenómeno de El

Figura I.1. México, división por entidad federativa.



Fuente: INEGI 2009c.

Niño.<sup>1</sup> La gran variedad de fenómenos meteorológicos que se experimentan en nuestro país incluye además: heladas, ondas de calor y de frío, vientos intensos o variaciones de radiación y humedad (Magaña 1999).

Por lo anterior, y debido a la orografía, el territorio nacional cuenta con una gran variedad de regiones climáticas, entre las que sobresalen, por su extensión aproximada, las zonas de clima seco, que abarcan más de la mitad de la superficie nacional (51%); las de clima cálido, cuya extensión equivale a 25.9%; las de clima templado (alrededor del 23%), mientras que las de clima frío ocupan menos del 1% (INEGI 2008a).

1 Condición anómala en la temperatura del océano en el Pacífico tropical del este. Corresponde al estado climático en el que la temperatura de la superficie del mar está 0.5° C o más, por encima de la media del período 1950-1979, por lo menos seis meses consecutivos, en la región conocida como "Niño 3" (4° N-4° S, 150° W-90° W) (Magaña 1999).

## Temperatura

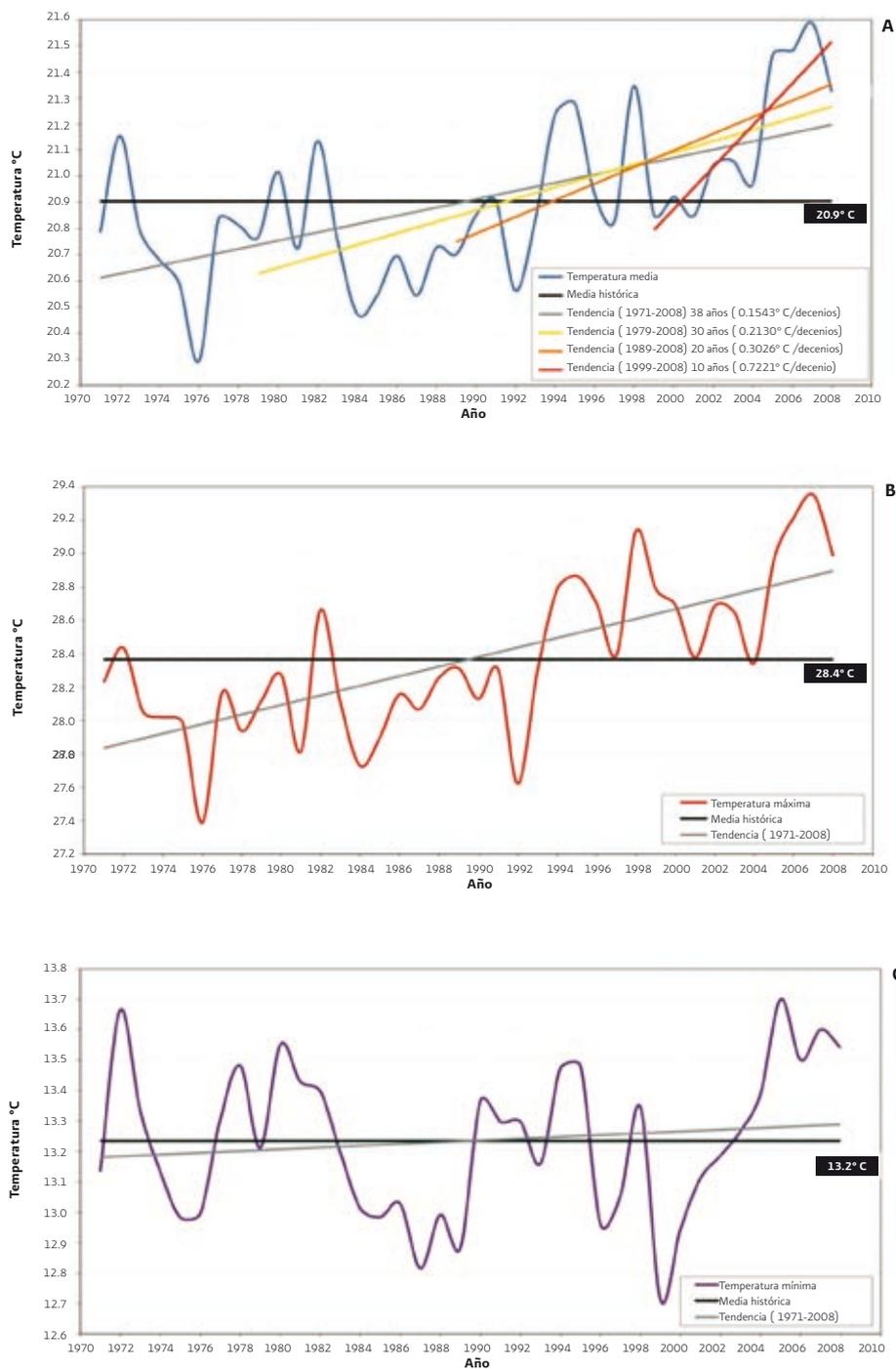
Las observaciones instrumentales de los últimos 38 años, muestran que la temperatura media anual se ha elevado 0.6°C en promedio para el territorio mexicano.<sup>2</sup> La media histórica del período se ubica en 20.9°C y muestra que las observaciones están por arriba de la media histórica después de 1990; en los últimos 10 años la tendencia indica un calentamiento acelerado de 0.7°C (Figura I.2a).

Entre 1997 y 1998 se presentó en México un incremento de 0.5°C en la temperatura media anual, debido a la ocurrencia de El Niño 1997-98,<sup>3</sup> seguido de un

2 Se ha producido un calentamiento adicional en las ciudades y áreas urbanas, denominado efecto de isla de calor urbana, pero se limita a una extensión espacial, y como no se realizó una separación de las estaciones climatológicas rurales y urbanas, se debe considerar dicho efecto implícito en estas observaciones para parte de las estaciones.

3 Se utilizó el índice multivariado de El Niño Oscilación del Sur (ENOS, por sus siglas en inglés) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), para realizar las comparaciones entre las variaciones anuales de la temperatura media y la presencia de El Niño y La Niña.

Figura I.2. Comportamiento de la temperatura promedio: a) media, b) máxima y c) mínima para el territorio nacional durante el período de 1971 a 2008.



Fuente: Elaboración propia con datos del SMN 2009a.

enfriamiento de 0.4°C asociado a la fase de La Niña y un posterior calentamiento rápido de 0.7°C. El patrón de temperaturas medias anuales muestra calentamientos y enfriamientos modulados por El Niño y La Niña (Magaña et al. 1999); sin embargo, El Niño o La Niña no explican toda la variabilidad anual del clima como las variaciones de temperatura de 1984 a 1993 (Figura I.2a).

Respecto a la media anual de las temperaturas máximas, a partir de 1990, se ha rebasado la media histórica de 28.4° C, observándose que los años con mayor incremento en promedio para el territorio nacional son 1995, 1998 y 2007 (Figura I.2b).

La media anual de las temperaturas mínimas para el territorio nacional indica una tendencia hacia condiciones menos frías en promedio; a partir de 1990, se rebasó la media histórica de 13.2° C (Figura I.2c).

## Precipitación

En el periodo de 1941 a 2008, la precipitación promedio anual en México fue de alrededor de 776.4 mm (SMN 2009C). La región sur y la sureste del país regis-

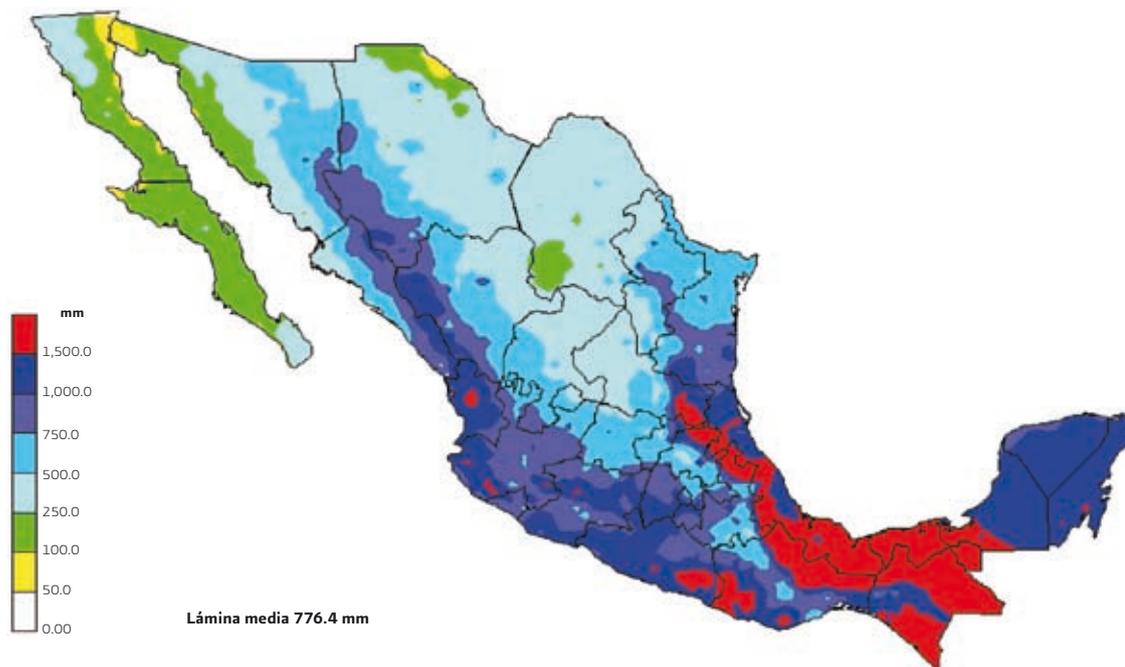
traron valores de más de 1,500 mm anuales; la centro entre 500 y 1,500 mm anuales y noroeste de 250 mm anuales (Figura I.3).

En la mayor parte de México la distribución mensual de la precipitación acentúa la desigualdad en la disponibilidad del recurso, ya que el 80% de la precipitación acumulada mensual se presenta entre mayo y octubre, siendo el resto del año relativamente seco.

En el mes de julio de 2009 se registró una lluvia mensual promedio de 99.1 mm en todo el país, por lo que se ubica como el segundo mes más seco de todos los meses julio registrados en el periodo 1941-2009, y sólo superó por 2.2 mm a las lluvias del mes más seco registrado, el cual ocurrió en 2000 (Figura I.4). Hasta el mes de julio de 2009, se presentó un déficit de 18% en precipitación, por lo que sectores económicos del país, como la agricultura de temporal, pero principalmente el suministro de agua potable a la población, se vio afectada (SMN 2009b, c y d).

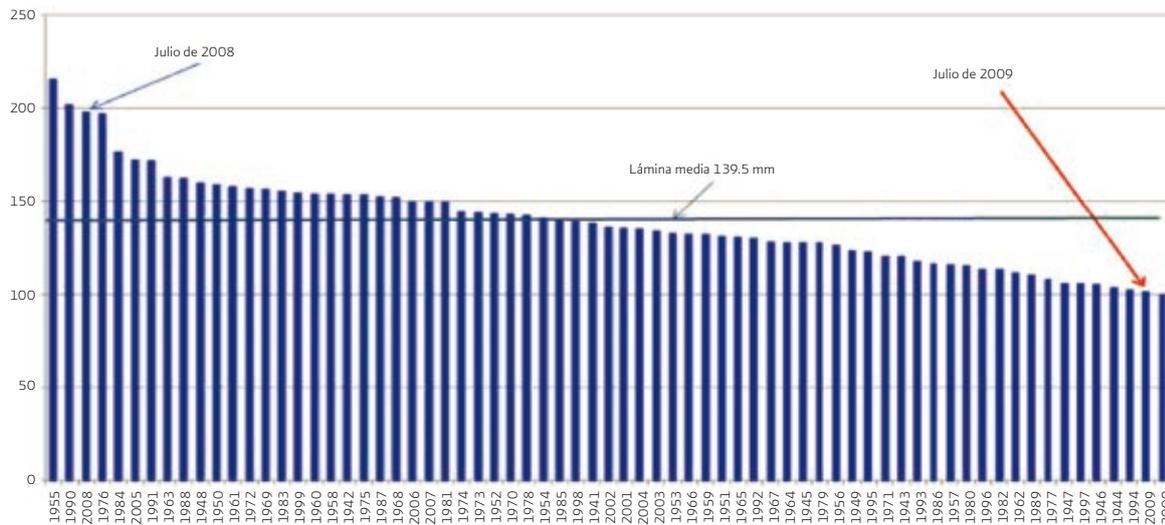
Las entidades federativas más afectadas por la ausencia de precipitaciones fueron Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Baja California, Baja California Sur, Colima,

Figura I.3. Distribución de la precipitación pluvial anual en México, 1941 a 2008.



Fuente: proporcionado por SMN 2008.

Figura I.4. Láminas de precipitación histórica del mes de julio, 1941 a 2009.



Fuente: SMN 2009c.

Chiapas y Yucatán, así como la zona del Altiplano Central (SMN 2009c y d).

### 1.1.4 Suelos

En México 52.4% de la superficie corresponde a suelos someros y poco desarrollados: leptosoles, regosoles y calcisoles,<sup>4</sup> lo cual dificulta su aprovechamiento agrícola. Los suelos con mayor fertilidad son phaeozems, luvisoles y vertisoles, que en conjunto cubren 29.4% del territorio. En el porcentaje restante se presentan hasta 20 grupos edáficos (SEMARNAT 2008).

El área ocupada por las zonas urbanas representa 0.6% de la superficie total y en los últimos 30 años, se expandió a una tasa anual de 7.4% (INEGI 2009e; Sarukhán *et al.* 2009).

Los procesos de degradación afectan 44.9% del suelo mexicano. La degradación química predomina en

<sup>4</sup> Leptosol: suelo muy delgado, pedregoso, con material calcáreo. Presente en la Sierra Madre Oriental, la Occidental y la del Sur, las penínsulas de Yucatán y Baja California y una vasta región del Desierto Chihuahuense. Regosol: capa de material suelto, sustenta cualquier tipo de vegetación dependiendo del clima, su uso principal es forestal y ganadero. Calcisol, son suelos con deficiencia de humedad y propios de zonas áridas y semiáridas.

17.8% de la superficie del País; erosión hídrica, 11.9%; eólica, 9.5%; y física, 5.7%. Entre las causas 35% se asocian a las actividades agrícolas y pecuarias (17.5% cada una); 7.5% a la pérdida de la cubierta vegetal. El porcentaje que resta, se divide entre urbanización, sobreexplotación de la vegetación y actividades industriales (SEMARNAT 2008).

## 1.2 Recursos naturales

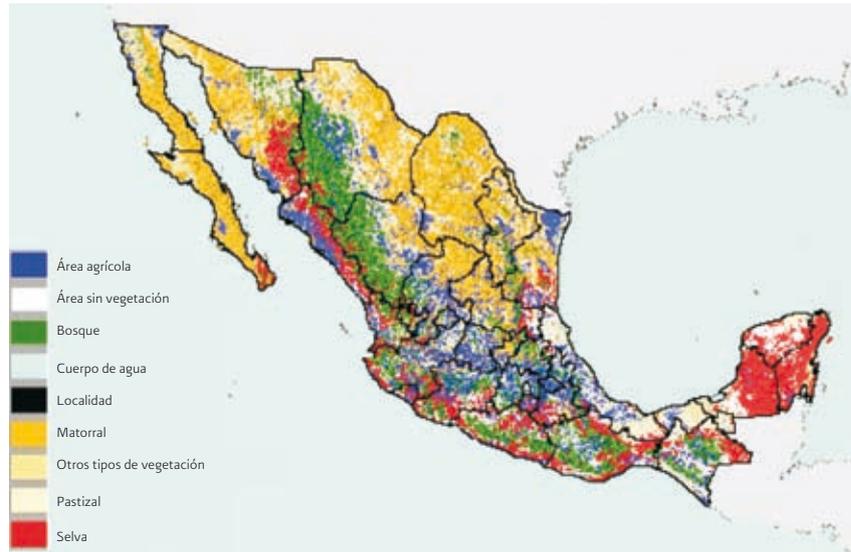
### 1.2.1 Mares, costas y litorales

La extensión costera del territorio nacional es de 11.1 miles de km, distribuidos como sigue: 7.8 miles de km en el Océano Pacífico; y 3.3 miles de km en el Golfo de México y Mar Caribe. De acuerdo con Sarukhán *et al.* (2009): "Actualmente México es uno de los países con los ecosistemas marinos más frágiles y vulnerables ante los impactos de los fenómenos naturales y de origen antropogénico, entre ellos el cambio climático".

### 1.2.2 Humedales

Los humedales de México ocupan una extensión mayor en la costa que tierra adentro, e incluyen, por mencio-

Figura I.5. Usos del suelo mexicano.



Fuente: INEGI 2009e.

nar algunos, lagunas costeras, marismas, oasis, cenotes, manglares, retenes, popales, tulares, palmares y selvas. Esta gran variabilidad reúne una enorme cantidad de ecosistemas y por tanto una alta biodiversidad, a pesar de que algunos de ellos en sí mismos sean poco diversos (Sarukhán *et al.* 2009).

Entre las principales causas naturales de reducción de humedales están la sequía, las tormentas, la subsidencia y la elevación del nivel del mar. Los factores antropogénicos son los cambios demográficos; desarrollo urbanístico de las zonas costeras; generación de energía; desarrollo y crecimiento portuario; establecimiento de polos turísticos; actividades agropecuarias; y acuicultura, que se han incrementado considerablemente en la zona costera mexicana. El deterioro de los humedales, por las causas expuestas, los hace más vulnerables a otro tipo de impactos como los producidos por la variabilidad y el cambio climáticos (Sarukhán *et al.* 2009).

Los cambios en los humedales han sido documentados principalmente para los manglares. De los humedales de agua dulce hay muy poca información, debido a la carencia de tipificaciones, inventarios y mapas. Ello dificulta la valoración de la superficie que se ha perdido y su estado actual.

## Manglares

En el Inventario Nacional de Manglares, que coordinó la CONABIO (2008), se estimó que la superficie de manglar en México fue de 655.7 miles de ha entre los años 2005 a 2007. Estos ecosistemas estaban presentes en las diecisiete entidades federativas que tienen litoral (Figura I.6). Campeche poseía la mayor superficie, 29.9%; Yucatán, 12.2%; Sinaloa, 10.8%; y Nayarit, 10.2%. Los estados con menor cobertura fueron Michoacán 0.2%; Tamaulipas 0.4%; y Baja California, menos de 0.1%.

### 1.2.3 Arrecifes

En México se reconocen seis zonas de arrecifes coralinos, que ocupan un área de 1,780 km<sup>2</sup>. Se cuenta con una riqueza endémica, el rango de las especies va de 63 a 81, esto es entre 8% y 10% de las especies a nivel mundial. En El Caribe y las costas de Veracruz y Campeche se encuentra la mayor diversidad. El área total de arrecifes en el país representa más de 0.6% del total en el mundo (SEMARNAT 2009b).

Se considera que casi 39% de los arrecifes de México se encuentra en alguna condición de riesgo; además de las prácticas nocivas, el cambio climático global constitu-

Figura I.6. Ubicación de los manglares en México, 2005 a 2007.



Fuente: CONABIO 2008.

ye otra fuerte presión sobre los sistemas coralinos. En el periodo de 1990 a 2006 se registraron 756 reportes de blanqueamiento de coral; 95.2% ocurrió en los últimos tres años (SEMARNAT 2009 a, b y c).

### 1.2.4 Recursos hídricos

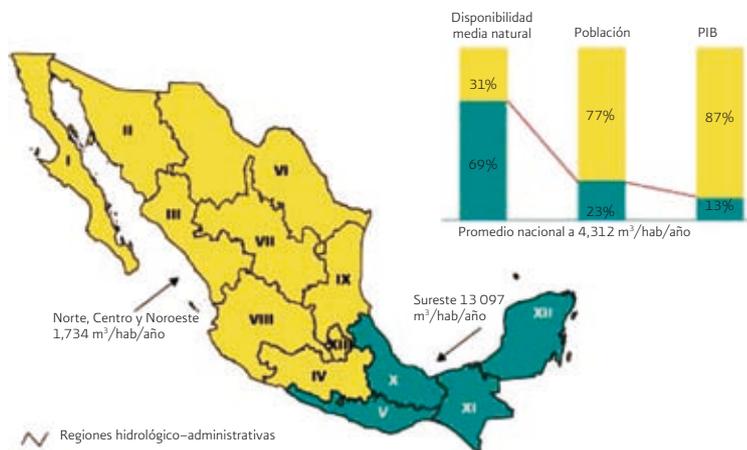
Los recursos hídricos de México incluyen una red hidrográfica de 633 mil km, 50 ríos caudalosos, 4 mil presas, 7 lagos principales, y 653 acuíferos (CONAGUA 2008). En el primer semestre de 2009, la escasez de lluvias provocó que los niveles de almacenamiento en algunas de las presas disminuyeran.

La disponibilidad natural media total de agua en 2007 fue de 458.1 mil millones de m<sup>3</sup>/año y la disponibilidad media *per cápita* de 4,312 m<sup>3</sup>/hab/año (CONAGUA 2008). Este último parámetro ha disminuido por el avance demográfico y el desarrollo económico. De mantenerse la tasa actual de crecimiento de la población en el país, para el año 2025, se espera una disponibilidad de 3,500 m<sup>3</sup>/hab/año, y para regiones como la Península de Baja California y Río Bravo serán inferiores a 1,000 m<sup>3</sup>/hab/año (IMTA-SEMARNAT 2007). En las regiones del país, que concentran los asentamientos más poblados y el mayor desarrollo económico, se presenta la menor disponibilidad de agua (Figura I.7) (CONAGUA 2008).

En 2007 el volumen de agua para uso consuntivo fue de 78 mil millones de m<sup>3</sup>. Las actividades agrícolas consumieron 77%, el abastecimiento público 14%, las termoeléctricas 5% y el conjunto de la industria, comercios y servicios 4%. Por otra parte, las plantas hidroeléctricas, emplearon un volumen no consuntivo de 122.8 miles de millones de m<sup>3</sup>.

El agua para usos consuntivos se extrae de fuentes superficiales (63%) y de los acuíferos (37%) (CONAGUA 2008). Los cuerpos superficiales con menor calidad se encuentran en el centro y norte, dada la mayor población asentada y presencia de corredores industriales. El agua superficial de mejor calidad está en el sureste y noroestes-

Figura I.7. Contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad del agua, 2007.



Fuente: CONAGUA 2008.

te del país (SEMARNAT 2009a). A su vez, del total de acuíferos, 15.9% están sobreexplotados y 2.6% presentan intrusión salina (CONAGUA 2008).

Para el 2009 las coberturas de la población con servicio de agua potable y de alcantarillado se estiman en 90.7% y 87%, respectivamente (Presidencia de la República 2009).

Los centros urbanos del país generaron 243 m<sup>3</sup>/seg de aguas residuales en 2007, se recolectó 85.2% y de este porcentaje sólo se trató 38.3%. La industria generó 188.7 m<sup>3</sup>/seg y trató el 15.8% (CONAGUA 2008).

### 1.2.5 Bosques

La superficie mexicana cubierta de vegetación asciende a más de 162.1 millones de ha (83.8% de la superficie total nacional). La vegetación natural representó 67.5% y la secundaria, 32.5% (Figura 1.8). La vegetación de zonas áridas, es decir los matorrales, huizachales y mezquites ocupa el 26.1% del territorio; los bosques y las selvas, que en conjunto ocupan 33.6% (INEGI 2009f; SEMARNAT 2009a).

En el *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*, la SEMARNAT (2008), concluye que “a lo largo de la última década se perdieron entre 3.5 y 5.5

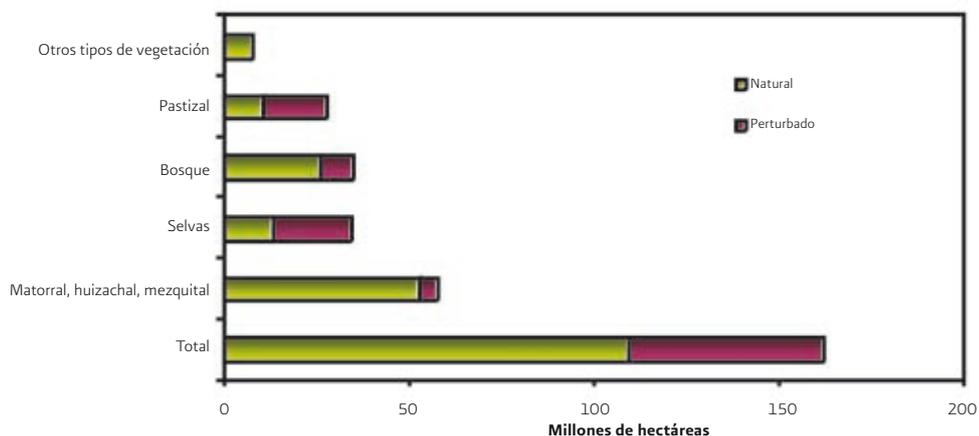
millones de ha de bosques y selvas, y es la vegetación primaria la que mostró las mayores pérdidas”. La tasa nacional anual de pérdida de cubierta forestal es de 0.4%, lo que ubica al país en el lugar 51 a nivel mundial (CONAFOR 2009).

En México, deben estudiarse los costos de oportunidad que inciden sobre la deforestación para determinar cuáles son las causas principales. La conversión de los ecosistemas naturales a tierras productivas, es más intensa en la costa del Golfo de México y en el centro del país. Los incendios forestales también inciden en el proceso de deforestación (SEMARNAT 2008).

Los incendios forestales, que ocurrían naturalmente en algunos ecosistemas boscosos y de praderas, en la actualidad tienen, en su mayoría, un origen antropogénico. En 2008 las causas fueron: actividades agropecuarias, 41%; desconocidos, 17%; fumadores, 11%; otros motivos, 11%; fogatas de paseantes, 9%; otras actividades productivas, 5%; actividades forestales, 4%; limpia de derechos de vía, 2% (Sarukhán et al. 2009; SEMARNAT 2008).

El número de incendios ocurridos en México, y la superficie siniestrada se mantienen relativamente constantes. En 2008 se presentaron 9,475 incendios y una superficie

Figura 1.8. Formaciones vegetales en México.



\*Otros tipos de vegetación: Incluye áreas sin vegetación aparente, bosque de galería, manglar, palmar, vegetación acuática, vegetación de desiertos arenosos, vegetación de dunas costeras, vegetación de galería, vegetación gypsófila y halófila.

Fuente: Elaboración propia con base a INEGI 2009f; SEMARNAT 2009a.

afectada de 23.8 ha por incendio. De enero a julio de 2009 fueron 9,435 incendios forestales, y 22.7 ha afectadas por incendio. La vegetación más perjudicada son los arbustos, 45%; pastos naturales, 43.5%; y arboledas, 11.5% (Presidencia de la República 2009; SEMARNAT 2008).

Se ha observado que algunos fenómenos meteorológicos pueden tener relación con los incendios, por ejemplo, después de los huracanes Stan y Wilma, que afectaron extensas zonas boscosas de la Península de Yucatán y Chiapas, en 2005, pues provocan que el material combustible (hojas, ramas secas), se acumule e influya para maximizar las conflagraciones. También es importante el fenómeno oceánico y meteorológico conocido como El Niño, que provoca sequías y aumento de la temperatura en México (SEMARNAT 2008).

Desde 1988 la CONABIO, a través de su "Programa para detección de puntos de calor mediante técnicas de percepción remota", proporciona información diaria para la detección de incendios forestales y quemas agrícolas que ocurren en el territorio mexicano y en Centroamérica. Esta información es de gran valor para el análisis de los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas.

Las plagas y enfermedades forestales, también afectan a los bosques. En el periodo de 1990 a 2007, el promedio anual de la superficie afectada por estas causas, fue de 31,862 ha. De la superficie acumulada en el periodo, 39% fue afectada por descortezadores, 33% por muérdago y 15% por defoliadores. Las entidades con mayor superficie forestal con plagas y enfermedades fueron Oaxaca, Aguascalientes, Durango y Jalisco (SEMARNAT 2008)

## 1.2.6 Biodiversidad

En México se desarrollan prácticamente todos los ecosistemas terrestres presentes en el mundo, por lo que se considera un país mega diverso, ocupa el segundo sitio global en tipos de ecosistemas y el cuarto en riqueza de especies. Posee también una diversidad y alta productividad marina (Sarukhán *et al.* 2009). Es la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), quien integra, sistematiza y actualiza el conocimiento sobre la riqueza natural de México a través del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB).

México ocupa el cuarto lugar mundial en existencia de plantas vasculares, con un registro de 25,000 especies, y un rango de endemismo de entre 50% y 60% (Sarukhán *et al.* 2009; INEGI 2009g).

México ocupa el primer lugar mundial en reptiles, segundo en diversidad de mamíferos, cuarto en anfibios y décimo segundo en aves (INEGI 2009g).

La biodiversidad y los ecosistemas del país presentan síntomas de un impacto antropogénico desde hace siglos, particularmente agudos en el último medio siglo. La deforestación, la sobreexplotación y la contaminación de los ecosistemas, la introducción de especies invasoras y el cambio climático son causas directas de la pérdida del capital natural de México (Figura 1.9) (Sarukhán *et al.* 2009).

## 1.2.7 Recursos energéticos

### Hidrocarburos

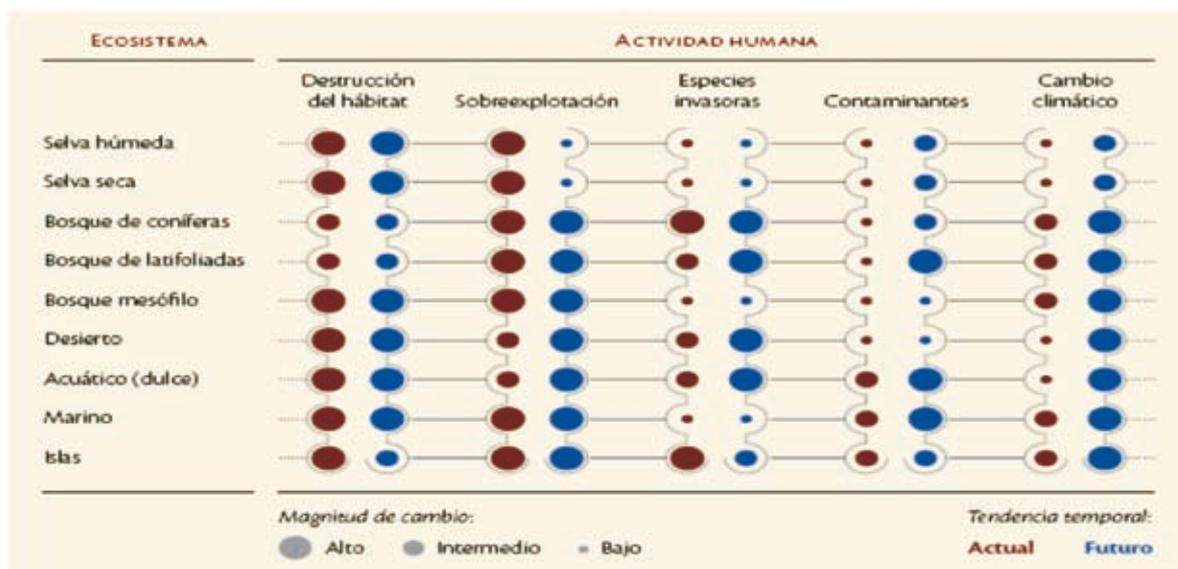
Al primero de enero de 2009 las reservas totales de hidrocarburos probadas, probables y posibles ascendían a 43,562.6 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (mmbpce), 33% son reservas probadas, 33% probables y el 34% posibles (PEMEX 2009a). En el caso de las primeras, el grado de conocimiento y la tecnología, son pruebas superadas y por consiguiente sus costos de producción son muy competitivos y las segundas son verdaderos retos tecnológicos, con mayores costos de producción aunque con grandes posibilidades de obtener volúmenes importantes de petróleo crudo y gas natural.

El potencial petrolero de México, también conocido a través de la estimación de sus recursos prospectivos, alcanzó un volumen de 52,300 mmbpce, distribuido en siete cuencas, entre las que destacan el Sureste y Golfo de México Profundo, que concentran 31.9% y 56.4% respectivamente del total (Figura 1.10) (SENER 2009a).

### Fuentes renovables

Las fuentes renovables de energía como hidroeléctricas, geotérmicas y centrales eólicas, representan 21% de la capacidad instalada para generar energía eléctrica

Figura I.9. Impacto de la actividad humana sobre la biodiversidad de México: magnitud de cambio denotada por los círculos de diferente tamaño.



Fuente: Sarukhán et al. 2009.

ca en el país (Presidencia de la República 2009). Cabe mencionar que el *Programa Especial* para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2009-2012 será la base para dirigir la utilización de las energías renovables en México, de manera que se reduzca la dependencia por combustibles fósiles, se disminuyan las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y con ello se combatan los efectos del cambio climático (SENER 2009b). A continuación se mencionan las siguientes energías renovables:

- Solar. Por su ubicación geográfica, México cuenta con excelentes recursos de energía solar, con un promedio de radiación aproximado de 5 kWh/m<sup>2</sup> por día (SENER 2006). Con base a estimaciones de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, antes CONAE), existe una superficie potencial de mercado de más de 2 millones de m<sup>2</sup> para instalar calentadores solares de agua. El Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México, 2007-2012 (PROCALSOL), establece una meta global de 1.8 millones de m<sup>2</sup> al año 2012 (CONAE-SENER 2007).
- Geotérmica. Se tiene una capacidad de generación

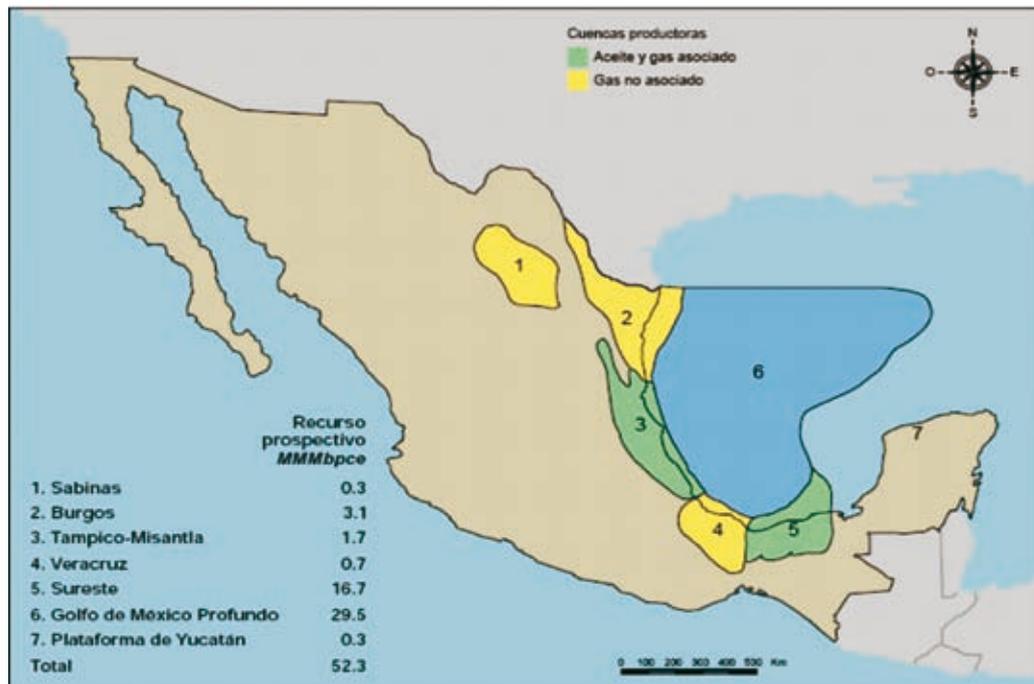
eléctrica instalada de 964.5 MW a partir de fuentes geotérmicas, 1.6% respecto a la capacidad total. Se estima que el potencial geotérmico permitiría instalar otros 2,400 MW.

- Eólica. El potencial eólico es superior a 40,000 MW. Las regiones con mayor potencial eólico son el Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca; las sierras de La Rumorosa y San Pedro Mártir en Baja California, y la de Yucatán (SENER 2006). Al 2009 se tiene una capacidad instalada para generar energía eléctrica de 85.3 MW, ésto es 0.1% de la capacidad total.
- Hidráulica. En 2005 se estimó un potencial hidroeléctrico nacional de 53,000 MW, que incluía un potencial de 3,250 MW para centrales con capacidades menores a los 10 MW (SENER 2006). Al 2009, se tienen instalados 11,383 MW, 19.1% respecto a la capacidad total instalada.

### Carbón

Las reservas mexicanas de carbón fueron de 1.2 mil millones de toneladas en 2007. Para el mismo año se produjeron 1.2 millones de toneladas de carbón y la relación

FIGURA I.10. DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS PETROLEROS PROSPECTIVOS DE MÉXICO, 2009.



Fuente: SENER 2009a.

de las reservas probadas respecto a la producción fue de 99 años (SENER 2008a). El consumo nacional de carbón está 15% por debajo respecto al promedio de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), y 20% menos respecto a la media mundial. Lo anterior se debe a los elevados costos de extracción de los yacimientos nacionales, por lo que de intensificarse su uso se incrementaría su importación (SENER 2008b).

### 1.3 Demografía

#### 1.3.1 Población

De 2007 a 2009, la población en México continúa en la transición demográfica, esto es que pasó de niveles de mortalidad y de fecundidad altos y sin control, a bajos y controlados. La esperanza de vida, en constante aumento, se aproxima cada vez más a la alcanzada por las naciones con mayor grado de desarrollo socioeconómico (CONAPO 2008). En el Cuadro I.1 se presentan algunos de los indicadores demográficos.

La evolución de la población por grupo de edad, muestra avance del envejecimiento relativo, que es una de las consecuencias más trascendentes de la transición demográfica en la que se encuentra inmerso el país (Presidencia de la República 2009). Por otra parte, el número de mexicanos que emigró al extranjero disminuyó a partir del año 2000. El principal destino es Estados Unidos.

El número de viviendas particulares habitadas fue de 24.7 millones en 2005, con un promedio de ocupación de 4.2 habitantes por vivienda (INEGI 2009h). Los hogares con una constitución familiar representaron 92% del total, y el resto fueron unipersonales. En 23% del total de hogares una mujer está a cargo (INEGI 2009i).

#### 1.3.2 Distribución y densidad

Para 2009, la región Centro concentraba a 28.5% de la población en México; la Sur-Sureste, 28.1%; Centro-Occidente, 21.0%; Noreste 14.1%; y Noroeste, 8.3% (Presidencia de la República 2009).

En 2005 había 56 zonas metropolitanas (ZM), las cinco principales Valle de México, Guadalajara, Monterrey,

**Cuadro I.1. Indicadores representativos de la población de México, 2007 a 2009.**

Concepto	2007	2008	2009
Población total (miles)	105,791	106,683	107,551
Hombres (% del total)	49.2	49.2	49.2
Mujeres (% del total)	50.8	50.8	50.8
Urbana (% del total)	71.8	72.1	72.3
Rural (% del total)	28.2	27.9	27.7
Saldo neto migratorio (Miles)	-559	-558	-556
Tasa de crecimiento total (%)	0.85	0.82	0.80
Tasa de mortalidad general (muertes por cada mil hab. )	4.81	4.85	4.90
Tasa de mortalidad infantil*	15.7	15.2	14.7
Hijos por mujer	2.1	2.1	2.1
Esperanza de vida al nacer (años)	74.96	75.12	75.28
Estructura de la población (%)			
0-14 años	30.0	29.4	28.7
15-64 años	64.5	65.0	65.5
65 y más años	5.5	5.6	5.8

\*Probabilidades de fallecer de menores de cinco años por cada mil nacimientos.

Fuente: Elaboración propia con base a CONAPO 2006a; Presidencia de la República 2009.

Puebla-Tlaxcala y Toluca concentraban 29.7% de la población. Existían 30 núcleos de población en el país con más de 500 mil habitantes, de los cuales 27 se refieren a alguna ZM y los demás son municipios individuales (Figura I.11). Las localidades menores de 5 mil habitantes, concentraron 29% de la población, y la dispersión y el aislamiento geográfico es una de las principales dificultades para la integración de las pequeñas comunidades a los procesos de desarrollo (CONAPO 2007).

En México, las regiones costeras registran elevadas tasas de crecimiento poblacional, sobre todo en los asentamientos que son punto de atracción por las oportunidades de trabajo (UNAM 2009). Existen 447 municipios costeros (224 en el litoral Pacífico y 223 en el litoral Atlántico). En el año 2000, la población fue 23 millones que representó 24% de la población total.

En 2009, la densidad de población promedio nacional fue de 54.8 hab/km<sup>2</sup>; el Distrito Federal presentó la mayor densidad, 5,905 hab/km<sup>2</sup>; y Baja California Sur, la más baja, 7 hab/km<sup>2</sup>.

### 1.3.3 Pobreza

En 2008 se estimó que 50.6 millones de personas (47.4% de la población nacional) vivían en pobreza de patrimonio.<sup>5</sup> En las zonas rurales habitaba 60.8% de los pobres de patrimonio y 39.2% en las urbanas (CONNEVAL 2009).

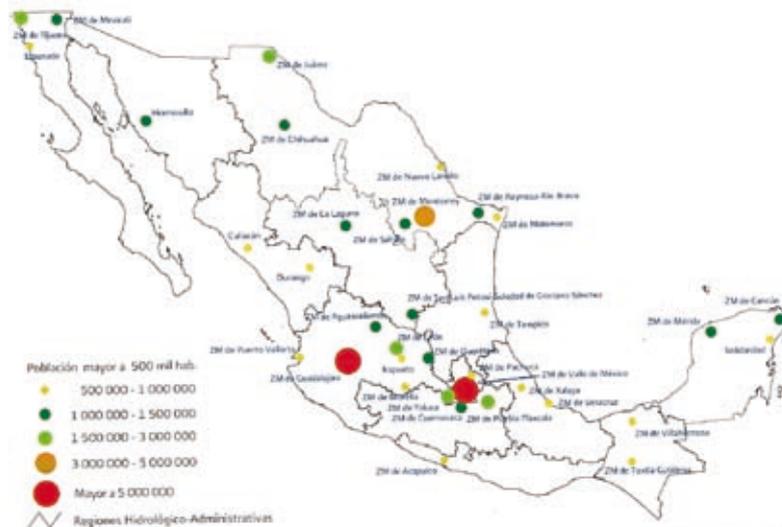
### 1.3.4 Índice de desarrollo humano

México presentó un Índice de Desarrollo Humano (IDH)<sup>6</sup> de 0.842 en 2006, que lo ubica en el lugar 51 de un total de 179 países (PNUD 2009). Los estados

5 Pobreza de patrimonio: Se refiere a la población que cuenta con el ingreso suficiente para cubrir necesidades mínimas de alimentación, educación y salud, pero que no les permite adquirir los mínimos aceptables de vivienda, vestido, calzado y transporte para cada uno de los miembros del hogar.

6 El Índice de Desarrollo Humano (IDH) mide los logros alcanzados por un país en cuanto a tres dimensiones básicas del desarrollo: 1) salud y esperanza de vida; 2) educación de la población; y 3) el ingreso per cápita.

Figura I.1.1. Población de más de 500,000 habitantes, 2007.



Fuente: CONAGUA 2008.

con el mayor IDH fueron: Distrito Federal (0.8837), Nuevo León (0.8513) y Baja California (0.8391). Las últimas posiciones las ocupan Chiapas (0.7185), Oaxaca (0.7336) y Guerrero (0.7390) (PNUD 2007).

## 1.4 Economía

### 1.4.1 Evolución de la economía

Durante 2007, la actividad económica en México presentó un menor dinamismo que en el año anterior. El valor del Producto Interno Bruto (PIB) creció a una tasa real anual de 3.4%. Un factor relevante en la desaceleración fue el menor crecimiento de la demanda externa principalmente de Estados Unidos.

En 2008, la crisis económica mundial influyó en la caída del PIB nacional, que creció a un menor ritmo a una tasa anual de 1.3%. Como la situación externa continuó adversa, para el primer trimestre de 2009, el PIB decreció a una tasa de 8.0% (INEGI 2009).

En el segundo trimestre del 2009, además del entorno externo adverso, las medidas sanitarias que se instrumentaron en México para controlar el brote de influenza AH1N1, provocaron que la actividad económica regis-

trara una contracción de 10.43%. Se estima que en promedio para 2009, el valor del PIB decrecerá a una tasa anual de 6.8% (Figura I.13) (INEGI, Criterios Generales de Política Económica 2010).

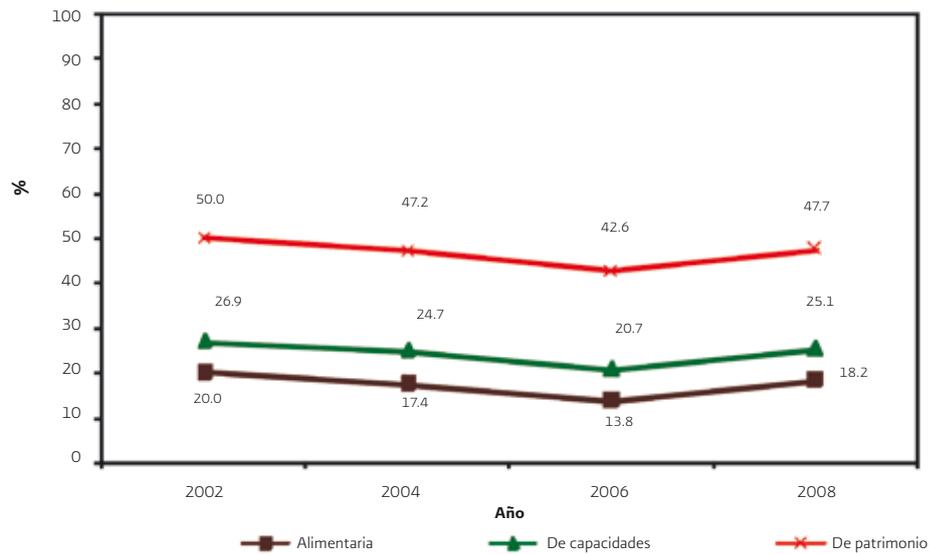
La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) estima que durante el ejercicio fiscal de 2010, el valor real del PIB de México registrará un crecimiento anual de 3% (SHCP 2009a).

En el primer semestre de 2009, los sectores que perdieron dinamismo fueron el secundario, -10.7% y el terciario -9%. El primario tuvo un avance real anual de 1.3%, como resultado de una mayor superficie cosechada en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano (Presidencia de la República 2009).

### 1.4.2 Balanza comercial

La disminución en el ritmo de crecimiento de la economía mexicana, derivada principalmente por el comportamiento del mercado externo, se reflejó de forma directa en el intercambio comercial con el exterior (Figura I.15). En 2009, las exportaciones hacia Estados Unidos representaron 81.41% del total, hacia Canadá, 3.4%. Las importaciones de Estados

Figura I.12. Evolución de la pobreza nacional, 2002, 2004, 2006, 2008.



Fuente: elaboración propia con base a CONEVAL 2009

Unidos son 48% de las totales, 3.1% Canadá (Banco de México).

### 1.4.3 Empleo

Entre 2007 y el primer semestre de 2009, la Población Económicamente Activa (PEA)<sup>7</sup> pasó de 44.7 a 45.5 millones de personas. En 2007, la tasa de desempleo promedio fue de 3.7% y de enero a junio de 2009, fue de 5.1%. Los hombres mantienen mayor participación en el mercado laboral en comparación con las mujeres (INEGI). Es de notarse que a pesar de la señalada caída del PIB durante el primer semestre de 2009, las tasas de desempleo se han mantenido muy por debajo de las de países que no han tenido desplomes tan importantes de su PIB (SE 2009).

### 1.4.4 Remesas

Los ingresos por remesas familiares fueron de 25.1 miles de millones de dólares en 2008, 3.6% menos que en 2007.

De enero a junio de 2009, fueron de 11.1 miles de millones de dólares, cantidad 11.9% menor respecto al mismo periodo de 2008. También disminuyó el valor monetario promedio por cada envío, de 316.1 dólares en 2008, a 211.9 dólares en 2009 (Banco de México).

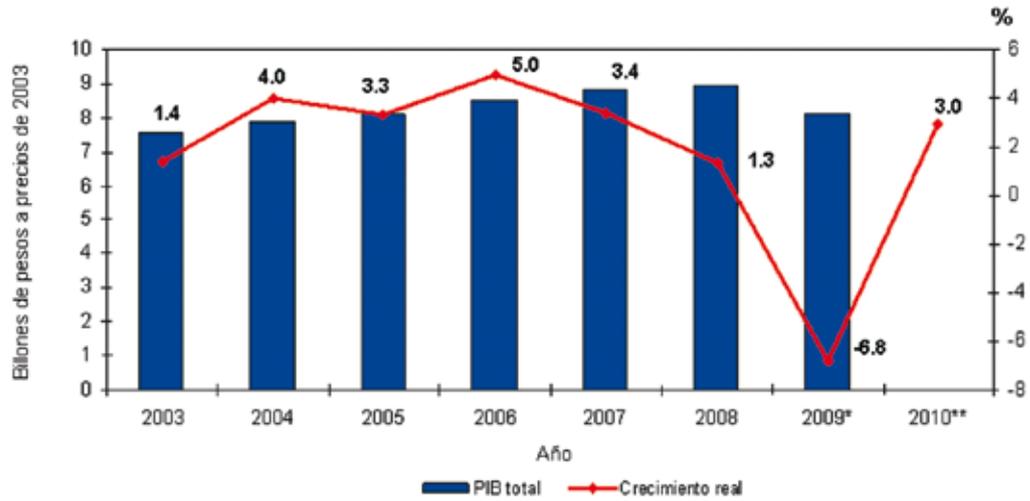
De enero a junio de 2009, los ingresos por remesas familiares representaron: 8.8% respecto a los ingresos por cuenta corriente; 104% en relación a las exportaciones de petróleo crudo; 12.8% de las exportaciones de manufacturas; y 2.7% del PIB del país (Banco de México).

### 1.4.5 Energía

México, al igual que muchos países en el mundo, es altamente dependiente de los combustibles fósiles. Actualmente, el consumo de estos combustibles se encuentra por arriba de la media respecto al consumo de los países miembros de la OCDE.

<sup>7</sup> Población económicamente activa de 14 años y más.

Figura I.13. Evolución del PIB nacional y su tasa de crecimiento anual, 2003 a 2010.

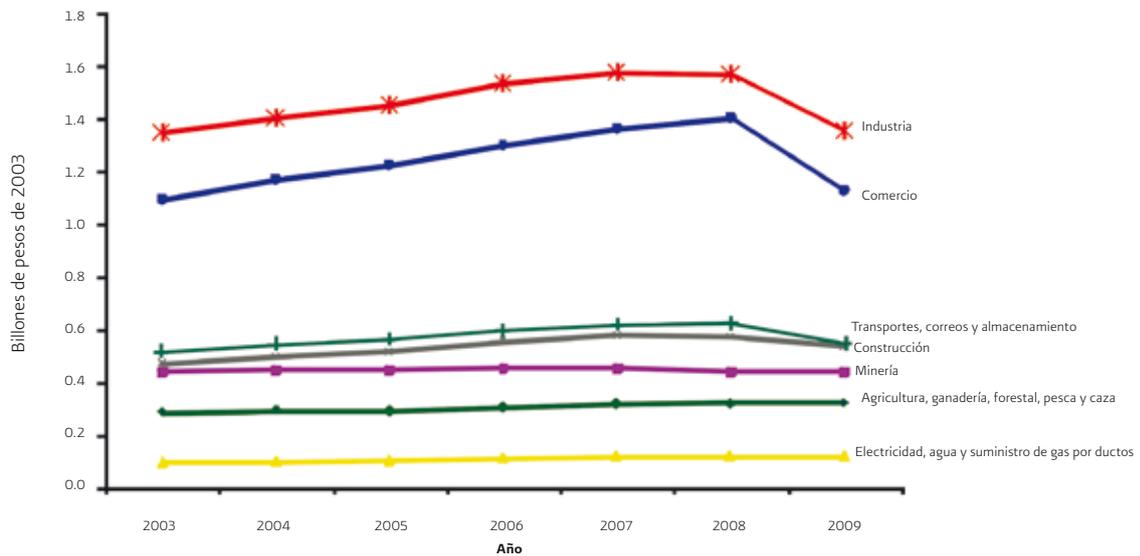


\*Calculado

\*\*Estimado

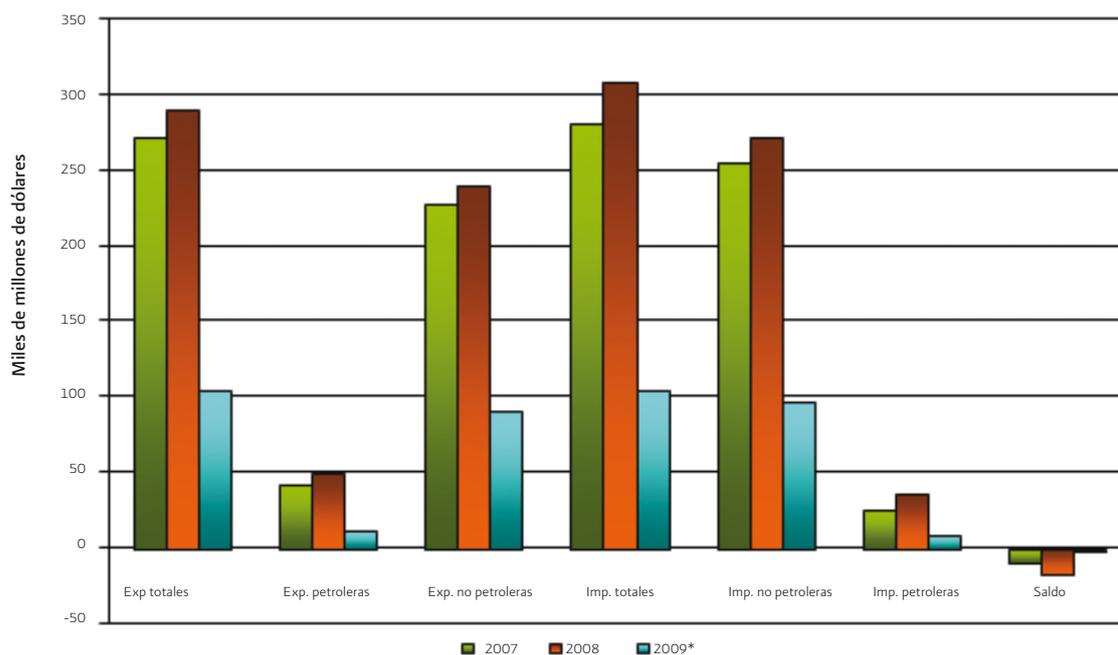
Fuente: INEGI, Criterios Generales de Política Económica 2010.

Figura I.14. Evolución del PIB por subsectores, 2003 a 2009.



Fuente: elaboración propia con base a INEGI, Criterios Generales de Política Económica 2010..

Figura I.15. Balanza comercial exterior (miles de millones de dólares), 2007 a 2009.



\*Enero a junio.

Fuente: elaboración propia con base a Presidencia de la República 2009.

## Producción interna de energía primaria

En 2008, la producción de energía primaria fue de 10,500.2 Petajoules (PJ), cifra 0.2% menor a la de 2007, debido en mayor medida, a una menor producción nacional de petróleo crudo.

En 2008, los hidrocarburos participaron con 89.1%; la hidroenergía, 3.7%; la leña con 2.3%; el carbón, 2.2%; la nucleenergía, 1.0%; el bagazo de caña 0.9%; la geoenergía 0.7%, y la energía eólica <0.02% (Cuadro I.2) (SENER 2009c).

La intensidad energética (cantidad de energía requerida para producir un peso de PIB a precios de 2003) fue 949.58 kJ por peso producido, 2.1% mayor que en 2007. Esto se explica por el mayor crecimiento en el consumo nacional de energía (3.5%) respecto al del PIB (1.3%) (SENER 2009c).

## Demanda final de energía

En 2008, cada habitante consumió 79.5 kJ, 2.6% más que el año anterior. El consumo final total de energía fue de 8,555.2 PJ: 94.4% correspondió al consumo energético y 5.6% al no energético (asfaltos, lubricantes, grasas, entre otros). Por sector, la distribución del consumo, incluido el energético, fue: transporte, 47.6%; industria, 26.3%; residencial, comercial y público, 17.7%; no energético, 5.6%; y agropecuario, 2.8%. Por regiones, la Centro concentró 25.9% del consumo final total; Centro-Occidente, 22.6%; Sur-Sureste, 21.3%; Noreste 18.6%; y Noroeste, 11.6% (SENER 2009c).

Los energéticos demandados fueron: gasolinas, 32%; diesel, 16%; electricidad, 13%; gas seco,<sup>8</sup> 11%; gas LP,

<sup>8</sup> El gas seco es el gas natural que contiene cantidades menores de hidrocarburos más pesados que el metano. El gas seco se obtiene de las plantas de proceso. Se utiliza como combustible en el sector industrial, residencial y en centrales eléctricas; y cantidades muy pe-

Cuadro I.2. Producción de energía primaria, (PJ), 2007, 2008.

Concepto	2007	2008	Variación % 08/07
Total	10,522.97	10,500.16	-0.2
Carbón	251.24	230.43	-8.3
Hidrocarburos	9,466.86	9,358.16	-1.1
Petróleo crudo	6,923.36	6,520.85	-5.8
Gas natural	2,436.30	2,745.87	12.7
Condensados	107.20	91.45	-14.7
Electricidad alterna	458.55	566.12	23.5
Hidroenergía	268.18	386.78	44.2
Nucleoenergía	114.49	106.63	-6.9
Geoenergía	73.43	70.17	-4.4
Energía eólica	2.46	2.54	3.1
Biomasa	346.31	345.44	-0.3
Leña	246.75	246.31	-0.2
Bagazo de caña	99.56	99.13	-0.4

Fuente: elaboración propia con base a SENER 2009c.

8.9%; leña, 4.8%; productos no energéticos, 3.5%; coque de petróleo, 2.8%; querosenos, 2.6%; combustóleo, 1.8%; bagazo de caña, 1.9%; coque de carbón, 1.8%; y carbón mineral 0.1% (SENER 2009c).

## Hidrocarburos

De enero de 2007 a junio de 2009, la producción promedio de petróleo crudo fue de 2.9 millones de barriles diarios; gas natural, 6.6 miles de millones de pies cúbicos diarios (Presidencia de la República 2009).

La producción de petrolíferos procesados en el Sistema Nacional de Refinación (SNR) fue de 1,505 miles de barriles diarios: gas LP, 216 miles de barriles diarios (mbd); gasolinas, 459 mbd; diesel, 339 mbd; combustóleo, 296 mbd; otros petrolíferos,<sup>9</sup> 195 mbd. En el periodo mencionado, destacó el incremento en la producción de combustibles de mayor calidad: gasolinas 12.9%; y diesel 21.6%. El combustóleo disminuyó 32.9%, debido a un mayor procesamiento de crudo ligero (Presidencia de la República 2009).

queñas en procesos petroquímicos.

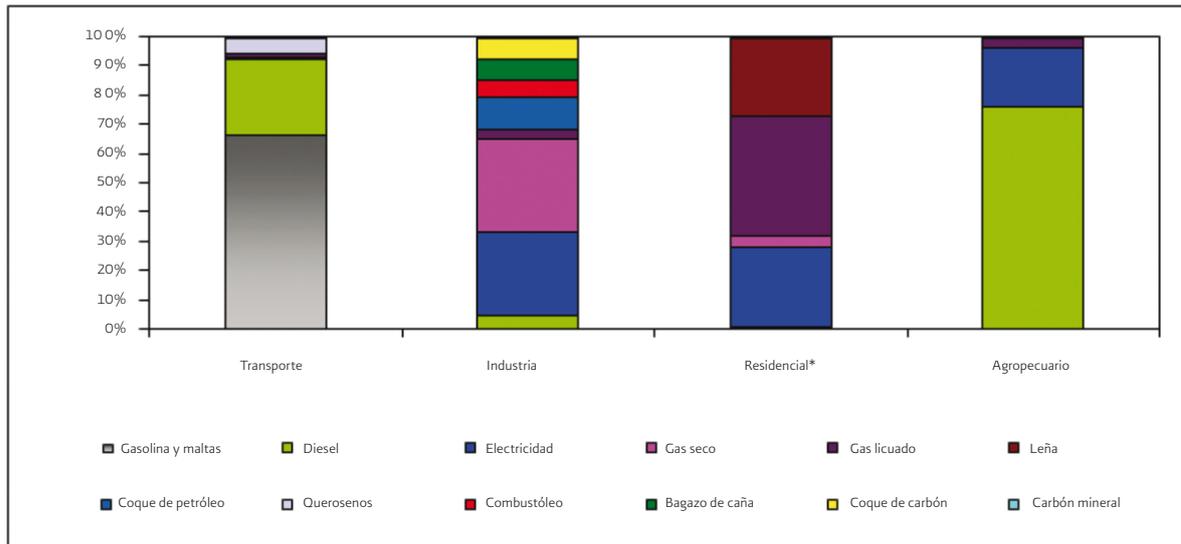
<sup>9</sup> Incluye gas seco, parafinas, extracto furfural aeroflex 1-2, coque, gasóleo, fondos torre de alto vacío, asfaltos y diluentes.

De enero de 2007 a junio de 2009, la demanda de 1.5 millones de barriles diarios de petrolíferos (sin considerar al gas LP), creció 11.3%. Dicho incremento se debió al aumento de 37.7% de las gasolinas automotrices y de 32.6% de diesel (SENER 2008c).

La demanda de gas LP fue 296.3 miles de barriles (mbd) en 2009, 3.6% menor a 2008. Lo anterior se explica, principalmente por el aumento en la preferencia de los consumidores por el gas natural seco y la energía eléctrica, así como por el efecto combinado de la reducción en la utilización de gas LP para carburación y la mejora en la eficiencia térmica de los calentadores y estufas que utilizan gas (PEMEX 2009a; Presidencia de la República 2009).

En 2007 y 2008 los ingresos económicos por la exportación de hidrocarburos fueron de 42.6 y 49.6 miles de millones de pesos, respectivamente: 89%, petróleo crudo; 9.5%, petrolíferos; 0.9%, gas natural; y 0.6%, petroquímicos. De enero a junio de 2009, se obtuvieron 12.6 mil millones de dólares, 55.1% menos que en el mismo periodo del año 2008, debido principalmente al menor precio de la mezcla mexicana de petróleo en los mercados internacionales y a la reducción de los volúmenes de extracción y exportación de petróleo crudo (PEMEX 2008; Presidencia de la República 2009).

Figura I.16. Consumo de combustibles y electricidad por sector, (%), 2008.



\* Incluye al comercial y público.

Fuente: Elaboración propia con base a SENER 2009c.

Durante 2007 y 2008, en materia de importaciones, se erogaron 16.9 y 23.5 miles de millones de dólares, respectivamente. De enero a junio, 5.6 miles de millones de dólares, 54.4% menos que en el mismo periodo de 2008. Los petrolíferos concentran 94% de las importaciones; 5% gas natural, y 1% petroquímicos (Presidencia de la República 2009).

México ocupó en 2008 el lugar 16° a nivel mundial en reservas probadas de petróleo crudo, 35° en reservas probadas de gas natural, 6° en producción de petróleo crudo, 11° en producción de gas natural y 14° en capacidad de destilación primaria (PEMEX 2009b).

## Electricidad

En 2008, el consumo nacional de energía eléctrica fue de 183,913 GWh, 1.9% más que en 2007 (Presidencia de la República 2009).

La capacidad instalada total a junio de 2009, fue de 59,604 MW, 1% más que en 2007. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) participó con 86% de dicha capacidad; otro servicio público de electricidad 2%; y los permisionarios, 14% (Presidencia de la República 2009).

En 2007 la capacidad instalada de generación de energía eléctrica estuvo conformada principalmente por termoeléctricas, 58.8%; hidroeléctricas, 19.2%; permisionarios que mayoritariamente usan ciclo combinado a gas natural, 13.5%; carboeléctricas, 4.4%, nucleoeeléctricas, 2.3%; geotérmicas, 1.6%; y eoloeléctricas, 0.1%. A junio de 2009, estos porcentajes de participación de las energías tuvieron variaciones marginales, excepto los permisionarios que aumentaron a 14.2% (SENER 2008a; Presidencia de la República 2009).

La generación bruta de energía eléctrica en 2008 fue de 275.9 TWh, 5% más que en 2007 (SENER 2008a). Entre 2007 y 2009, se registró un incremento en el uso de las siguientes fuentes de generación eléctrica: gas natural, 1% y grandes hidroeléctricas 1%; una disminución en combustóleo de 2% debido a que la central dual Plutarco Elías Calles operó exclusivamente con carbón; y en las hidroeléctricas 1% debido a la baja captación de agua en las presas del sistema hidroeléctrico Necaxa al presentarse escasas precipitaciones pluviales. En tanto que se mantuvo el mismo nivel de utilización de la energía nuclear y las energías renovables (Cuadro I.3) (Presidencia de la República 2009).

**Cuadro I.3. Capacidad instalada de energía eléctrica, (MW), 2007 a 2009.**

Concepto	2007	2008	2009*
Total	59,006.4	59,431.5	59,604.0
CFE	49,854.2	49,931.2	49,971.2
Termoeléctrica	33,789.4	33,861.6	33,861.6
Hidroeléctrica	11,055.0	11,054.9	11,094.9
Carboeléctrica	2,600.0	2,600.0	2,600.0
Geotermoeléctrica	959.5	964.5	964.5
Nucleoeléctrica	1,364.9	1,364.9	1,364.9
Eoloeléctrica	85.5	85.3	85.3
Otro servicio público de electricidad	1,174.3	1,174.3	1,174.3
Termoeléctrica	886.0	886.0	886.0
Hidroeléctrica	288.3	288.3	288.3
Subtotal Permisitarios**	7,977.9	8,326.1	8,458.5

\*Enero a junio.

\*\* Permisitarios incluye también cogeneración de PEMEX, usos propios continuos y para exportación

Fuente: Presidencia de la República 2009.

Se estima que al cierre de 2009 la cobertura del servicio eléctrico beneficiará a casi 97.3% de la población total del país. En la ampliación de la cobertura del servicio en comunidades rurales se utilizarán energías renovables en aquellos casos en que no sea técnica o económicamente factible la conexión a la red. (Presidencia de la República 2009).

### Fuentes renovables

Las fuentes renovables se aprovechan principalmente en la generación de energía eléctrica y en otras aplicaciones como bombeo, iluminación y calentamiento de agua. En 2009, representaron 20.4% de la capacidad instalada del Sistema Eléctrico Nacional, SEN (SENER 2008b).

### Energía nuclear

La central nucleoelectrónica Laguna Verde opera con dos reactores, con capacidad de 682.5 MW cada uno, que proveen 2.3% de la capacidad nacional de generación eléctrica (SENER 2008a).

## Prospectivas de energéticos

### Petrolíferos

De acuerdo con la SENER (2008c), en el periodo de 2007 a 2017, el autotransporte aumentará su demanda de combustibles. Para un mayor equilibrio entre la oferta interna y la demanda, el sector de la energía aumentará la capacidad nacional de refinación para alcanzar una oferta de petrolíferos de 1,778 mbdpce en el último año del periodo (59.4% más que en 2007). El ritmo de producción de petrolíferos crecerá a una tasa media anual de 4.8%. Las gasolinas y el diesel mantendrán la mayor participación, y la turbosina y el coque en menor proporción. La diferencia entre la producción nacional y la demanda, pasará de 316.4 mbd en 2007, a 83.1 mbd en 2017 (Figura I.17) (SENER 2008c).

### Electricidad

Para el periodo 2008-2017 el consumo nacional de energía eléctrica crecerá a una tasa anual de 3.8%. El incremento esperado es de 71.9 TWh, al pasar de 209.7 TWh

en 2008 a 281.5 TWh en 2017. Durante el mismo periodo, el programa de expansión del servicio público establece la instalación de una capacidad adicional de 14,315 MW, la cual está integrada por 3,520 MW de capacidad comprometida y 10,795 MW de capacidad no comprometida. Durante el periodo 2009-2017 se retirarán 4,749 MW de diversas unidades generadoras que actualmente se encuentran en operación (SENER 2008a).

### 1.4.6 Transporte

En 2009 la infraestructura del sector transporte consistió de 366,341 km de carreteras; 26,717 km de vías de ferrocarril; 98 puertos marítimos; 16 puertos fluviales; y 1,435 aeropuertos (24 nacionales, 61 internacionales y 1,350 aeródromos).

El parque vehicular registrado en 2007 fue de 26.6 millones de unidades, con una composición de 66%, automóviles; 29.6%, camiones y camionetas para carga; 3.3%, motocicletas; y 1.1% camiones de pasajeros (INEGI 2009k).

En 2008 hubo 3.3 miles de millones de viaje-persona y se movieron 849.5 millones de toneladas de carga, mediante los diferentes modos de transporte. Para el 2009, se estima que estas cifras pasarán a 3.1 miles de millones de viaje-persona y 824.7 millones de toneladas

(Presidencia de la República 2009). La crisis económica afecta las actividades comerciales y turísticas y provoca una reducción en el movimiento de productos, mercancías y pasajeros en el país.

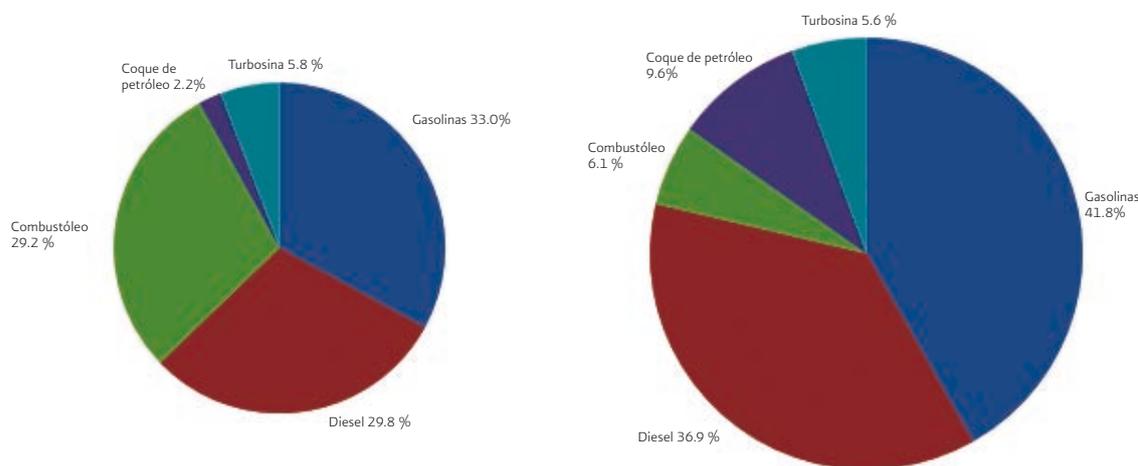
En 2008, el transporte público federal (TPF) movilizó 97.7% de los viajes-pasajeros y 57% de la carga. Para 2009, los porcentajes se estiman en 97.2% y 57%, respectivamente (Figura I.18) (Presidencia de la República 2008 y 2009).

### 1.4.7 Industria, construcción y minería

El sector secundario está conformado por la industria manufacturera, construcción, minería y el suministro de electricidad, agua y gas. En 2009, la producción manufacturera se contrajo a un ritmo real anual de 15.1%. Al interior del sector, destacó la menor producción de equipo de transporte; industrias metálicas básicas; equipo de computación y otros equipos electrónicos; productos metálicos; y maquinaria y equipo, entre otros. La industria automotriz también fue severamente afectada por los entornos económicos nacional e internacional adversos.

El valor agregado de la construcción presentó una contracción real anual de 8.2%, como resultado de

Figura I.17. Prospectiva de petrolíferos en la producción nacional, (%), 2007 y 2017



Fuente: SENER 2008c.

las menores obras de edificación residencial, industrial, comercial y de ingeniería civil, principalmente. La producción minera registró una reducción real anual de 0.3%, como consecuencia de la menor extracción de petróleo y gas.

### 1.4.8 Turismo

La diversidad del patrimonio biofísico, cultural y recreativo de México, configuró un conjunto de condiciones para atraer a casi 92.2 millones de visitantes internacionales en 2007, 5.7% menos que el año anterior. El mayor decremento se registró en el número de pasajeros en cruceros, originado por el cierre de puertos marítimos debido a los efectos del huracán Dean. De enero a mayo de 2009, se recibieron cerca de 36.0 millones de visitantes internacionales, 14.8% menos respecto al mismo periodo del año anterior (Presidencia de la República 2008 y 2009).

Desde finales de 2008 y durante el primer semestre de 2009, la crisis económica mundial y el brote epidemiológico de influenza tipo AH1N1 en México, afectaron de manera negativa a la actividad turística (Presidencia de la República 2009).

Del turismo internacional que visitó el país, 60% prefirió los centros turísticos de playa y 40%, las ciudades. El turismo nacional, prefiere ir a las grandes ciudades, 62.5%, y en menor medida, a las playas, 37.5% (Presidencia de la República 2008).

En 2009 el gasto promedio que realizaron los turistas fue de 474 dólares, 7.8% menos que en 2007. Los ingresos totales captados por el sector turismo fueron de 12.9 miles de millones de dólares en 2007 y de enero a mayo de 2009, se contabilizaron 5.2 miles de millones de dólares (Presidencia de la República 2008 y 2009).

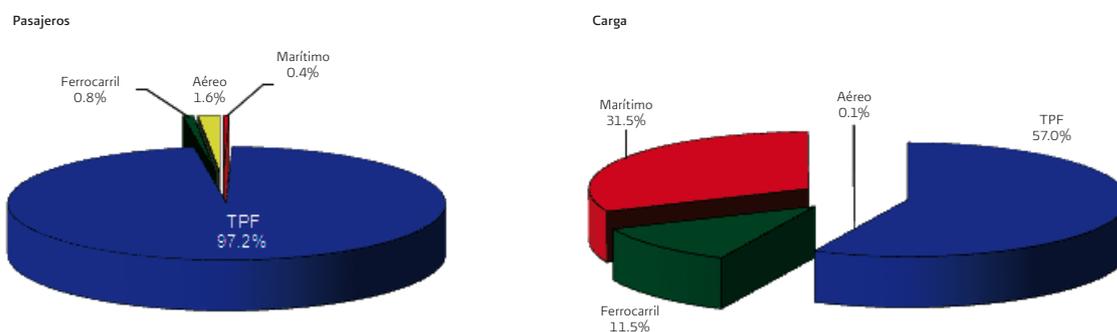
En 2009, el mayor porcentaje del turismo internacional provino de América del Norte, 77.9%; seguido de Europa, 9.8%; América Latina y el Caribe, 5.1%; Asia, 1.4%, y resto del mundo, 5.9%. Respecto al año anterior, disminuyeron los visitantes desde Europa, América Latina y el Caribe, y Asia; y aumentaron los de América del Norte (SECTUR 2008 y 2009).

### 1.4.9 Agricultura

Las hectáreas que se destinan a las actividades agrícolas representan 11.5% (Octavo Censo Agropecuario, Pesquero y Forestal) de la superficie total. En 56.7% se cultivan maíz, frijol y sorgo y en el resto se siembran otros granos básicos, oleaginosas, y cultivos perennes, tales como el café, caña de azúcar y naranja. Respecto a la superficie que se siembra, 78% corresponde a temporal y 22% a riego (Presidencia de la República 2009).

La producción de 39.8 millones de toneladas de los diez principales granos y oleaginosas, esperada en 2009, satisface 69.6% de la demanda interna (Presidencia de la República 2009).

Figura I.18. Desplazamiento de pasajeros y carga por tipo de transporte, (%), 2009.



Fuente: Elaboración propia con base a Presidencia de la República 2009.

El volumen de fertilizantes utilizado fue de 3.0 millones de toneladas en 2006. El 38.6% fue urea, 22.2% complejos fosfatados, 19.2% sulfato de amonio, y 20% restante se compuso de otros como nitrogenados y superfosfatos. Las importaciones son 3.4 veces mayores que la producción nacional (SEMARNAT 2009a).

### 1.4.10 Forestal

México tiene 162.1 millones de ha con cobertura vegetal. Los bosques y selvas cubren 69 millones de ha, 32.8% tienen potencial forestal maderable. Desde los últimos 15 años, se aprovecha sólo 35.4% de la superficie con potencial maderable (INEGI 2009f; Sarukhán et al. 2009).

En 2007, la producción forestal fue de 7 millones de metros cúbicos ( $m^3$ -r) y para 2009 se espera de 6.7 millones de  $m^3$ -rollo, 4.3%, menos que en 2007. La escuadría representa 67.6%; y el conjunto de la celulosa, chapa y triplay, combustibles y durmientes, 32.4%. El consumo nacional aparente disminuyó de 27.6 millones de  $m^3$ -r en 2007, a 26.2 millones de  $m^3$ -r en 2009. El consumo para esos años fue de 260.9 y 243.7  $m^3$ -r por cada mil habitantes, respectivamente. Para 2005, en 4.2 millones de viviendas se cocinaba con leña y carbón (Presidencia de la República 2009).

### 1.4.11 Ganadería

La transformación de los ecosistemas para dar paso a la ganadería es una práctica extendida y un factor relevante en el cambio de uso de suelo (Sarukhán et al. 2009). En 2008 la ganadería se practicaba en 109.8 millones de ha, 56.8% de la superficie nacional. El norte del país, específicamente Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, Sonora y Zacatecas, concentra 54.2% de la superficie ganadera (SEMARNAT 2009a).

De acuerdo con el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, realizado en 2007, en 1.1 millones de unidades de producción se crían 23.3 millones de cabezas de ganado bovino; 979,000 unidades reportan la existencia de 9.0 millones de porcinos y 2.5 millones de unidades tenían 356.8 millones de aves de corral, entre otras especies de importancia eco-

nómica (Presidencia de la República 2009). México tiene el más alto consumo per cápita de huevo del mundo.

Entre 2007 y 2008 la producción total de carnes de las diferentes especies pecuarias en México, aumentó 1.9%, lo cual indica que la ingestión proteica de la población también lo hizo. Se estima que en 2009 la producción nacional de carnes sea de 5.5 millones de toneladas, con un crecimiento de 2.1% respecto a la alcanzada en 2008 (Presidencia de la República 2009).

### 1.4.12 Pesca y acuacultura

En México se reconoce la explotación pesquera de 589 especies marinas, de las cuales 318 se localizan en el Pacífico y 271 provienen del Golfo de México y del Caribe. Las pesquerías se concentran en alrededor de 112 especies. Existen 75 unidades de manejo, 26.6% registra sobreexplotación, y 60% ya alcanzó su rendimiento máximo (Sarukhán et al. 2009).

En 2007 la producción pesquera fue de 1.6 millones de toneladas y para el 2009, aumentó a 1.8 millones de toneladas. La pesca de captura aporta 83% y la acuacultura 17%. En el periodo mencionado la producción destinada al consumo humano directo disminuyó de 69.2 a 68.2%, para el indirecto aumentó de 30.4% a 31.4%, y para usos industriales se mantiene en 0.4%. En 2007 el consumo nacional aparente fue de 1.4 millones de toneladas, y el consumo *per cápita* 12.7 kg. Estos parámetros tuvieron en 2009 un aumento marginal de 0.6% y 1.6%, respectivamente (Presidencia de la República 2009).

### 1.4.13 Generación de desechos

En 2009 se estima una generación de 38.3 millones de toneladas de desechos sólidos urbanos, 4.1% más que en 2007. La zona centro, sin incluir al D.F., genera 50.3%; la frontera norte 16.6%; el Distrito Federal 12.6%; la zona norte 10.4%, y la zona sur 10.1% (SEMARNAT 2009a). La tasa *per cápita* anual de generación de basura fue de 356.3 kg (Presidencia de la República 2009).

En 2009 el volumen de los desechos orgánicos representa 52.4% del total; material de demoliciones, hules y pañales, 12.1%; papel y cartón, 13.8%; vidrio,

10.9%; plásticos, 5.9%; metales, 3.4%; y textiles, 1.5% (Presidencia de la República 2009).

Para el mismo año 58.6% de la basura se dispuso en rellenos sanitarios; 28.6% en sitios no controlados, es decir tiraderos a cielo abierto; 9.3% en tiraderos de tierra controlados; y 3.6% se recicló. Entre 2007 y 2009 el reciclaje creció 9.1% (Presidencia de la República 2009).

A partir de 2009 se intensifica la formulación de programas de gestión integral de residuos, estatales y municipales para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 26 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Además, se presentó el *Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012* (PNPGIR), el cual define la política ambiental nacional en materia de residuos y a través de su aplicación, se incorpora la gestión integral de los residuos de una manera planificada, organizada y con liderazgo (Presidencia de la República 2009).

### 1.4.14 Salud

Las enfermedades no contagiosas; obesidad, hipertensión arterial, neoplasias, *diabetes mellitus*, colesterol y triglicéridos altos, continúan siendo las principales causas de mortalidad en la población adulta.

#### Enfermedades transmisibles

Al mes de agosto de 2009 se registraron 8,020 casos de fiebre por dengue (FD) y 1,750 de fiebre hemorrágica por dengue (FHD), 56% y 47% menos, respectivamente, en comparación con 2007. Del 1o. de enero a agosto de 2007 se reportaron, 18,201 casos de FD y 3,701 de FHD. Los estados con mayor incidencia son: Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Nuevo León, Morelos, Michoacán, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. Actualmente el paludismo registra las cifras más bajas de la historia de la enfermedad en México. La eliminación del padecimiento alcanza ya 22 estados y se ha fortalecido su detección, diagnóstico y tratamiento en las 32 entidades federativas. En 2008 se registraron 2,357 casos de *Plasmodium vivax* (mismo número que en 2007) y cero casos de *P. falciparum*.

A pesar de los dos brotes que afectaron a los estados de Chiapas y Oaxaca (entidades que agrupan el 81.7% del total de casos a nivel nacional), el número de localidades positivas se mantiene igual que en 2007.

En abril de 2009 se confirmó el brote de la epidemia de influenza AH1N1 en México. La Organización Mundial de la Salud (OMS) calificó como un comportamiento ejemplar de las autoridades y de la población en general, lo que sirvió de base para orientar las medidas internacionales de combate a la pandemia y el desarrollo de las correspondientes medidas preventivas (SS 2009).

## 1.5 Educación

En el actual ciclo escolar 2009-2010 el gasto público promedio anual por alumno es de 21.6 miles de pesos, 6.4% más que en el ciclo anterior. En 2009 el índice nacional de analfabetismo es de 7.7% (Presidencia de la República 2009).

### 1.5.1 Investigación científica y técnica

En 2009 el padrón del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) es de 15.6 miles: 17.5%, candidatos a investigador; 55%, Nivel I; 19.6%, Nivel II; y 7.9%, Nivel III (Presidencia de la República 2009).

Las instituciones de investigación científica y técnica en México, realizan funciones de docencia, un amplio espectro de programas y proyectos de investigación (generación y aplicación innovadora del conocimiento), y la extensión y difusión de la cultura. Se cuenta con un padrón aproximado de 700 entidades, entre universidades públicas federales, estatales, tecnológicas, politécnicas, interculturales, institutos tecnológicos, centros de investigación y escuelas normales superiores (SEP 2009).

### Inventario de expertos e instituciones científicas y técnicas en materia de cambio climático

En el inventario de expertos e instituciones científicas y técnicas en materia de cambio climático de 2008,

se contabilizó a 858 especialistas, 150% más que en 2005. Alrededor de 62% del potencial de investigación se encontraba en las Universidades, Institutos y Centros de Investigación estatales. La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) siguió como líder con alrededor de 12% (INE-SEMARNAT 2008).

## 1.6 Desastres y eventos extremos

### Sequías

México está expuesto a sequías intensas (35.4% de la superficie). Las ecorregiones de Baja California, el De-

sierto Chihuahuense y la Sierra Madre Occidental son las más afectadas (Sarukhán et al. 2009).

### Ciclones tropicales

México se encuentra rodeado del Mar Caribe, el Golfo de México, los océanos Pacífico y Atlántico, donde todos los años se desarrollan ciclones tropicales. Las temporadas de estos fenómenos comienzan a mediados de mayo en el Pacífico y a principios de junio en el Atlántico, y ambas terminan en noviembre (SEMARNAT-IMTA 2008). Entre el periodo de 1970 a 2008, las costas del país fueron impactadas por 170 ciclones tropicales (Figura 1.19). Aunque 62.4% entró por el Océano Pacífico y 37.6% por el Océano Atlántico, los huracanes más intensos con categorías H3, H4 y H5, entraron por este último (CONAGUA 2008 y 2009a).

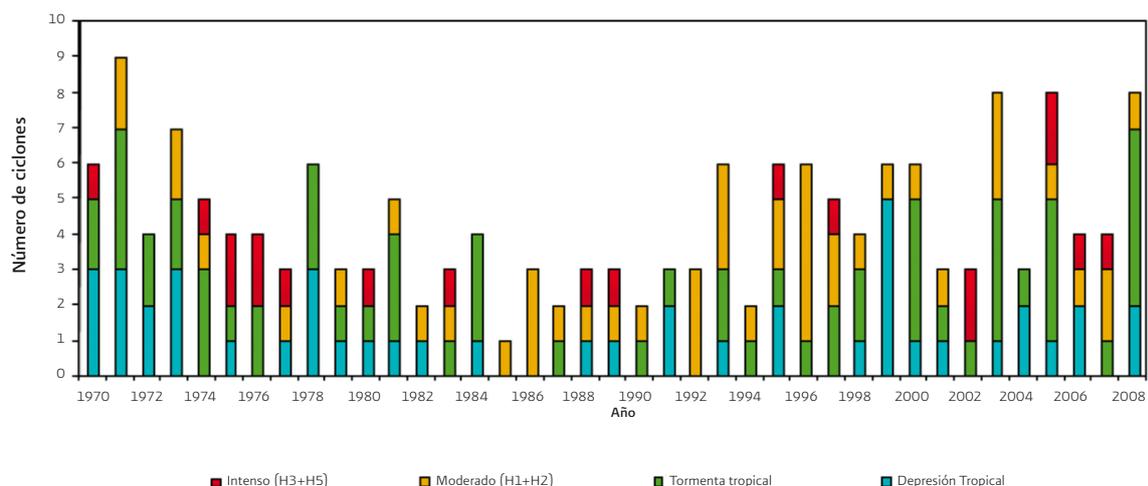
En materia de prevención de desastres se han alcanzado logros como la publicación e instrumentación del Programa Nacional de Protección Civil 2008-2012, que tiene como objetivo general "Aportar al desarrollo humano sustentable y contribuir al aumento perdurable de la seguridad de la sociedad, bajo una perspectiva de equidad y respeto pleno a los Derechos Humanos, mediante acciones y políticas de protección civil, que fomenten la cultura de la autoprotección como una forma de vida, potenciando las capacidades de los individuos y sus comunidades para disminuir los riesgos y resistir el impacto de los desastres a través de la comprensión de los fenómenos naturales, antropogénicos y la reducción de la vulnerabilidad, de tal forma que cada acción represente un cambio sustantivo en la previsión, prevención, atención y reconstrucción". La Secretaría de Gobernación (SEGOB) es la responsable de dar cumplimiento al Programa y para ello cuenta entre otros, con la Coordinación General de Protección Civil, el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), este último es el brazo técnico de la SEGOB, ya que realiza la investigación, monitoreo, capacitación y difusión en la materia (CENAPRED 2009).

Cuadro 1.4. Indicadores del Sistema Educativo Nacional, ciclo escolar 2008-2009.

Indicador	Valor
Escuelas (miles)	247.7
Matrícula (millones de alumnos)	33.7
Básica	25.6
Media superior	3.9
Superior	2.7
Capacitación para el trabajo	1.5
Escolaridad promedio (grados) <sup>1</sup>	8.7
Hombres	9.5
Mujeres	9.7
Zonas rurales	8.5
Zonas urbanas	10.1
Eficiencia terminal (%)	
Primaria	93.8
Secundaria	80.9
Media superior	60.1
Deserción (%)	
Primaria	1.1
Secundaria	6.8
Media superior	15.7
Gasto nacional por alumno (miles de pesos)	20.3

<sup>1</sup> Escolaridad promedio de la población mayor de quince años.  
Fuente: Elaboración propia con base a Presidencia de la República 2008, 2009; INEGI 2008a.

Figura I.19. Ciclones tropicales que han impactado en México entre 1970 y 2008.



Fuente: Elaboración propia con base a CONAGUA 2008 y 2009a.

## Bibliografía

- BANXICO. 2008. Informe anual 2007. Resumen. México, D.F. 13 pp. Disponible en: <http://www.banxico.gob.mx/polmoneinflacion/estadisticas/balanzaPagos/balanzaPagos.html>.
- CENAPRED. 2009. Informe de actividades 2008. México, D.F. 146 pp.
- CONABIO. 2008. Manglares de México. México, DF. 38 pp.
- CONAE-SENER. 2007. Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México, PROCALSOL 2007-2012. México, D.F. 100 pp.
- CONAGUA. 2008. *Estadísticas de agua en México, 2007*. México, D.F.
- . 2009a. Ciclones tropicales que impactaron a México de 1970 a 2008. México, D.F. 6 pp. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx>.
- CONAFOR. 2009. Taller sobre la evaluación de la deforestación. Disponible en: [www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx).
- CONAPO. 2006a. Indicadores demográficos, 2006-2012. México, D.F.
- . 2007. Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005. México, D.F.
- . 2008. *Programa Nacional de Población 2008-2012*. México, D.F. 103 pp.
- CONEVAL. 2009. Comunicado de prensa No. 006/09. Reporta CONEVAL cifras de pobreza por ingresos 2008. México, D.F. a 18 de julio de 2009. Disponible en: [www.coneval.gob.mx](http://www.coneval.gob.mx).
- IMTA-SEMARNAT. 2007. *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México*. Editor Polioptro F. Martínez Austria, México. 75 pp.
- . 2008. Actualización del padrón de expertos e instituciones científicas y técnicas en materia de variabilidad y cambio climático en México. Estudio realizado por la UNAM, UAM-A para el INE. México, D.F. 39 pp.
- INEGI. 2008a. México de un vistazo 2008. México, DF. 55 p. Disponible en: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- . 2009. Sistema de Cuentas Nacionales de México, 2009. INEGI, México.
- . 2009a. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG). Datos generales de México. Información Geográfica > Datos > Aspectos generales del territorio mexicano > Ubicación de México en el mundo. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx>.
- . 2009b. SNIEG. Datos generales de México. Información Geográfica > Datos > Aspectos generales del territorio mexicano > Extensión territorial. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx>.
- . 2009c. SNIEG. Datos generales de México. Información

- Geográfica > Datos > Aspectos generales del territorio mexicano > División por entidad federativa con base en el marco geoestadístico. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx>.
- . 2009d. Cuéntame de México. Sabías qué. Lo más y los menos del territorio mexicano.
- . 2009e. SNIEG. Uso de suelo. Disponible en: [http://mapserver.inegi.gob.mx/map/datos\\_basicos/uso\\_suelo/?s=geo&c=948](http://mapserver.inegi.gob.mx/map/datos_basicos/uso_suelo/?s=geo&c=948).
- . 2009f. SNIEG. Información estadística. Temas. Medio Ambiente. Ambiente Natural. Suelo. Superficie. Tipo de uso y vegetación-porcentaje-2002-nacional.
- . 2009g. SNIEG. Vegetación y fauna. Disponible en: [www.inegi/sistemanacionaldeinformaciónestadísticaygeografía/vegetación\\_y\\_fauna.htm](http://www.inegi/sistemanacionaldeinformaciónestadísticaygeografía/vegetación_y_fauna.htm).
- . 2009h. Numeralia. Disponible en: [www.inegi/INEGI/Numeralia.htm](http://www.inegi/INEGI/Numeralia.htm).
- . 2009i. Cuéntame de México. Población. Vivimos en hogares diferentes. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx>.
- . 2009j. SNIEG. Población Económicamente Activa. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx>.
- . 2009k. SNIEG. Información estadística > Fuente / Proyecto > Registros administrativos > Estadísticas económicas > Estadística de vehículos de motor registrados >. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx>.
- Magaña, R. V. O. 1999. Los impactos de El Niño en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM, Dirección General de Protección Civil, Secretaría de Gobernación, México. 229 pp.
- PEMEX. 2008. *Anuario estadístico 2008*. México, D.F. 76 pp.
- . 2009a. Primer informe trimestral, Artículo 71 (Párrafo primero) Ley de Petróleos Mexicanos, México, D.F. mayo de 2009. 49 pp. Disponible en: [www.pemex.gob.mx](http://www.pemex.gob.mx).
- . 2009b. *Anuario estadístico 2009*. México, D.F.
- . 2009c. Servicios médicos. Disponible en: [www.pemex.gob.mx](http://www.pemex.gob.mx).
- PNUD, 2007. Informe sobre desarrollo humano México 2006-2007. México, DF. 216 pp. Disponible en: <http://www.undp.org.mx/DesarrolloHumano/informes/index.html>.
- . 2009. 2008 Statistical Update, Mexico: The Human Development Index - going beyond income. Disponible en: <http://www.pnud.org.mx>.
- Presidencia de la República. 2008. Segundo Informe de Gobierno. Presidencia de la República, México.
- . 2009. *Tercer Informe de Gobierno*. Presidencia de la República, México.
- Sarukhán, J. et al. 2009. *Capital Natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- SE. 2009. Mensaje del Presidente Felipe Calderón Hinojosa durante la clausura del VII Congreso Internacional de la Industria Automotriz en México. México, D.F., a 15 de Julio de 2009. Disponible en: <http://www.economia.gob.mx/pics/p/p2/150709-MensajePCalderon-Autos.pdf>.
- SECTUR. 2008. Resultados de la actividad turística, enero-diciembre 2008. México, D.F. 30 pp.
- . 2009. Resultados de la actividad turística, enero-mayo 2009. México, D.F. 30 pp.
- SEMARNAT, 2008. *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales*. Edición 2008. SEMARNAT, México. 358 pp.
- . 2009a. Sistema Nacional de Información (SNIARN). Disponible en: [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx).
- . 2009b. Arrecifes de coral. Disponible en: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_04/04\\_biodiversidad/recuadros/c\\_rec5\\_04.htm](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/04_biodiversidad/recuadros/c_rec5_04.htm).
- . 2009c. Reportes de blanqueamiento de corales. Disponible en: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/cd\\_compendio08/compendio\\_2008/compendio\\_2008/10.100.8.236\\_8080/archivos/03\\_Dimension\\_ambiental/03\\_Biodiversidad/D3\\_BIODIV03\\_13.pdf](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/cd_compendio08/compendio_2008/compendio_2008/10.100.8.236_8080/archivos/03_Dimension_ambiental/03_Biodiversidad/D3_BIODIV03_13.pdf).
- SEMARNAT-IMTA 2008. *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México*. Volumen II. Editores Polioptro F. Martínez Austria y Ariosto Aguilar Chávez. México, DF. 118 pp.
- SENER. 2006. Energías renovables para el desarrollo sustentable en México. México, D.F. 91 pp.
- . 2008a. *Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017*. México, DF. 230 pp.
- . 2008b. *Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía*. México, D.F. 33 pp.
- . 2008c. *Prospectivas de petrolíferos 2008-2017*. México, D.F. 198 pp.
- . 2009a. Las reservas de hidrocarburos de México: 1 de enero de 2009. México, D.F. 152 pp.

- . 2009b. Tercer informe de labores. México, D.F. 145 pp.
- . 2009c. Balance Nacional de Energía, 2008. México, D.F. 140 pp.
- SEP. 2009. Educación Superior Pública. Disponible en: [www.ses.sep.gob.mx](http://www.ses.sep.gob.mx).
- SHCP. 2009a. Propuesta de Programa Económico 2010. Comunicado de Prensa 047/2009. México, D.F., 8 de septiembre de 2009. Disponible en: [http://www.hacienda.gob.mx/comunicados\\_principal/comunicado\\_047\\_2009.pdf](http://www.hacienda.gob.mx/comunicados_principal/comunicado_047_2009.pdf).
- . 2009b. La economía mexicana. Presentación de la SHCP en el Foro IMEF 2009 Grupo Monterrey realizada en Monterrey, Nuevo León, el 3 de junio de 2009.
- SMN. 2009a. Temperaturas media, máxima y mínima, 1971-2007.
- . 2009b. Comunicado del 16 de julio de 2009. Llega "El Niño"; se estima que continuará durante el invierno de 2009-10. México, D.F. 2 pp.
- . 2009c. Comunicado del 4 de agosto de 2009. El mes de julio de 2009, segundo más seco del periodo 1941-2009. México, D.F. 3 pp.
- . 2009d. Monitor de sequía para Norteamérica, julio de 2009. Disponible en: [www.smn.conagua.gob.mx/sequia0709](http://www.smn.conagua.gob.mx/sequia0709).
- SS. 2009. Secretaría de Salud. Presentación: Situación actual de la epidemia de influenza AH1N1. México, DF. A 08 de septiembre de 2009.
- UNAM. 1990. *Atlas nacional de México*. Instituto de Geografía. México.
- . 2009. Boletín UNAM-DGCS-548. Registran regiones costeras del país algunas de las más altas cifras de crecimiento poblacional. Ciudad Universitaria, México, D.F. 16 de septiembre de 2009.



# II. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

## 2.1 Introducción

El presente Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) comprende las estimaciones de las emisiones por fuentes y sumideros para el periodo 1990-2006. Se realiza conforme a lo establecido en los artículos 4 y 12 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y en las directrices para la preparación de comunicaciones nacionales de las Partes no-Anexo I de la CMNUCC, adoptadas en la decisión 17/CP.8 (CMNUCC 2003), que señalan que las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención, transmitirán a la Conferencia de las Partes, por conducto del Secretariado y de conformidad con lo estipulado en el inciso (a) del párrafo 1 del artículo 4 de la Convención, “elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes”. Los cálculos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) aquí informados, se realizaron para las seis categorías de emisión definidas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC): Energía [1], Procesos Industriales [2], Solventes [3], Agricul-

tura [4], Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS) [5] y Desechos [6].

El INEGEI 1990-2006 informa sobre los seis GEI incluidos en el Anexo A del Protocolo de Kioto: bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

Las emisiones en este inventario se contabilizan por cada GEI y también en unidades de  $\text{CO}_2$  equivalente ( $\text{CO}_2$  eq), las cuales se estiman al multiplicar la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global para un horizonte de 100 años.<sup>1</sup> Las emisiones de GEI expresadas en estas unidades, nos permite compararlas entre sí y medir la contribución de cada fuente al total de emisiones del inventario.

Las cifras de emisiones de GEI publicadas en la *Tercera Comunicación Nacional ante la CMNUCC*, presentada en 2006, se recalcularon para el presente inventario, considerando información actualizada, como es el caso de los datos utilizados para estimar las emisiones de la categoría de USCUSS; para las subcategorías de ganadería y disposición de residuos sólidos en suelos se aplicaron factores de emisión obtenidos para México a partir de estudios propios, lo que refleja mejor la situa-

---

<sup>1</sup> En este inventario se utilizaron los potenciales de calentamiento publicados en el Segundo Informe de Evaluación del PICC, ya que éstos siguen siendo usados por la CMNUCC. Los potenciales de calentamiento son:  $\text{CO}_2=1$ ,  $\text{CH}_4=21$ , y  $\text{N}_2\text{O}=310$ .

ción nacional, y para la categoría de energía se usaron factores de emisión del PICC acordes al tipo de tecnología presente en México (INE, 2006). Las cifras del INEGEI 1990-2006 sustituyen los valores publicados previamente. La estimación de las emisiones y la posterior integración de los informes de cada categoría de emisión fue posible gracias a la comprometida labor de especialistas de las siguientes instituciones: Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO-UNAM); Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR); Colegio de Postgraduados (COLPOS); Instituto de Ingeniería (II-UNAM); Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE); Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); Comisión Nacional Forestal (CONAFOR); y el Instituto Nacional de Ecología (INE) que coordinó, revisó e integró el trabajo de los especialistas.

## 2.2 Arreglos institucionales

Una de las recomendaciones de la CMNUCC para la preparación de inventarios nacionales de emisiones de GEI, es que las Partes no incluidas en el Anexo I describan los procedimientos y arreglos adoptados con el fin de reunir y archivar los datos para la preparación de sus inventarios nacionales de emisiones de GEI, así como las medidas tomadas para que éste sea un proceso continuo, y a que incluyan información sobre la función de las instituciones participantes.

El Gobierno de México tiene establecidas funciones y responsabilidades para cumplir con los compromisos que marca la CMNUCC. La SEMARNAT en su Reglamento Interior publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 29 de noviembre de 2006, en su artículo 110 fracción XLIX, establece como atribución del INE “promover y coordinar estudios para la actualización, mejoramiento y sistematización permanente del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero”.

La SEMARNAT, a través de la Coordinación del Programa de Cambio Climático del INE, estableció una estructura de trabajo y acuerdos institucionales hacia el interior y con otras Secretarías de Estado e instituciones

de investigación públicas y privadas para el desarrollo del INEGEI 1990-2006.

Con base en la experiencia obtenida a partir de los inventarios anteriores, el INE convocó a una serie de expertos, tanto independientes como provenientes de instituciones de reconocida trayectoria en el tema de cambio climático y desarrollo de inventarios de emisiones, para que participaran en la preparación del INEGEI 1990-2006. Los expertos asumieron las funciones descritas en la Figura II.1; de esta manera, la Coordinación del Programa de Cambio Climático logró mantener una estructura similar a la que se había adoptado en inventarios anteriores.

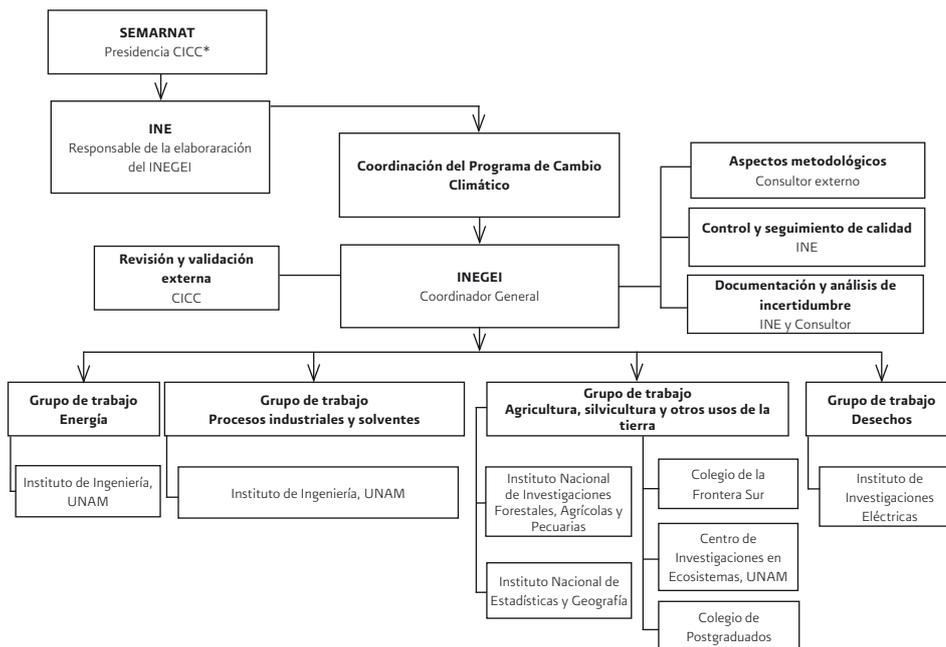
En este inventario, a diferencia del anterior, las emisiones de GEI generadas a partir de agricultura, y uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS) fueron estimadas de manera conjunta por expertos de ambas categorías, quienes además colaboran en la realización de la propuesta mexicana sobre el esquema de Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación Forestal (REDD). También participaron directamente un mayor número de instituciones tanto en la provisión de datos e información como en la estimación de las emisiones. La colaboración recibida de las siguientes instituciones y organizaciones facilitó la recolección de datos, la revisión y la validación externa del INEGEI 1990-2006 (Cuadro II.1).

## 2.3 Descripción del proceso de preparación del inventario

La preparación del INEGEI 1990-2006, se realizó en cinco fases: 1) inicio, 2) desarrollo, 3) compilación, 4) generación de informe y 5) revisión y publicación.

- Inicio. Reunión de expertos, plan de trabajo y metodologías a seguir
- Desarrollo. Estimación de emisiones por categoría
- Compilación. Control de calidad de los informes y cálculo de las series de tiempo

Figura II.1 Estructura de los acuerdos institucionales para la elaboración del INEGEI 1990-2006.



\* Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, CICC.

- Generación de informe. Integración de un informe final en el formato preparado previamente
- Revisión y publicación. Revisión externa y versión final del inventario para publicación

## 2.4 Panorama general

Las emisiones de GEI para 2006 en unidades de CO<sub>2</sub> equivalente, se estimaron en 709,005.3 Gg<sup>2</sup> tomando en cuenta los seis gases enunciados en el anexo A del Protocolo de Kioto. Esto representa un incremento del 40% respecto al año base 1990.

En la figura II.2 se resume la contribución por categoría de emisión (lado izquierdo) y por gas (lado derecho).

La contribución en el 2006 de las emisiones de los GEI de las diferentes categorías en términos de CO<sub>2</sub> equivalente es la siguiente: la categoría de energía representó

el 60.7% de las emisiones con 430,097 Gg; le siguen las categorías de desechos con 14.1% (99,627.5 Gg), USCUS con 9.9% (70,202.8 Gg), procesos industriales con 9% (63,526 Gg) y agricultura con el 6.4% (45,552.1 Gg) (Cuadro II.2).

La categoría de energía sigue siendo la fuente principal de emisiones, seguida de la categoría de desechos, que aumenta su participación con respecto al tercer Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 2002, que la convierte en 2006 en la segunda fuente de emisiones del país; USCUS y Procesos Industriales aumentan en menor medida, y agricultura disminuye su participación.

Las emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq. por gas son: CO<sub>2</sub>, 492,862.2 Gg (69.5%); CH<sub>4</sub>, 185,390.9 Gg (26.1%); N<sub>2</sub>O, 20,511.7 Gg (2.9%); y el restante 1.4% se compone por 9,586.4 Gg de los HFCs, y 654.1 Gg del SF<sub>6</sub>. Durante 2003 se deja de producir aluminio en el país por lo que las emisiones de los PFCs son nulas a partir de 2004.

<sup>2</sup> Un gigagramo (Gg) equivale a mil toneladas. La cifra de 709,005.3 Gg equivale entonces a 709 millones de toneladas (véase potenciales de calentamiento en anexo).

Cuadro II.1 Colaboración institucional y empresarial por categoría de emisión

Instituciones y empresas	Categorías de emisión
Secretaría de Energía (SENER)	Energía
Comisión Federal de Electricidad (CFE) Servicio Geológico Mexicano DUPONT México Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) Secretaría de Economía (SE) Quimobásicos S.A. de C.V.	Procesos Industriales y Solventes
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) Comisión Nacional para la Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Secretaría de la Reforma Agraria (SRA)	Agricultura y USCUS
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Desechos

## 2.5 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por gas

### 2.5.1 Emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron de 492,862.2 Gg en 2006, con una contribución del 69.5% al total del inventario y con un incremento de 27% con respecto a 1990. Las emisiones de CO<sub>2</sub> en el país provienen principalmente por la quema de combustibles fósiles, USCUS y procesos industriales.

Los sectores con mayor contribución porcentual de emisiones de CO<sub>2</sub> en el 2006 son: transporte con 27.2%, generación eléctrica con 22.8%, manufactura y construcción con 11.5%, consumo propio de la industria energética con 7.4%, tierras agrícolas con 7.3% y otros (residencial, comercial y agropecuario) con 6.2%.

Como puede observarse, cinco de las fuentes de emisión pertenecen al consumo de combustibles fósiles (1A) de la categoría energía; éstas aportan el 75.1% del total de CO<sub>2</sub> del inventario.

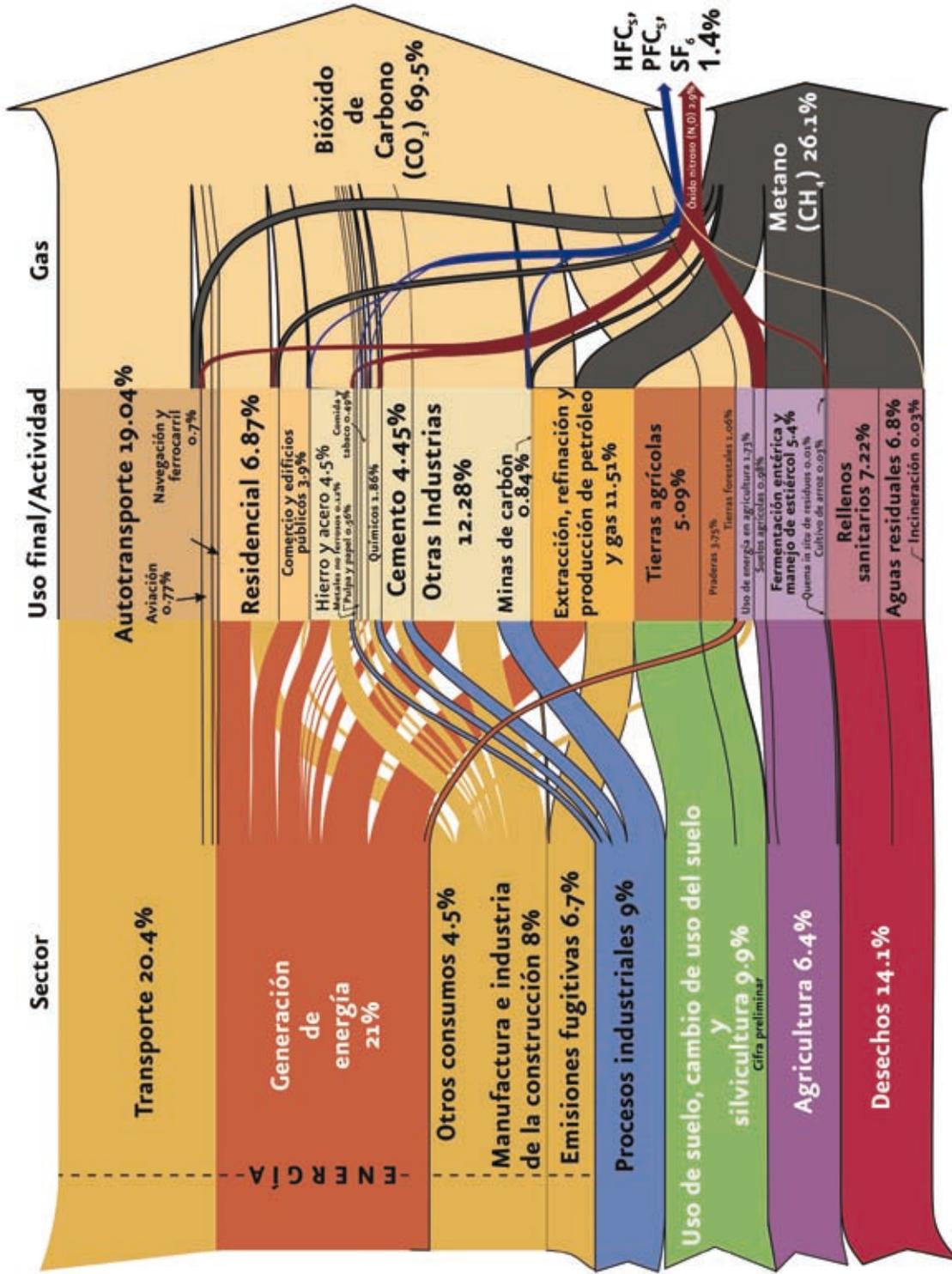
### 2.5.2 Emisiones de metano (CH<sub>4</sub>)

En 2006, las emisiones de CH<sub>4</sub> fueron de 8,828.1 Gg, lo que representa un incremento de 73.7% con respecto a 1990. Las principales fuentes de emisión corresponden a las categorías de desechos, energía y agricultura.

Los sectores con mayor contribución porcentual de emisiones de CH<sub>4</sub> en el 2006 son: disposición de residuos sólidos en suelo con 27.6%, manejo y tratamiento de aguas residuales con 24.9%, emisiones fugitivas por petróleo y gas con 24.3% y fermentación entérica con 20.1%. Juntas representan el 96.9% de las emisiones de CH<sub>4</sub> del inventario.

Las emisiones por disposición de residuos sólidos y las provenientes del manejo y tratamiento de aguas residuales tuvieron incrementos significativos entre 1990 y 2006, con 198.4% y 215.5%, respectivamente; originados por el impulso al mejor manejo de los residuos sólidos, en particular por la disposición en rellenos sanitarios, donde los procesos anaeróbicos son más eficientes que en tiraderos a cielo abierto; y por el incremento en el tratamiento de aguas residuales en nuestro país. Actualmente México realiza acciones para mitigar las

Figura II. 2 Diagrama de emisiones de GEI para México



Elaborado por la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la SEMARNAT con información del INE.

Cuadro II.2 Emisiones de GEI por fuente y gas en unidades de CO<sub>2</sub> eq., 2006

Categoría de emisión	2006						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>492,862.2</b>	<b>185,390.9</b>	<b>20,511.7</b>	<b>9,586.4</b>	<b>0.0</b>	<b>654.1</b>	<b>709,005.3</b>
<b>Energía</b>	<b>370,039.7</b>	<b>49,112.0</b>	<b>10,945.5</b>				<b>430,097.2</b>
Consumo de combustibles fósiles (Método sectorial)	370,039.7	1,717.0	10,945.5				382,702.1
Industria generadora de energía	148,792.9	134.5	209.8				149,137.2
Manufactura e industria de la construcción	56,552.3	83.8	196.0				56,832.2
Transporte	134,126.4	419.5	10,145.0				144,690.8
Otros sectores	30,568.1	1,079.2	394.7				32,042.0
Emisiones fugitivas	0.0	47,395.1	0.0				47,395.1
Combustibles sólidos	0.0	2,410.3	0.0				2,410.3
Petróleo y gas natural	0.0	44,984.7	0.0				44,984.7
<b>Procesos industriales</b>	<b>52,847.0</b>	<b>77.4</b>	<b>360.8</b>	<b>9,586.4</b>	<b>0.0</b>	<b>654.1</b>	<b>63,525.7</b>
Productos minerales	37,882.4	0.0	0.0				37,882.4
Industria química	2,846.4	77.4	360.8	0.0	0.0	0.0	3,284.5
Producción de metales	12,118.2	0.0	0.0		0.0	0.0	12,118.2
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				3,570.3	0.0	0.0	3,570.3
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				6,016.1	0.0	654.1	6,670.2
<b>Agricultura</b>		<b>38,567.1</b>	<b>6,985.0</b>				<b>45,552.1</b>
Fermentación entérica		37,181.0					37,181.0
Manejo de estiércol		1,168.8	6.2				1,175.0
Cultivo de arroz		178.5					178.5
Suelos agrícolas		0.0	6,969.4				6,969.4
Quemas programadas de suelos		0.0	0.0				0.0
Quemas in situ de residuos agrícolas		38.8	9.5				48.3
<b>Cambio de uso de suelo y silvicultura</b>	<b>69,777.6</b>	<b>257.4</b>	<b>167.7</b>				<b>70,202.8</b>
Tierras agrícolas	36,112.2						36,112.2
Tierras forestales	7,175.4	228.5	128.8				7,532.6
Praderas	26,490.0	28.9	39.0				26,557.9
Humedales							0.0

Cuadro II.2 Continúa

Categoría de emisión	2006						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq
Asentamientos							0.0
<b>Desechos</b>	<b>197.8</b>	<b>97,377.0</b>	<b>2,052.6</b>				<b>99,627.5</b>
Disposición de residuos sólidos en suelo	0.0	51,193.0					51,193.0
Manejo y tratamiento de aguas residuales		46,184.1	2,043.7				48,227.8
Incineración de residuos	197.8	0.0	8.9				206.8
<b>Combustibles del transporte internacional aéreo y marítimo</b>	<b>3,624.4</b>	<b>9.7</b>	<b>30.2</b>				<b>3,664.2</b>
Aviación internacional	3,522.9	9.5	29.9				3,562.3
Marítimo internacional	101.5	0.1	0.3				101.9
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de biomasa</b>	<b>37,433.1</b>						<b>37,433.1</b>

emisiones de CH<sub>4</sub> (véase Capítulo V).

### 2.5.3 Emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

En 2006, las emisiones de N<sub>2</sub>O fueron de 66.2 Gg, lo que representa un incremento de 86.7% con respecto a 1990. La principal contribución proviene del transporte con 49.5%, suelos agrícolas con 34%, y manejo y tratamiento de aguas residuales con 10%; en conjunto representan el 93.5% de las emisiones de N<sub>2</sub>O en 2006.

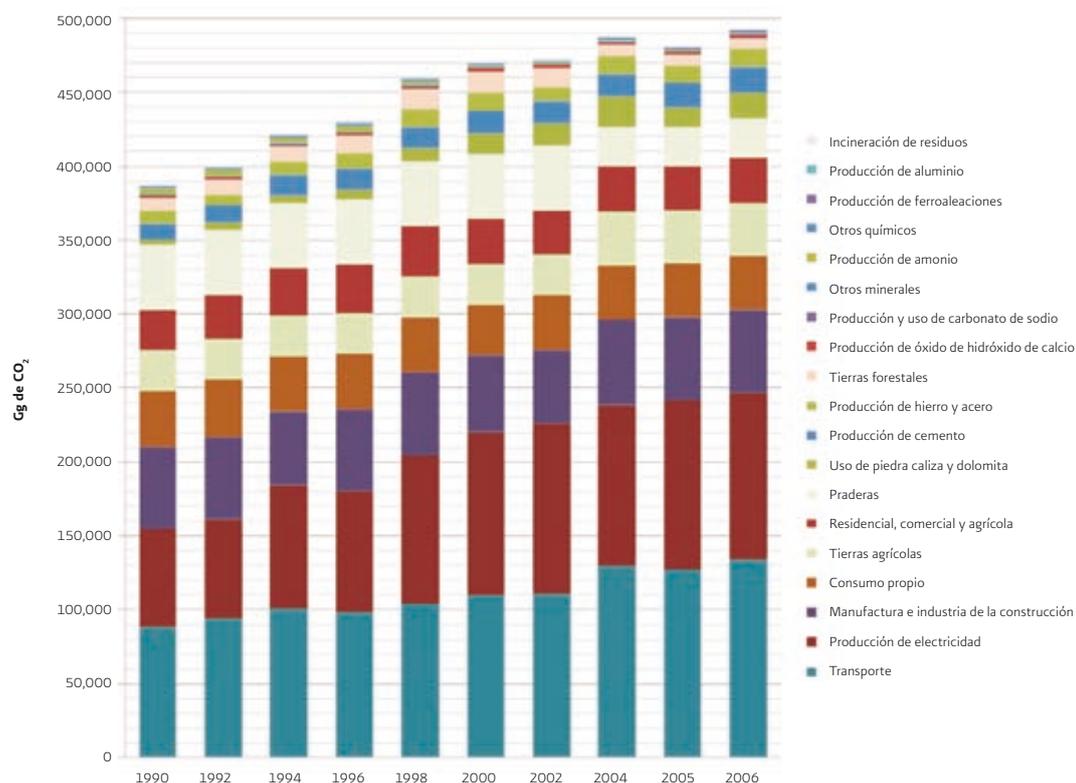
El incremento en las emisiones de N<sub>2</sub>O del transporte se puede atribuir al aumento en el parque vehicular nacional, al incremento en el consumo de combustible y a un mayor uso de convertidores catalíticos como parte del equipamiento de los modelos más recientes. El uso de convertidores catalíticos reduce las emisiones de contaminantes locales de los automotores, en aproximadamente un promedio de 95 % en el caso del monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos libres y 75 % en el caso de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), emisiones perjudiciales para la salud de la población a nivel local.

### 2.5.4 Emisiones de hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y de hexafluoruro de azufre (HFCs, PFCs y SF<sub>6</sub>)

Las emisiones de HFCs provienen de los equipos de refrigeración y aire acondicionado que contienen esta familia de gases como agente refrigerante. En 2006 las emisiones de clorofluorocarbonos (HFCs)<sup>3</sup> totalizaron 9,586.4 Gg en unidades de CO<sub>2</sub> eq, lo que representa un incremento de 1,236% con respecto a 1990. Dicho incremento es reflejo de un mayor uso de HFCs en refrigeradores y aires acondicionados de industrias, viviendas y automóviles, en sustitución de los CFCs controlados por el Protocolo de Montreal y cuyo uso está restringido en el mundo. Los gases que más aportaron a las emisiones de HFCs en 2006 son: HFC-134a con 47.6% y HFC-23 con 37.4%, lo que en conjunto representa el 85% de éstas. Las emisiones de HFCs son

<sup>3</sup> El Protocolo de Montreal controla y restringe el uso mundial de los clorofluorocarbonos (CFCs). Los CFCs son sustancias químicas que destruyen la capa de ozono.

Figura II. 3 Emisiones por sector en Gg de CO<sub>2</sub>, 1990-2006



potenciales, ya que estos gases están contenidos en los equipos y se liberarían únicamente en el caso de fugas o una mala disposición al final de su vida útil. “Con el propósito de disminuir la producción y consumo de hidrofluorocarbonos (HFC), utilizados en los rubros farmacéutico, refrigeración doméstica y aires acondicionados móviles; México, Estados Unidos y Canadá elaboraron una enmienda al Protocolo de Montreal, que busca reducir las emisiones de GEI a la atmósfera, a través de la adopción de calendarios de eliminación de HFC. La propuesta sugiere que los países desarrollados inicien su calendario de eliminación de producción y consumo de HFC en el año 2013, para llegar a una reducción de 85 por ciento de GEI en el año 2033; mientras que las naciones en desarrollo disminuyan el mismo porcentaje de gases, pero que empiecen en 2016 y concluyan en

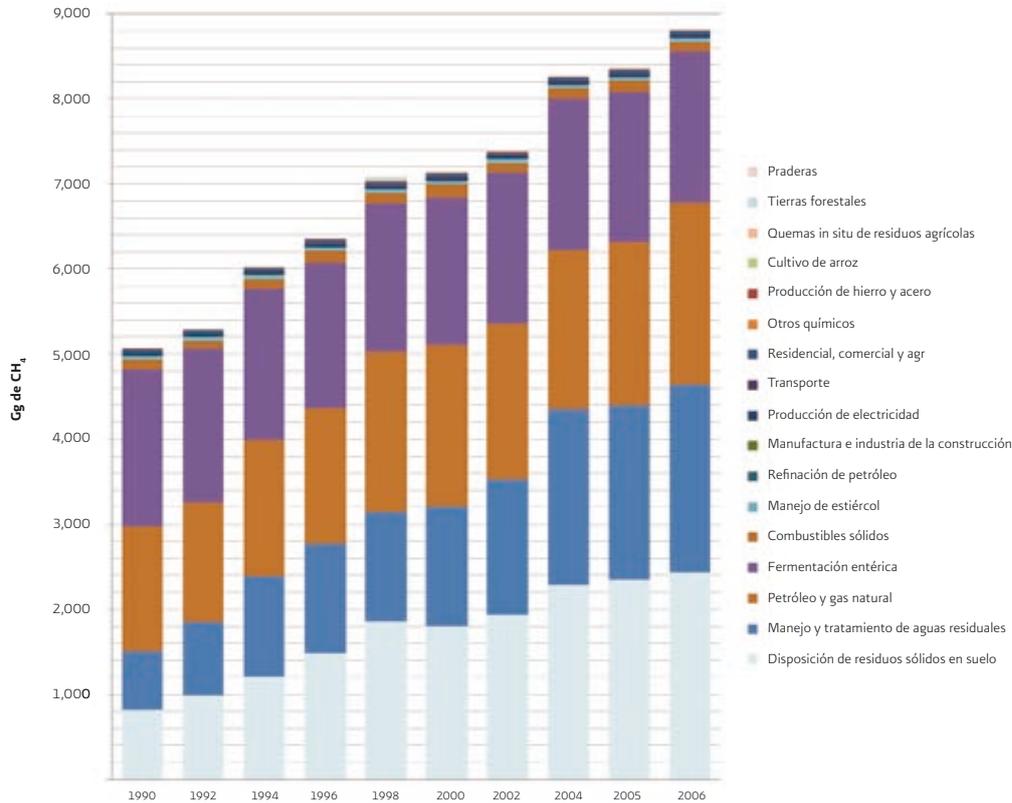
2043” (Presidencia 2009).<sup>4</sup>

Las emisiones de perfluorocarbonos (PFCs), en la forma de CF<sub>4</sub> y C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, provienen de la producción de aluminio catalogada dentro de la categoría Procesos Industriales. Las emisiones de PFCs fueron de 161.3 Gg en unidades de CO<sub>2</sub> eq. en 2003. A partir de 2004 se cierra la última planta y con ello se deja de producir aluminio en el país.

Las emisiones de SF<sub>6</sub> se originan como emisiones potenciales en equipos y circuitos eléctricos que contienen este gas como agente dieléctrico (aislante). Para el periodo 1990-2006 se estimaron las emisiones de SF<sub>6</sub> con base en el inventario de equipos eléctricos de CFE que contenían este gas. En 2006, las emisiones fueron de 654.1 Gg en unidades de CO<sub>2</sub> eq, lo que representa un incremento del

<sup>4</sup> Comunicado de prensa 122/09, 4 de octubre de 2009. <http://www.presidencia.gob.mx/prensa/?contenido=49120>.

Figura II. 4 Emisiones de CH<sub>4</sub> en Gg 1990-2006



90% con respecto a las emisiones de 1990. Estas cifras se basan en supuestos de emisiones potenciales que un equipo puede liberar año con año a lo largo de su vida útil.

## 2.6 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Categoría

### 2.6.1 Energía

La categoría de Energía (1) contempla las emisiones que son resultado de la producción, transformación, manejo y consumo de productos energéticos. La categoría se subdivide en consumo de combustibles fósiles y en emisiones fugitivas (Cuadro II.3).

En la subcategoría de Consumo de combustibles fósiles (1A) se estiman emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y

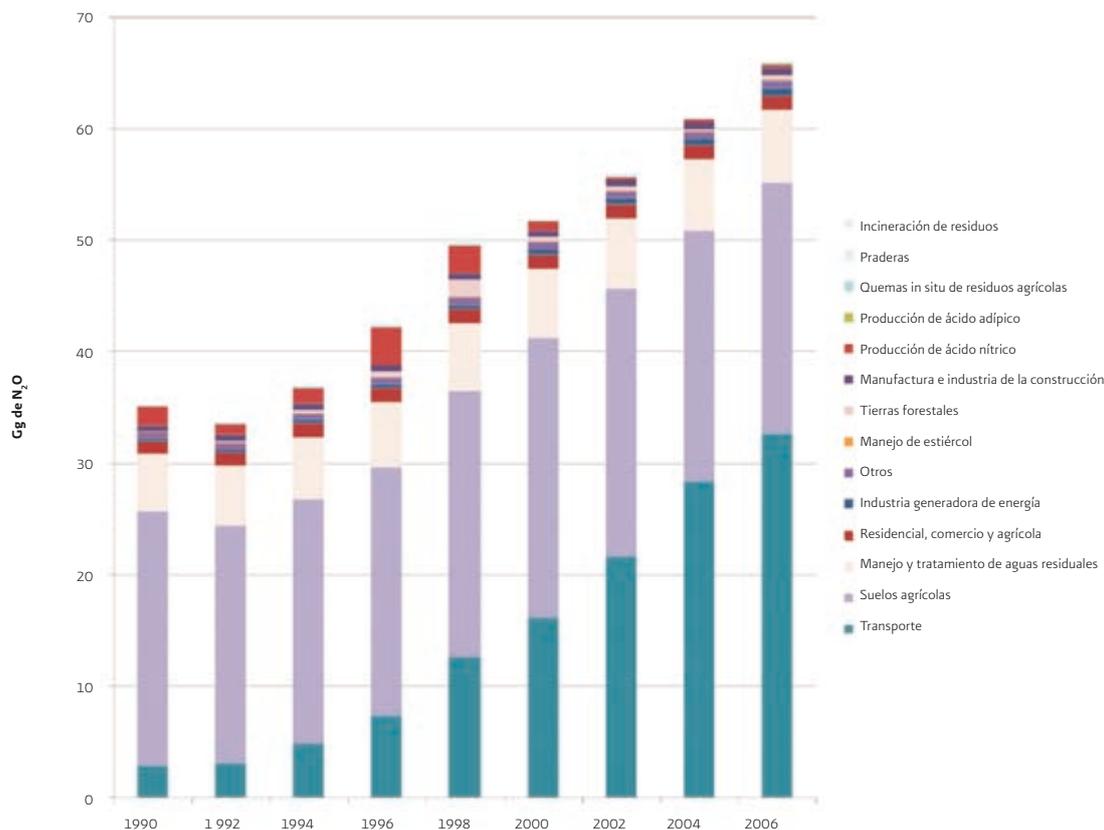
otros gases denominados precursores de ozono que son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles diferentes de metano (COVDM) y bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Las emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> dependen del contenido de carbono y azufre en el combustible. Los otros gases dependen de las condiciones de combustión y la tecnología.

En la subcategoría de Emisiones fugitivas (1B) se estiman emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes del minado y manejo del carbón, y por las actividades del petróleo y gas natural; para estas últimas también se estiman las emisiones de gases precursores de ozono.

En 2006, las emisiones de GEI para esta categoría, expresadas en CO<sub>2</sub> eq, registraron un aumento de 38% con respecto al año base (1990), es decir pasaron de 311,195 Gg a 430,097 Gg, a una tasa media de crecimiento anual de 2.0% (Cuadro II.4).

En 2006, la principal emisión de la categoría de

Figura II. 5 Emisiones de N<sub>2</sub>O en Gg, 1990-2006



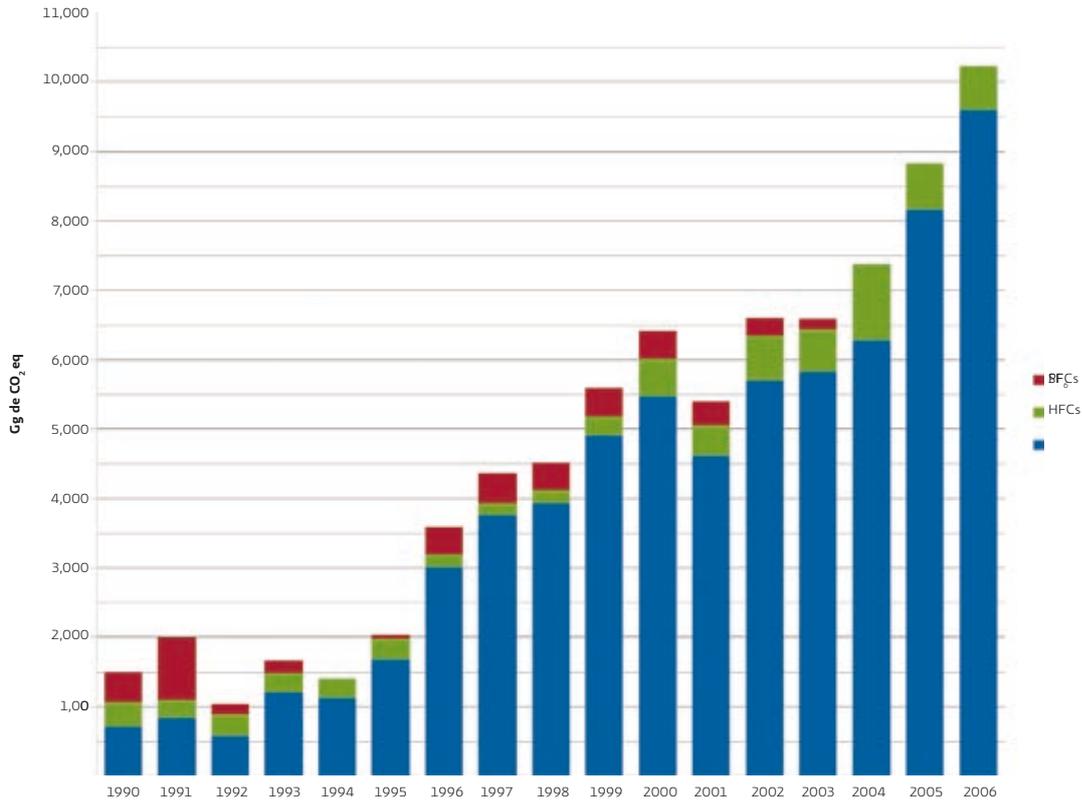
Energía fue el CO<sub>2</sub>, que contribuyó con 86% (370,040 Gg) del total, seguido por las emisiones de CH<sub>4</sub> con 11% (49,112 Gg en CO<sub>2</sub> eq) y N<sub>2</sub>O con 3% (10,946 Gg en CO<sub>2</sub> eq) (Cuadro II.5). Las emisiones de CO<sub>2</sub> se generan por la quema de combustibles fósiles y las emisiones de CH<sub>4</sub> principalmente por la producción de petróleo y gas como emisiones fugitivas. Las emisiones de N<sub>2</sub>O se generan principalmente por el consumo de combustibles fósiles en el autotransporte.

La Figura II.7 y Cuadro II.6 muestran el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> por combustible. Como puede observarse, el consumo de gasolina y gas natural representan la mayor contribución a las emisiones de esta categoría en 2006, con el 26% (98,895.3 Gg) y 25% (96,730.8 Gg), respectivamente; seguido por el diesel y combustóleo que aportan el 14% (51,740.7 Gg) y 13% (50,916.6 Gg), respectivamente. Entre 1990 y

2006 las emisiones de CO<sub>2</sub> por gas natural se incrementaron en 85.8%, mientras que las relacionadas al consumo de carbón se incrementaron en 317%; y las de coque de petróleo, combustible del cual se informó por primera vez en el Balance Nacional de Energía de 2002, crecieron en 363% para 2006. El uso del combustóleo se redujo en 40% y las querosinas en 15.8% en el mismo periodo.

Los grandes cambios en la estructura del consumo de combustibles (Figura II.8 y Cuadro II.7) ocurrieron en el sector de las industrias energéticas (consumo propio y generación eléctrica) donde aumentó el uso de carbón y gas natural, y disminuyó el de combustóleo. En manufactura y construcción, aumentó el consumo de coque de carbón y de petróleo, y el consumo de bagazo. En el transporte, aún cuando no hubo grandes cambios en la estructura de los combustibles, disminu-

Figura II. 6 Emisiones de HFCs, PFCs y SF<sub>6</sub> en equivalentes de CO<sub>2</sub>, 1990-2006



Cuadro II.3 Subcategorías de energía

1A Consumo de combustibles fósiles	1A1 Industrias energéticas (generación eléctrica y consumo propio) 1A2 Manufactura e industria de la construcción 1A3 Transporte 1A4 Otros (Comercial, residencial y agricultura)
1B Emisiones fugitivas de metano	1B1 Por el minado y manejo del carbón 1B2 Por las actividades del petróleo y gas natural

yó ligeramente la proporción del uso de gasolinas, aumentando el GLP y el diesel. Finalmente en los sectores residencial, comercial y agropecuario aumentó ligeramente la proporción del uso de GLP y del diesel.

Para el año 2006 las emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq. generadas en la categoría de energía provinieron de la industria de la energía (1A1), que contribuyó con el 35% (149,137 Gg), seguida por transporte con 34% (144,691 Gg), manufactura e

industria de la construcción con 13% (56,832 Gg), emisiones fugitivas con 11% (47,395 Gg), y otros sectores (residencial, comercial y agropecuario) con 7% (32,042 Gg).

A nivel de subcategoría, las emisiones correspondientes al consumo de combustibles fósiles presentan variación en su contribución relativa en 2006 con respecto a 1990 (Figura II.9). Por ejemplo, la contribución del transporte aumentó de 32% (89,149 Gg) a 38% (144,690.8

Cuadro II.4 Emisiones de GEI de la categoría Energía en CO<sub>2</sub> eq (Gg)

Categoría y subcategorías	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>1 Energía</b>	311,195	319,626	319,940	319,630	343,439	325,910	346,922	355,782	380,358
1A Consumo de Combustibles fósiles	278,265	287,655	288,621	286,077	307,388	290,235	310,513	318,652	338,277
1B Emisiones fugitivas de combustibles	32,930	31,970	31,319	33,553	36,051	35,675	36,410	37,130	42,080
Categoría y subcategorías	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
<b>1 Energía</b>	371,488	387,332	383,667	392,674	402,804	417,526	418,971	430,097	
1A Consumo de combustibles fósiles	329,150	344,334	342,474	351,972	360,135	375,607	375,916	382,702	
1B Emisiones fugitivas de combustibles	42,338	42,998	41,193	40,702	42,669	41,919	43,056	47,395	

Cuadro II.5 Emisiones de GEI de la categoría Energía por tipo de gas en CO<sub>2</sub> eq (Gg)

Gas	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
CO <sub>2</sub>	275,257	284,511	285,460	282,606	303,605	286,257	305,903	313,278	332,001
CH <sub>4</sub>	34,456	33,551	32,909	35,153	37,667	37,282	38,030	38,757	43,722
N <sub>2</sub> O	1,483	1,564	1,571	1,870	2,167	2,371	2,989	3,747	4,635
Total	311,195	319,626	319,940	319,630	343,439	325,910	346,922	355,782	380,358
Gas	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
CO <sub>2</sub>	322,497	336,954	334,139	342,827	350,486	364,316	364,249	370,040	
CH <sub>4</sub>	43,970	44,645	42,832	42,352	44,334	43,639	44,750	49,112	
N <sub>2</sub> O	5,021	5,733	6,696	7,495	7,984	9,571	9,973	10,946	
Total	371,488	387,332	383,667	392,674	402,804	417,526	418,971	430,097	

Gg), mientras que en la industria de la energía, la contribución de la generación eléctrica aumentó de 24% (66,799.6 Gg) a 29% (112,457.8 Gg). Por otra parte, se reduce la participación de las emisiones provenientes de la manufactura e industria de la construcción de 20% (56,003.5 Gg) a 15% (56,832.2 Gg), la de otros sectores de 10% (28,406.5 Gg) a 8% (32,042Gg), y las de consumo propio dentro de la industria de la energía de 14% (37,905.9 Gg) a 10% (36,679.3 Gg).

### Industria de la energía

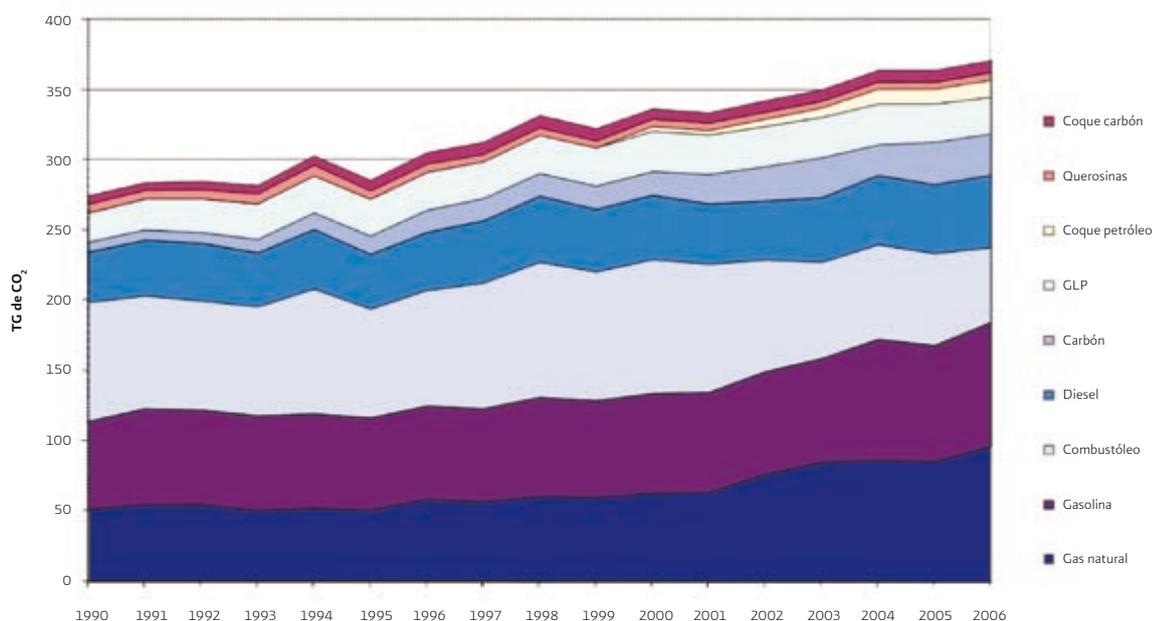
La subcategoría de la Industria de la Energía está conformada por la generación de electricidad y el consumo propio, que se refiere a la energía primaria y secundaria que el propio sector energético (PEMEX y CFE) utiliza para el funcionamiento de sus instalaciones.

Las emisiones por la generación de electricidad aumentaron un 68% con respecto a 1990, de 66,800 a 112,458 Gg en unidades de CO<sub>2</sub> eq. En este sector, en el 2006 las emisiones generadas por el uso de combustibles fueron las siguientes: el gas natural con 39% (43,423.7 Gg), el com-

CUADRO II.6 EMISIONES EN CO<sub>2</sub> eq POR COMBUSTIBLE (Gg)

	1990	2006	Cambio porcentual
Carbón	7,088.8	29,559.4	317.0%
Coque carbón	6,130.0	8,569.9	39.8%
Coque petróleo	0.0	12,854.2	
GLP	20,711.9	26,398.5	27.5%
Gasolinas	63,589.7	98,895.3	55.5%
Querosinas	6,554.5	5,515.8	-15.8%
Diesel	35,748.3	51,740.7	44.7%
Combustóleo	84,962.5	50,916.6	-40.1%
Gas natural	52,074.0	96,730.8	85.8%
Leña	1,268.8	1,344.8	6.0%
Bagazo	136.3	176.2	29.3%
Total	278,264.7	382,702.1	37.5%

Figura II.7 Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de combustibles fósiles 1990-2006



bustóleo con 34% (38,415.8 Gg), el carbón con 26% (29,559.4 Gg), y el 1% (1,059 Gg) restante de diesel.

De acuerdo con información de CFE (1997, 2007), la capacidad instalada y la generación bruta de todo el Sistema Eléctrico Nacional se incrementaron en 93% y 97%, respectivamente, entre 1990 y 2006; principal-

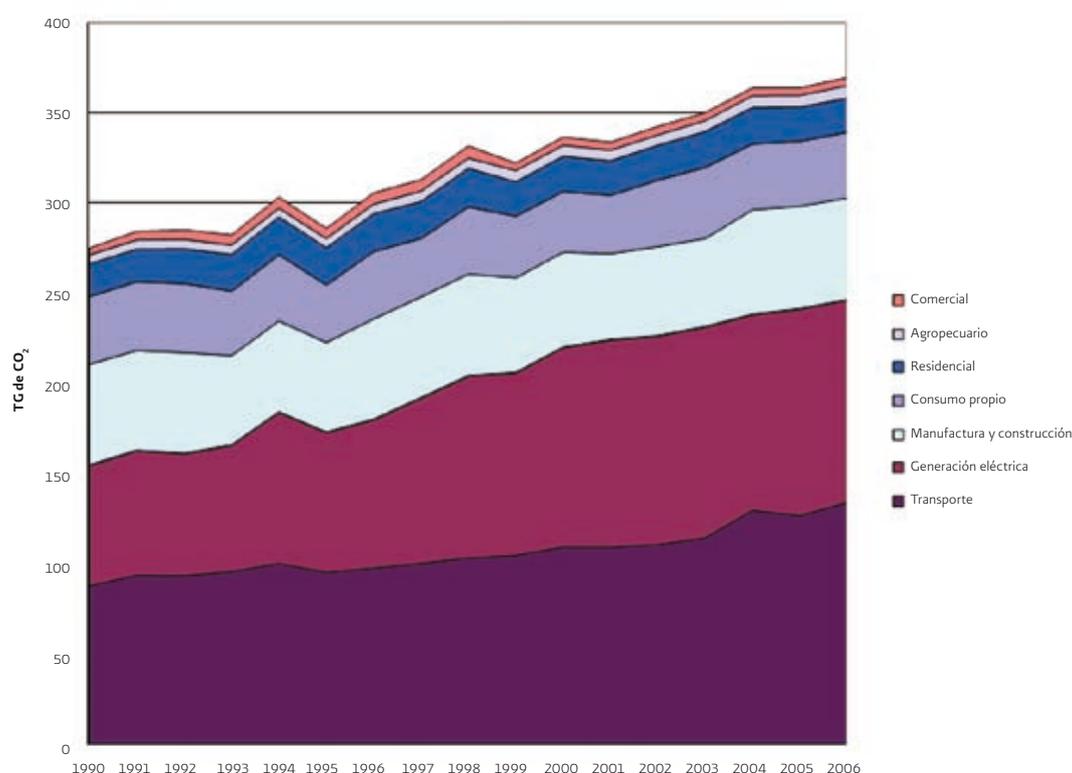
mente por la inversión en sistemas duales y de ciclo combinado, y por la entrada de productores independientes de energía. La tasa media de crecimiento anual de las emisiones fue 3.3%, mientras que para la capacidad instalada fue de 4.5% y para la generación bruta 5.7%.

En cuanto al consumo propio, las emisiones disminu-

CUADRO II.7 EMISIONES POR SECTOR DE GEI EN CO<sub>2</sub> eq (Gg)

	1990	2006	Cambio porcentual
Consumo propio	37,905.9	36,679.3	-3.2%
Generación eléctrica	66,799.6	112,457.8	68.4%
Industrial	56,003.5	56,832.2	1.5%
Transporte	89,149.0	144,690.8	62.3%
Comercial	3,730.6	4,692.7	25.8%
Residencial	19,664.8	20,187.4	2.7%
Agropecuario	5,011.1	7,161.9	42.9%
Total	278,264.7	382,702.1	37.5%

Figura II.8 Emisiones por sector de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de combustibles fósiles



yeron un 3% con respecto a 1990 de 37,906 a 36,679 Gg en unidades de CO<sub>2</sub> eq, aún cuando el consumo propio de PEMEX registró un aumento de 4% en la demanda de combustibles fósiles.

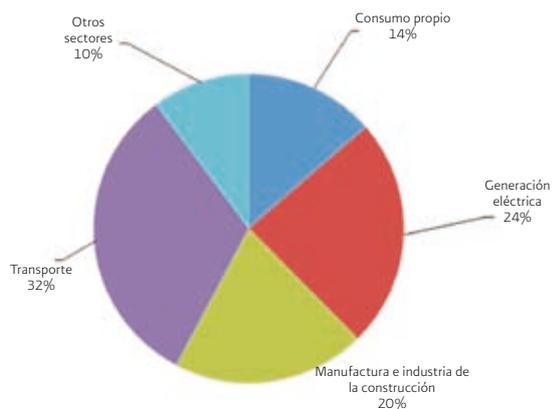
### Transporte

En 2006 las emisiones totales de GEI en unida-

des de CO<sub>2</sub> eq del sector fueron de 144,691 Gg. La contribución por modalidad fue: automotor 93.3% (134,969.3 Gg); aéreo 3.8% (5,441.3Gg); marítimo 1.7% (2,445.7 Gg) y ferroviario 1.3% (1,834.5 Gg). En cuanto a combustibles, la gasolina aporta el 67.8% (98,023 Gg) de las emisiones, el diesel el 26.6% (38,443.3 Gg), los querosenos el 3.7% (5,377.9

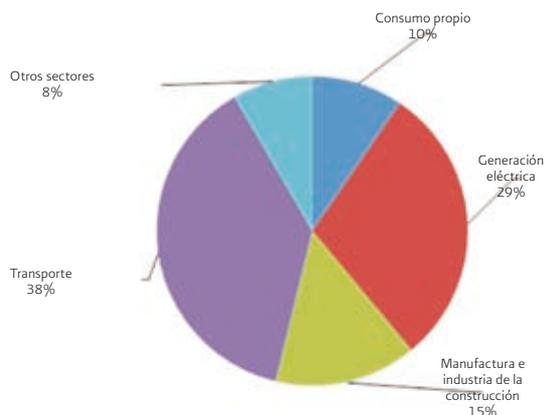
Figura II.9 Contribución por sector a las emisiones de GEI de la subcategoría de consumo de combustibles fósiles, 1990 y 2006

1990



(278,264.7 Gg de CO<sub>2</sub> eq)

2006



(382,702.1 Gg de CO<sub>2</sub> eq)

Gg), el gas licuado el 1.7% (2,432.2 Gg) y el restante 0.3% (414.6 Gg) proviene del combustóleo y el gas natural.

### Industria de la manufactura y la construcción

Las emisiones en unidades de CO<sub>2</sub> eq por consumo de combustibles fósiles en la industria de la manufactura y la construcción en 2006 fueron de 56,832 Gg. La contribución por sector industrial fue: hierro y acero 26.9% (15,298.8 Gg); cemento 18.8% (10,683.9 Gg); productos químicos 10.9% (6,196.3 Gg); procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco 4.1% (2,311.9 Gg); pulpa, papel e impresión 3.9% (2,193.7 Gg), metales no ferrosos 0.1% (67.6 Gg); y otras ramas de la industria menos intensivas en consumo de energía con el 35.3% (20,079.9 Gg).

### Otros sectores usuarios de la energía

Las emisiones en unidades de CO<sub>2</sub> eq de esta subcategoría, en 2006, fueron de 32,042 Gg. El sector residencial contribuyó con 63% (20,187.4 Gg), seguido por agricultura con 22% (7,161.9 Gg) y comercial con 15% (4,692.7 Gg).

### Emisiones fugitivas de Metano

Las emisiones fugitivas de metano para el 2006 en unidades de CO<sub>2</sub> eq fueron de 47,395 Gg, integradas en 95% (44,985 Gg) por las emisiones de las actividades de la industria de petróleo y gas<sup>5</sup>, y el 5% (2,410 Gg) restante por el proceso de minado y manejo del carbón (Cuadro II.8).

## 2.6.2 Procesos industriales

La categoría de Procesos Industriales considera las emisiones generadas en la producción y uso de minerales, producción de metales, industria química, algunos procesos como producción de papel, alimentos y bebidas y finalmente, en la producción y consumo de hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre (ver Cuadro II.9), sin tomar en cuenta las emisiones generadas por la quema de combustibles fósiles en el proceso productivo.

Las emisiones estimadas en estas subcategorías corresponden a las emisiones procedentes de:

<sup>5</sup> Las actividades de petróleo comprenden las actividades de producción, transporte, refinación y almacenamiento. Las actividades de gas comprenden la producción, procesamiento, transmisión y distribución; fugas industriales, y venteo y quema en antorcha.

- Procesos industriales y por el uso de gases de efecto invernadero en los productos
- Uso de solventes y otros productos

De acuerdo a las Directrices del PICC de 1996, las emisiones de gases de efecto invernadero que se contabilizan en las Categorías de Procesos Industriales y Uso de Solventes incluyen al bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Adicionalmente, también se emiten otros gases denominados precursores de ozono, como son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx), los compuestos orgánicos volátiles diferentes de metano (COVDM) y el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

Las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O son generadas por una gran variedad de actividades industriales en donde se transforman materias primas en productos mediante métodos químicos o físicos. Los HFCs se utilizan directamente en bienes y artículos de consumo tales como refrigeradores, espumas o latas de aerosol, en los cuales se usan como alternativa a las sustancias que agotan la capa de ozono; dichas emisiones son consideradas como potenciales porque simplemente están almacenados en estos productos. Los PFCs se liberan en la producción de aluminio y también pueden utilizarse como sustitutos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) en aplicaciones especializadas. En el caso de México, los perfluorocarbonos no se consumen como sustituto de SAO (SEMARNAT 2009). El hexafluoruro de azufre se emplea como dieléctrico en circuitos eléctricos y como solvente en algunas industrias.

En la categoría de uso de solventes y otros productos se contabilizan principalmente las emisiones de COVDM. Varios solventes con compuestos orgánicos forman parte de productos finales, tal como las pinturas, barnices, selladores y tintas, los cuáles finalmente se evaporan.

Las emisiones de GEI (Cuadro II.10) derivadas de los procesos industriales se incrementaron en 83.1%, de 34,687 Gg en unidades de CO<sub>2</sub> eq en 1990 a 63,526 Gg

CUADRO II.8 EMISIONES FUGITIVAS DE METANO POR ACTIVIDADES DE MINADO Y MANEJO DE CARBÓN, PETRÓLEO Y GAS NATURAL, (Gg CO<sub>2</sub> eq)

Año	Minas	Petróleo y gas	Total
1990	2,366	30,565	32,930
1991	2,129	29,842	31,970
1992	1,910	29,409	31,319
1993	2,267	31,286	33,553
1994	2,549	33,502	36,051
1995	2,556	33,118	35,675
1996	2,952	33,458	36,410
1997	2,701	34,429	37,130
1998	2,681	39,399	42,080
1999	2,834	39,504	42,338
2000	3,177	39,821	42,998
2001	2,688	38,505	41,193
2002	2,537	38,165	40,702
2003	2,919	39,750	42,669
2004	2,541	39,377	41,919
2005	2,603	40,453	43,056
2006	2,410	44,985	47,395

CO<sub>2</sub> eq. en 2006 (Figura II.10). Este aumento se debió principalmente al crecimiento en la producción y uso de ciertos productos minerales (el cemento, la cal y primordialmente la utilización de piedra caliza y dolomita),<sup>6</sup> así como a un aumento significativo en el consumo de gases fluorados (HFCs y SF<sub>6</sub>). En menor medida, el incremento también se debió a un aumento en la producción de materiales siderúrgicos. Por su parte, las emisiones de GEI de la industria química, disminuyeron notablemente durante este periodo, un 54.8%; al pasar de 7,268 Gg CO<sub>2</sub> eq. en 1990 a 3,284 Gg CO<sub>2</sub> eq. en 2006; debido a una reducción en la producción de petroquímicos básicos y secundarios.

La principal emisión de la categoría de Procesos Industriales es el CO<sub>2</sub>, que en promedio representa al-

<sup>6</sup> La piedra caliza y la dolomita se utilizan como materias primas en la producción de cal viva y cal hidratada. Durante el proceso, los materiales se calcinan, lo que da origen a las emisiones de CO<sub>2</sub>. La cal viva es utilizada en la industria del cemento, la siderurgia y la construcción.

**Cuadro II.9 Subcategorías de procesos industriales**

ZA Productos minerales	ZA1 Producción de cemento ZA2 Producción de óxido e hidróxido de calcio ZA3 Uso de piedra caliza y dolomita ZA4 Producción y uso de carbonato de sodio ZA5 Impermeabilizantes asfaltados ZA6 Pavimentación con asfalto ZA7 Vidrio
ZB Industria química	ZB1 Producción de amonio ZB2 Producción de ácido nítrico ZB3 Producción de ácido adípico ZB4 Producción de carburos ZB5 Otros
ZC Producción de metales	ZC1 Producción de hierro y acero ZC2 Producción de ferroaleaciones ZC3 Producción de aluminio ZC4 Uso de SF <sub>6</sub> en fundidoras de aluminio y magnesio
ZD Otros procesos industriales	ZD1 Pulpa y papel ZD2 Alimentos y bebidas
ZE Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre	ZE1 Emisiones como residuos o subproductos ZE2 Emisiones fugitivas
ZF Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre	ZF1 Equipos de refrigeración y aire acondicionado ZF2 Espumas ZF3 Extinguidores ZF4 Aerosoles ZF5 Solventes ZF6 Equipos eléctricos e interruptores automáticos

rededor del 89% de las emisiones totales de GEI de la categoría para el período 1990-2006. En este lapso las emisiones de CO<sub>2</sub> por Procesos Industriales se incrementaron en 63.3% de 32,352 Gg a 52,847 Gg CO<sub>2</sub>, lo que equivale a una tasa de crecimiento medio anual del 3.1%. Las emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de piedra caliza y dolomita son las que presentaron una mayor tasa de crecimiento comparado con las otras fuentes de emisión de este gas, ya que aumentaron en 470% entre 1990 y 2006; en promedio su crecimiento anual fue del 11.5% para el período. Por su parte, las emisiones de CO<sub>2</sub> por la producción de cemento se incrementaron en 57.9%, de 11,055 Gg a 17,457 Gg, y las derivadas de la producción de hierro

y acero crecieron en 33.4%; al elevarse de 8,885 Gg a 11,852 Gg. En contraparte, las emisiones de CO<sub>2</sub> por la producción de amoníaco se redujeron en 77.5%, de 3,948 Gg a 887 Gg, como resultado de la caída de dicha actividad productiva dentro del país.

En 2006, las principales fuentes que contribuyeron a las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron: el uso de piedra caliza y dolomita con el 33.5% (17,705 Gg), la producción de cemento con el 33.0% (17,456 Gg) y la producción de hierro y acero con el 22.4% (11,852 Gg). En menor medida, otras fuentes que también contribuyeron a estas emisiones fueron la producción de cal con el 5.1% (2,684 Gg), la elaboración de petroquímicos con el 3.7% (1,958 Gg), la fabricación de amoníaco con el 1.7% (887 Gg), la pro-

Cuadro II.10 Emisiones de GEI de la categoría Procesos Industriales por tipo de gas en CO<sub>2</sub> eq (Gg)

Gas	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
CO <sub>2</sub>	32,352	31,688	33,448	34,006	36,729	36,358	40,139	43,275	43,537
CH <sub>4</sub>	90	84	87	75	83	89	88	87	87
N <sub>2</sub> O	747	864	552	601	660	1,084	1,314	1,076	1,003
HFCs	718	833	575	1,203	1,120	1,673	3,010	3,723	3,974
PFCs	435	432	160	166	0	67	396	428	399
SF <sub>6</sub>	344	271	311	288	280	302	193	181	192
Total	34,687	34,173	35,133	36,340	38,872	39,574	45,140	48,770	49,193

Gas	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
CO <sub>2</sub>	42,952	47,914	47,040	45,241	45,184	54,096	47,173	52,847
CH <sub>4</sub>	81	83	73	70	74	78	75	77
N <sub>2</sub> O	873	511	425	312	331	333	337	361
HFCs	4,936	5,585	4,839	5,709	5,816	6,277	8,160	9,586
PFCs	405	395	332	252	161	0	0	0
SF <sub>6</sub>	276	548	445	644	621	1,107	667	654
TOTAL	49,522	55,036	53,153	52,227	52,188	61,891	56,412	63,526

ducción de ferroaleaciones con el 0.5% (265 Gg) y la de vidrio con el 0.1% (36 Gg). En el período 1990-2006, se presenta un cambio importante en las emisiones de CO<sub>2</sub> en la categoría de Procesos Industriales, y con ello se dan cambios en las contribuciones porcentuales de las diferentes subcategorías de emisión. Por ejemplo, durante el período, en México aumentó la capacidad y el volumen de producción de cemento, derivado de una mayor demanda nacional e impulsado por un incremento en las exportaciones del producto. De manera paralela, ante el aumento en la edificación y la construcción de infraestructura en el país, se incrementó la producción y consumo de piedra caliza y dolomita, como materias primas de los procesos de construcción. Estos cambios, además de impulsar el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la categoría, también modificaron la contribución porcentual de cada subcategoría. Como se muestra en la Figura II.6 la producción de cemento, hierro y acero se han mantenido entre las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> de la categoría durante el período 1990 a 2006, con una contribución conjunta del 58%; sin embargo, en ese lapso, el incremento en el uso de piedra caliza y dolomita en el país ocasionó un aumento en su contribución a las emisiones de CO<sub>2</sub>, desde 9.6% en

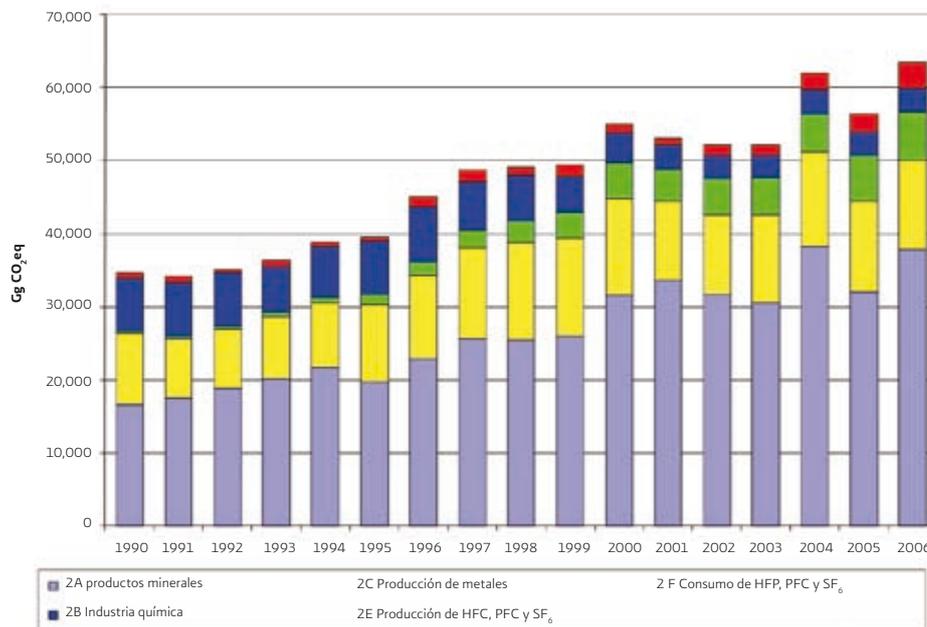
1990 hasta el 33.5% en el 2006.

Por su parte, la producción de amoníaco, que en 1990 contribuía con cerca del 12% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, redujo paulatinamente su participación en el total de CO<sub>2</sub> emitido por la categoría a 1.7% en 2006 (Figura II.11). Esto se debió a una menor producción de amoníaco por parte de PEMEX, que entre 1990 y 2006 se redujo en 77.5% (PEMEX 2002 y 2009).

Las emisiones de CH<sub>4</sub>, en CO<sub>2</sub> eq., representan en promedio cerca del 0.2% de las emisiones de GEI en esta categoría para el período 1990-2006, y son generadas casi en su totalidad durante la elaboración de ciertos productos petroquímicos (etileno, negro de humo, acronitrilo, estireno, metanol, óxido de etileno y el cloruro de vinilo). Las emisiones de metano de esta categoría disminuyeron en 12.8%, de 4.2 Gg CH<sub>4</sub> (89.9 Gg CO<sub>2</sub>eq) en 1990 a 3.7 Gg CH<sub>4</sub> (77.4 Gg CO<sub>2</sub>eq) en 2006, debido principalmente a la reducción en la producción de algunas sustancias petroquímicas. En el período 1990-2006 las emisiones de metano generadas en la categoría de Procesos Industriales se redujeron a una tasa media anual del 0.8%.

Las emisiones de N<sub>2</sub>O, en CO<sub>2</sub> eq., representan en

Figura II.10 Emisiones de gases de efecto invernadero por procesos industriales, por subcategoría de fuente de emisión, en CO<sub>2</sub> eq.



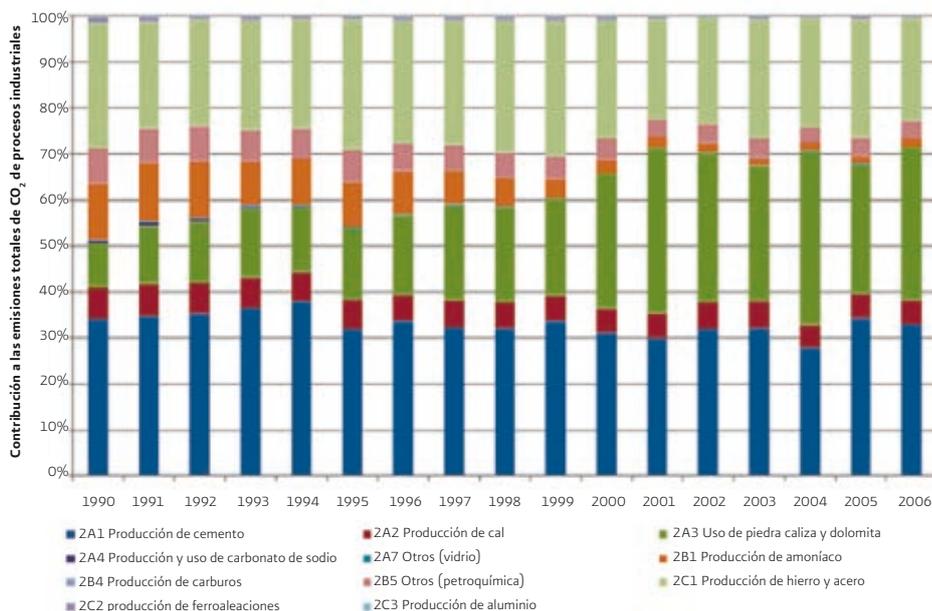
promedio entre el 1 y 2% de las emisiones de GEI en esta categoría. Son generadas exclusivamente por la industria química en la producción de ácido nítrico, ácido adípico y caprolactama. Durante el periodo 1990-2006, estas emisiones se redujeron en 51.7%, de 2.4 Gg N<sub>2</sub>O (747.1 Gg CO<sub>2</sub>eq) en 1990 a 1.2 Gg N<sub>2</sub>O (360.8 Gg CO<sub>2</sub>eq), equivalente a una disminución media anual del 4.4%, debido principalmente al decremento de la producción de ácido nítrico.

Las emisiones procedentes de la producción y consumo de HFCs se incrementaron en más de 1,200%, de 717.7 Gg CO<sub>2</sub> eq en 1990 a 9,586.4 Gg CO<sub>2</sub> eq en 2006 (Figura II.13), lo que equivale a una tasa media anual de crecimiento del 17.6%. Al año 2006 las emisiones de hidrofluorocarbonos contribuyeron con alrededor del 15% a las emisiones de GEI, en CO<sub>2</sub> eq, en esta categoría. La principal emisión proviene del HFC-23, que se genera como subproducto en la elaboración del HCFC-22. El resto de los hidrofluorocarbonos examinados no se producen en México, sólo se importan y sus emisiones potenciales están asociadas a su consumo. El mayor consumo de HFCs correspondió al HFC-134a que

es empleado principalmente como refrigerante. También se incrementó de manera significativa el consumo de HFC-125 y HFC-143a, que se utilizan en sistemas de protección contra incendio y en equipos de refrigeración comercial respectivamente. En los últimos tres años hay un consumo creciente de HFC-32, que se emplea como refrigerante en aires acondicionados estacionarios y cámaras de refrigeración, y de HFC-152a, que se emplea en la fabricación de espumas de poliuretano.

Las emisiones de PFCs representan en promedio para el período 1990 a 2006, cerca del 0.5% de las emisiones de GEI en esta categoría. Las emisiones de este gas fueron generadas exclusivamente en la producción de aluminio primario hasta el 2003. A partir de este año, la única planta de aluminio primario en México cerró operaciones. En dicho año su contribución a las emisiones de GEI de la categoría son de sólo 0.3% en CO<sub>2</sub> eq. No se tiene información sobre la producción, importación o consumo de este gas como sustituto de las sustancias agotadoras de la capa de ozono. En 1990, las emisiones de PFC fueron de: 0.06 Gg CF<sub>4</sub> (377.6 Gg CO<sub>2</sub> eq) y 0.01 Gg C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> (57.9 Gg CO<sub>2</sub> eq). En 2003, las emisiones

Figura II.11 Porcentaje de contribución de Procesos Industriales a emisiones de CO<sub>2</sub>, por subcategoría de emisión



fueron de 0.02 Gg CF<sub>4</sub> (139.8 Gg CO<sub>2</sub> eq) y 0.002 Gg C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> (21.4 Gg CO<sub>2</sub> eq).

Las emisiones de SF<sub>6</sub> contribuyen con alrededor del 0.1% a las emisiones de GEI en esta categoría en 2006, y corresponden exclusivamente a las emisiones potenciales de este gas de equipos eléctricos del sistema de distribución eléctrica de CFE. Las emisiones se incrementaron en 90%, de 0.014 Gg de SF<sub>6</sub> (344.5 Gg CO<sub>2</sub> eq) en 1990 a 0.027 Gg de SF<sub>6</sub> (654.1 Gg CO<sub>2</sub> eq) en 2006.

El ozono en la parte baja de la atmósfera (tropósfera) actúa como un gas de efecto invernadero. Los precursores de ozono son compuestos atmosféricos que no son GEI, ni aerosoles, pero que tienen un efecto sobre las concentraciones de GEI o aerosoles, al influir en los procesos físicos o químicos que regulan sus niveles de producción o destrucción. En la categoría de Procesos Industriales se estimaron las emisiones de CO, NOx, COVDM y SO<sub>2</sub>.

Dentro de los procesos industriales, las emisiones de CO se generan principalmente en la producción del aluminio primario, en la elaboración de amoníaco y en la producción siderúrgica. En menor medida, también se generan en la fabricación de diversos petroquímicos, en la producción de papel y en la producción y uso

de asfalto. Estas emisiones se redujeron en 81.7%, de 65.6 Gg CO en 1990 a 12.0 Gg CO en 2006, principalmente por el cierre de la producción de aluminio primario en México y por la disminución en la producción de amoníaco.

Las emisiones de NOx se generan principalmente durante la fabricación de ácido nítrico, y en menor medida, en la producción de petroquímicos, hierro y acero, ferroaleaciones, aluminio, celulosa y papel y en la pavimentación asfáltica. Las emisiones de NOx disminuyeron en 66.5%, de 4.7 Gg NOx en 1990 a 1.6 Gg en 2006, debido a una reducción en la producción de ácido nítrico y a menores emisiones provenientes de la industria de pulpa y papel.

Las emisiones de SO<sub>2</sub> se generan principalmente en la producción de ácido sulfúrico y bióxido de titanio en la industria petroquímica y en la fabricación de cemento y productos siderúrgicos. Las emisiones de SO<sub>2</sub> se redujeron en 39.4%, de 89.9 Gg SO<sub>2</sub> en 1990 a 54.5 Gg SO<sub>2</sub> en 2006. Las emisiones de SO<sub>2</sub> de la industria del cemento, la pavimentación asfáltica y la producción de hierro y acero se incrementaron en 66.2%, 13.9% y 4.1% respectivamente; mientras que las emisiones pro-

Figura II.12 Contribución porcentual por gas, 1990 y 2006

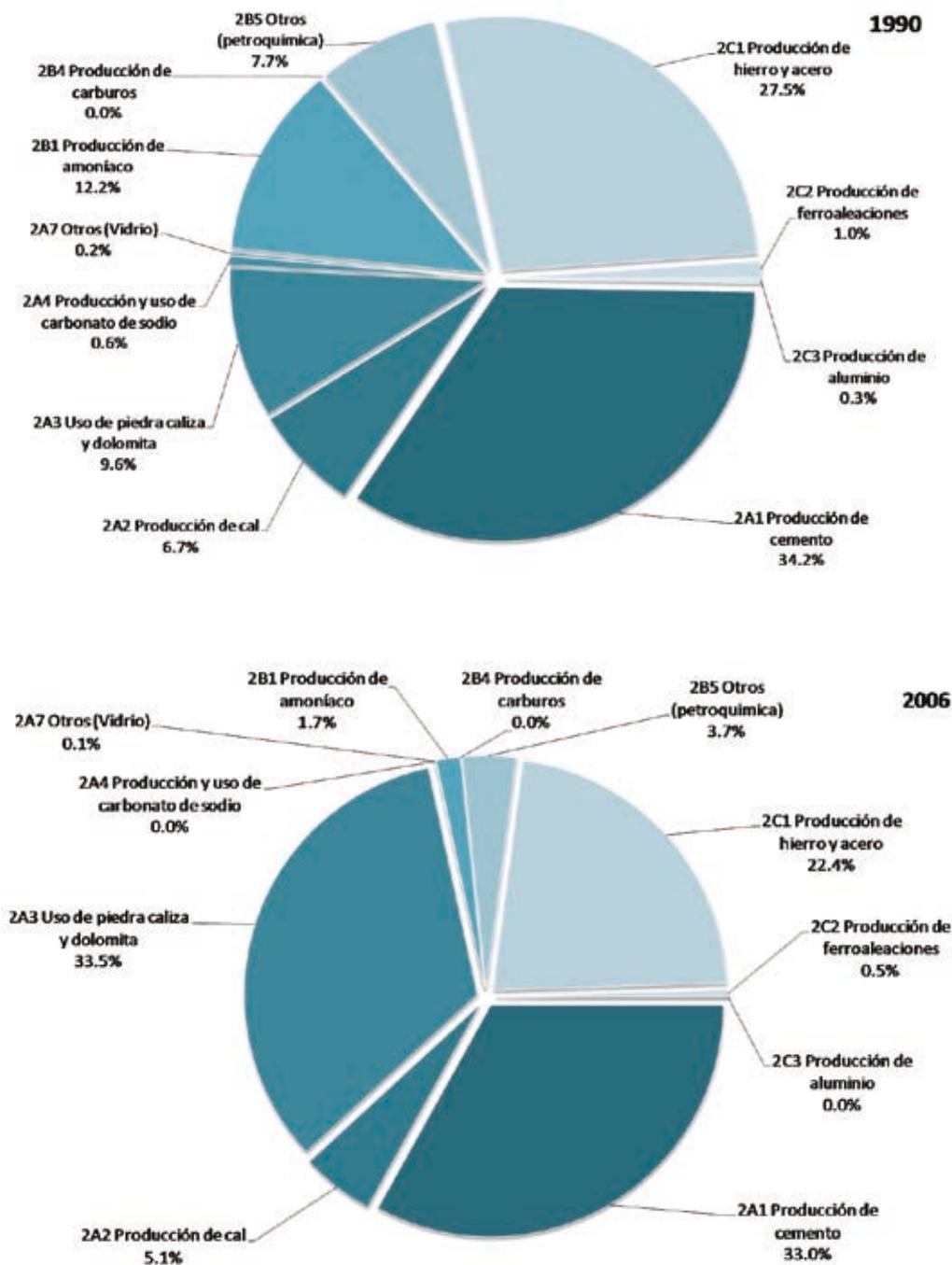
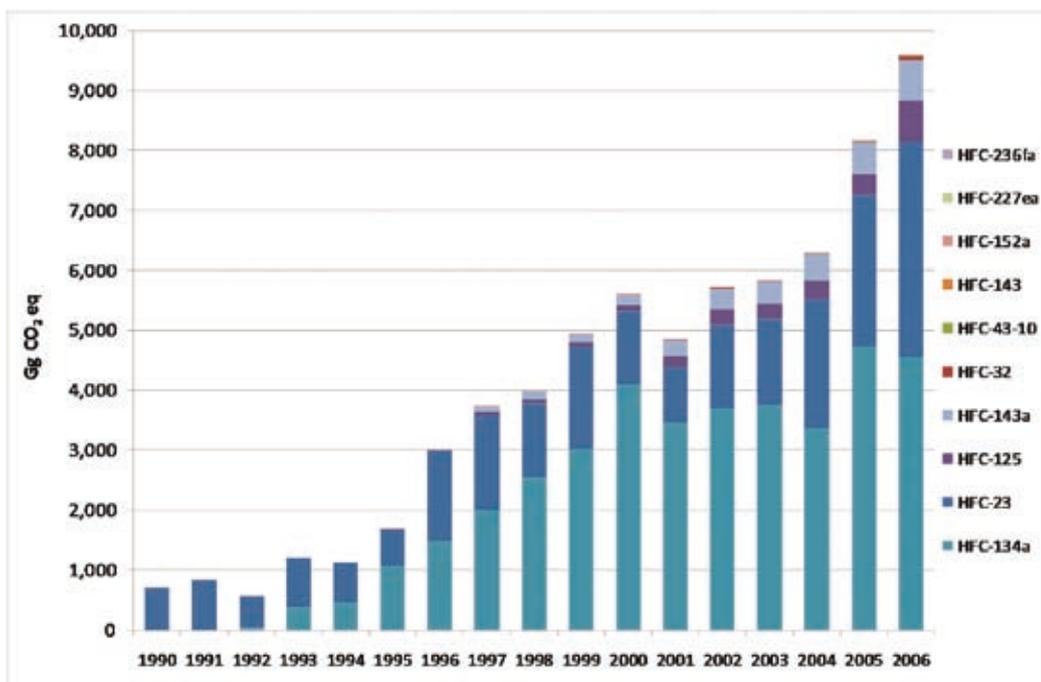


Figura II.13 Emisiones de hidrofluorocarbonos (HFCs) en CO<sub>2</sub> eq, 1990-2006



cedentes de la producción de amoníaco, pulpa y papel y petroquímicos se redujeron 77.5%, 63.8% y 53%, respectivamente. Dentro de la industria petroquímica la producción de ácido sulfúrico se redujo de manera drástica a partir de 2002.

Finalmente, los procesos industriales que emiten mayores cantidades de COVDM son: la pavimentación asfáltica, la producción de bebidas y alimentos, la fabricación de petroquímicos y amoníaco, y la elaboración de vidrio y papel. Las emisiones de COVDM en esta categoría se incrementaron en 15.7%, de 390.7 Gg COVDM en 1990 a 452.0 Gg COVDM en 2006, que se debió al aumento en la producción de ciertos petroquímicos (propileno, poliestireno y las resinas de acronitrilo-butadieno-estireno).

La categoría del uso de solventes y otros productos también genera grandes cantidades de COVDM, por la evaporación eventual de los compuestos orgánicos que contienen estos productos. Las Directrices del PICC no proporcionan una metodología de cálculo para la estimación de emisiones en esta categoría y recomiendan consultar otras metodologías como las de las Guías de Inventarios de Emisiones Atmosféricas de la EMEP/

CORINAIR de la Agencia Ambiental Europea.

Durante el periodo 1990 a 2006, las emisiones de COVDM de esta categoría se incrementaron en 155.8%, de 273.5 Gg a 699.4 Gg COVDM. En 2006, estas emisiones se debieron en un 86.6% a la aplicación de pinturas (esmaltes, selladores, tintes, lacas, pinturas, barnices, pintura para automóviles) en edificios, viviendas, construcciones, recubrimiento de madera, usos industriales y manufactura de automóviles; en un 8.6% en la aplicación de adhesivos y tintas para imprentas (offset, rotograbado y flexografía); y un 4.8% al uso de solventes en la eliminación de grasas y el lavado en seco.

### 2.6.3 Agricultura

La categoría de agricultura está compuesta principalmente por las emisiones provenientes de actividades agrícolas (cultivos y manejo de suelos) y pecuarias (fermentación entérica y manejo de estiércol) (Cuadro II.11). Sus principales gases son CH<sub>4</sub> proveniente de la fermentación entérica, manejo de estiércol y cultivo de arroz; y

N<sub>2</sub>O proveniente de suelos agrícolas y quemas programadas (Figura II.14).

Las emisiones de esta categoría se actualizaron utilizando factores de emisión propios del país y datos censales de los rubros comprendidos en las actividades agrícolas y pecuarias. En el Cuadro II.12 se muestran los valores de las emisiones en unidades de CO<sub>2</sub> eq. para las subcategorías correspondientes.

En la Figura II.15 se muestra que la subcategoría que más contribuyó a las emisiones en CO<sub>2</sub> eq. fue la de fermentación entérica, a pesar de que disminuyó de 38,802.6 Gg en 1990 a 37,180.9 Gg en 2006. La subcategoría de suelos agrícolas, que es la siguiente en importancia, tuvo en el periodo 1990-2006 valores entre 6,631.9 y 7,800.5 Gg de CO<sub>2</sub> eq. Para 1990 y 2006 la fermentación entérica representó el 81.8% y 81.6%, respectivamente; el restante 18% aproximado para ambos años guarda la proporción ilustrada en la Figura II.16.

Para el periodo 1990-2006, las emisiones promedio de CH<sub>4</sub> representan 85% de la categoría y las de N<sub>2</sub>O el 15% restante (Cuadro II.13). Asimismo, se aprecia una disminución a una tasa media anual de 0.3% en las emisiones de la categoría, de 47,427.5 a 45,552.1 Gg.

## 2.6.4 Uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura

En la categoría Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS) se estiman las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por prácticas de manejo de la vegetación, y las emisiones de gases diferentes a CO<sub>2</sub> generadas por incendios (Cuadro II.14).

Para la estimación de las emisiones de este sector, se utilizó la Guía de Buenas Prácticas de 2003 como base metodológica y la captura de información de acuerdo al módulo 5B del software UNFCCC\_NAI\_IS\_132.

El sector USCUSS aporta un total de emisiones de entre 69,674 y 86,188 Gg CO<sub>2</sub> (1990 - 2006), con un promedio de 80,162 Gg CO<sub>2</sub> (Figura II.14). Los cambios de Tierras Forestales a Tierras Agrícolas y Tierras Forestales a Praderas fueron las fuentes más importantes de emisiones

durante el período de análisis, aunque cabe destacar que el proceso de degradación paulatina de Tierras Forestales es una fuente importante en el balance neto.

Un total de entre 52,180 y 62,321 Gg CO<sub>2</sub> provienen de la subcategoría combustión y descomposición de biomasa y entre 17,598 y 23,868 Gg CO<sub>2</sub> derivan de los suelos minerales.

El cambio de uso de suelo hacia cubiertas no forestales produce emisiones considerables de carbono producto de la combustión y descomposición de la biomasa vegetal removida de los bosques, así como la pérdida de carbono orgánico de los suelos. Asimismo, el manejo no sustentable de los bosques en los que la extracción domina sobre la regeneración y la reforestación, implica emisiones adicionales de GEI.

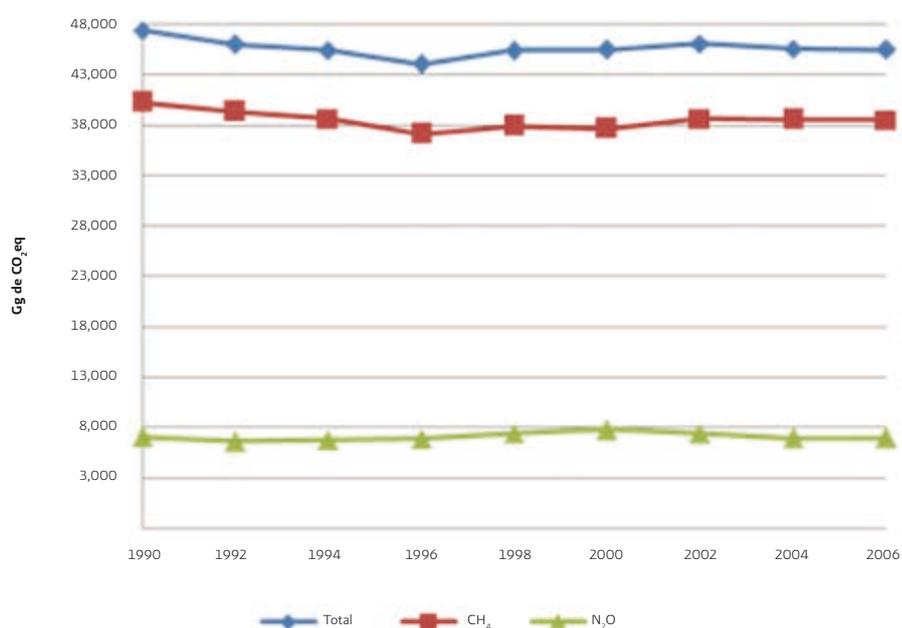
Las emisiones de carbono disminuyeron significativamente en el período de 2003 a 2006, por la reducción sustancial de las tasas de cambio de uso de suelo, específicamente en la categoría Tierras Forestales a Praderas y la degradación de bosques intactos a bosques degradados. Para el mismo período se observó un ligero aumento en la categoría Tierras Forestales a Tierras Agrícolas comparado con el período 1990 a 2002.

## 2.6.5 Desechos

La categoría de Desechos se divide en tres subcategorías: disposición de residuos sólidos en suelo, manejo y tratamiento de aguas residuales e incineración de residuos.

En la subcategoría de disposición de residuos sólidos en suelo, se estiman las emisiones de CH<sub>4</sub>, que son producto de la descomposición anaeróbica de materia orgánica contenida en los residuos. De la subcategoría de manejo y tratamiento de aguas residuales, se estiman las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. El CH<sub>4</sub> se produce por la degradación de los compuestos orgánicos en condiciones anaeróbicas; y el N<sub>2</sub>O por las bacterias presentes en algunos procesos de tratamiento de agua, en donde éstas consumen el nitrógeno para procesarlo en N<sub>2</sub>O. Por último, para la subcategoría de incineración de residuos, se estiman las emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, que son generadas por la combustión de fuentes no biogénicas o inorgánicas y por fuentes biogénicas respectivamente (Cuadro II.15).

Figura II.14 Emisiones por tipo de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq. para la categoría de Agricultura



Cuadro II. 11 Subcategorías de Agricultura

4A Fermentación entérica	Se subdivide en 10 tipos distintos de animales
4B Manejo de estiércol	Se subdivide en 10 tipos distintos 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 in situ de residuos agrícolas	

Las emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq. de esta categoría aumentaron en 198%, al pasar de 33,386 Gg en 1990 a 99,627 Gg en 2006 (Figura II.15).

Este aumento es resultado del incremento en la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios tecnificados y del impulso dado en la última década al tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales; dentro de este porcentaje también se incluye el cambio registrado en las emisiones por incineración de residuos peligrosos, cuyo valor se multiplicó por 58 en el mismo periodo, aunque su

contribución al total de emisiones de esta categoría en el último año es menor al 2%, debido a que la incineración de residuos es una actividad regulada recientemente en el país.

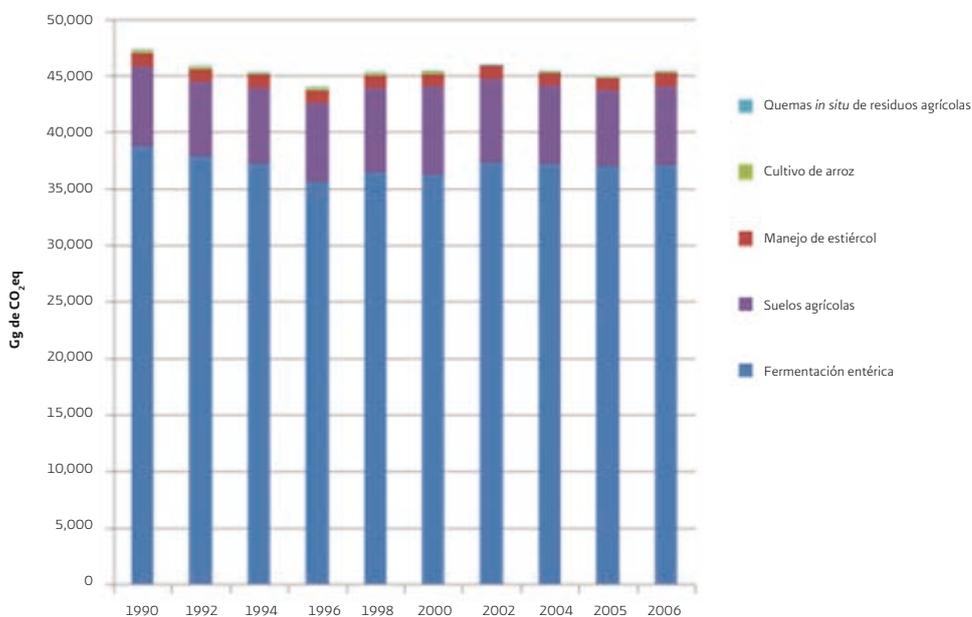
La principal emisión en 2006 de la categoría de desechos en CO<sub>2</sub> eq. corresponde al CH<sub>4</sub> que representa el 97.7% (97,377 Gg), seguido del N<sub>2</sub>O con 2.0% (2,052.6 Gg) y CO<sub>2</sub> con 0.2% (197.8 Gg) (Figura II.16).

Las emisiones de CH<sub>4</sub> en el período 1990-2006 tuvieron un crecimiento de 206%, al pasar de 1,514 Gg

Cuadro II. 12 Emisiones de las subcategorías de Agricultura en unidades de CO<sub>2</sub> eq 1990-2006

Año	Fermentación entérica	Manejo de estiércol	Cultivo de arroz	Suelos agrícolas	Quemas <i>in situ</i> de residuos agrícolas	Total
1990	38,802.60	1,173.50	310.1	7,100.50	40.7	47,427.50
1992	37,947.30	1,133.30	294.7	6,631.90	42.5	46,049.60
1994	37,255.10	1,169.00	247.6	6,790.80	41.4	45,503.90
1996	35,752.50	1,130.40	242.3	6,906.20	45.2	44,076.60
1998	36,548.30	1,140.10	267.2	7,441.20	48.1	45,444.90
2000	36,321.10	1,137.30	224.8	7,800.50	43.3	45,527.00
2002	37,366.90	1,160.60	122.8	7,449.30	46.6	46,146.20
2004	37,250.00	1,165.20	158	6,974.60	46.4	45,594.20
2005	36,985.20	1,165.80	145.6	6,776.70	52	45,125.30
2006	37,181.00	1,175.00	178.5	6,969.40	48.3	45,552.10

Figura II.15 Emisiones para las distintas subcategorías de Agricultura en CO<sub>2</sub> eq 1990-2006



de CH<sub>4</sub> en 1990 a 4,637 Gg de CH<sub>4</sub> en 2006 (31,794 Gg CO<sub>2</sub> eq. y 97,377 Gg CO<sub>2</sub> eq. respectivamente); en el caso de la disposición de los residuos sólidos en suelo, el incremento fue de 198.3%, con un valor en 1990 de 817 Gg de CH<sub>4</sub> y en 2006 de 2,437.8 Gg de CH<sub>4</sub> (17,158 y

51,193 Gg de CO<sub>2</sub> eq., respectivamente), con una tasa media de crecimiento anual de 7.1%; para aguas residuales municipales fue de 41.4%, de 441.2 Gg de CH<sub>4</sub> en 1990 a 623.9 Gg de CH<sub>4</sub> en 2006 (de 9,265.9 a 13,103.5 Gg de CO<sub>2</sub> eq., respectivamente), con una tasa media de cre-

cimiento anual de 2.2%; para aguas residuales industriales el incremento fue de 515.4%, ya que en 1990 se tuvieron 255.9 Gg de CH<sub>4</sub> y en 2006 de 1,575.3 (de 5,374.5 a 33,080.5 Gg de CO<sub>2</sub> eq), lo que representó una tasa media de crecimiento anual de 12%.

En términos de contribución a las emisiones de CH<sub>4</sub>, en el año 2006 los residuos sólidos contribuyeron con el 54% y las aguas residuales con el 46% del total; porcentajes similares a los de 1990. La contribución a las emisiones de CH<sub>4</sub> de la categoría por residuos sólidos en rellenos sanitarios aumentó de 13.8% en 1990 a 39.3% en 2006, y la contribución por residuos sólidos en tiraderos a cielo abierto disminuyó de 40.2% en 1990 a

14.5% en 2006; similarmente, en aguas residuales hubo un cambio en la contribución a las emisiones de CH<sub>4</sub> de la categoría; las aguas residuales industriales aumentaron de 16.9% en 1990 a 33.1% en 2006, y las aguas residuales municipales disminuyeron de 29.1% a 13.1% (Figura II.20). El Cuadro II.16 muestra las emisiones de CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub> eq. para el periodo 1990-2006.

Las emisiones de N<sub>2</sub>O derivadas de las aguas residuales municipales y por la incineración de residuos peligrosos, aumentaron 29.5%, al pasar de 5.1105 Gg de N<sub>2</sub>O en 1990 a 6.6214 Gg de N<sub>2</sub>O en 2006 (1,584.3 a 2,052.6 Gg de CO<sub>2</sub> eq), mostrando una tasa media de crecimiento anual de 1.6%.

**Cuadro II. 13 Emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de la categoría agricultura, Gg de CO<sub>2</sub> eq.**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006
CH <sub>4</sub>	40,312.7	39,403.4	38,698.8	37,155.6	37,988.3	37,712.0	38,681.6	38,604.4	38,567.1
	85.0%	85.6%	85.0%	84.3%	83.6%	82.8%	83.8%	84.7%	84.7%
N <sub>2</sub> O	7,114.7	6,646.2	6,805.1	6,921.0	7,456.6	7,815.0	7,464.6	6,989.8	6,985.0
	15.0%	14.4%	15.0%	15.7%	16.4%	17.2%	16.2%	15.3%	15.3%
Total	47,427.5	46,049.6	45,503.9	44,076.6	45,444.9	45,527.0	46,146.2	45,594.2	45,552.1

**Cuadro II.14 Subcategorías de USCUS**

5A Tierras	Tierras forestales
	Tierras de cultivo
	Pastizales
	Humedales
	Asentamientos
	Otras tierras

**Cuadro II. 15 Subcategorías de desechos**

6A Disposición de residuos sólidos en suelo	6A1 Disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios
	6A2 Disposición de residuos sólidos en tiraderos a cielo abierto con profundidad menor a 5 metros
	6A3 Otros (Disposición de residuos sólidos en tiraderos con profundidad mayor o igual a 5 metros)
6B Manejo y tratamiento de aguas residuales	6B1 Aguas residuales industriales
	6B2 Aguas residuales domésticas y municipales
	6B3 Otros
6C Incineración de residuos	

La incineración de residuos peligrosos es una actividad que empezó a ser regulada en 1993 (SEMARNAT 1993) y a partir de esta fecha se incrementó el número de incineradores y con ello las emisiones. El mayor crecimiento se presentó entre 1994 y el 2000, cuando las emisiones de CO<sub>2</sub> pasaron de 3.4 a 102 Gg, lo que representa un incremento de 2,900%. Entre el año 2000 y 2006 las emisiones aumentan en un 94%, hasta alcanzar el valor de 197.8 Gg de CO<sub>2</sub>. En el caso de N<sub>2</sub>O para 1994 se tuvo el valor de 0.0005 Gg N<sub>2</sub>O y para el año 2006 de 0.029 Gg de N<sub>2</sub>O.

No se obtuvo información actualizada al respecto para los años 2004, 2005 y 2006. Para su estimación se consideró una tasa de crecimiento anual promedio de 12.43%, observada en el periodo 1998-2003.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O resultantes de la incineración de los residuos peligrosos y hospitalarios, y de N<sub>2</sub>O para aguas residuales municipales se presentan en el Cuadro II.17.

En la Figura II.21 se puede ver el comportamiento, en Gg de CO<sub>2</sub> eq, de las actividades que conforman esta categoría.

En los años 2004, 2005 y 2006 se toma en cuenta la recuperación de metano del relleno sanitario de Salinas Victoria, ubicado en la zona conurbada de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, el cual es empleado como combustible para la operación de la primera planta de generación de electricidad de este tipo en nuestro país.

Una de las mejoras efectuadas en la presente actualización se refiere al empleo de factores de emisión determinados localmente para las emisiones de metano derivadas de los residuos sólidos municipales (INE 2007). Esto ha dado como resultado un ligero incremento de las emisiones por este concepto en la fracción de rellenos sanitarios administrados o tecnificados. En los últimos años los rellenos sanitarios representan más de la mitad de los sitios destinados para la disposición de los residuos sólidos;<sup>7</sup> en 2006 se tenían 104 rellenos sanitarios

con una capacidad total de 19.7 Mt, 23 rellenos de tierra controlados con una capacidad total de 3.7 Mt, y una capacidad de sitios no controlados de 11.4 Mt.

## 2.7 Tendencia de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el periodo 1990 a 2006

Las tendencias en las emisiones son un reflejo de las variaciones en el consumo de combustibles fósiles, así como de los cambios en las actividades de producción agrícola, pecuaria, silvícola, industrial y de servicios, y de aquellas relativas al uso del suelo en el país.

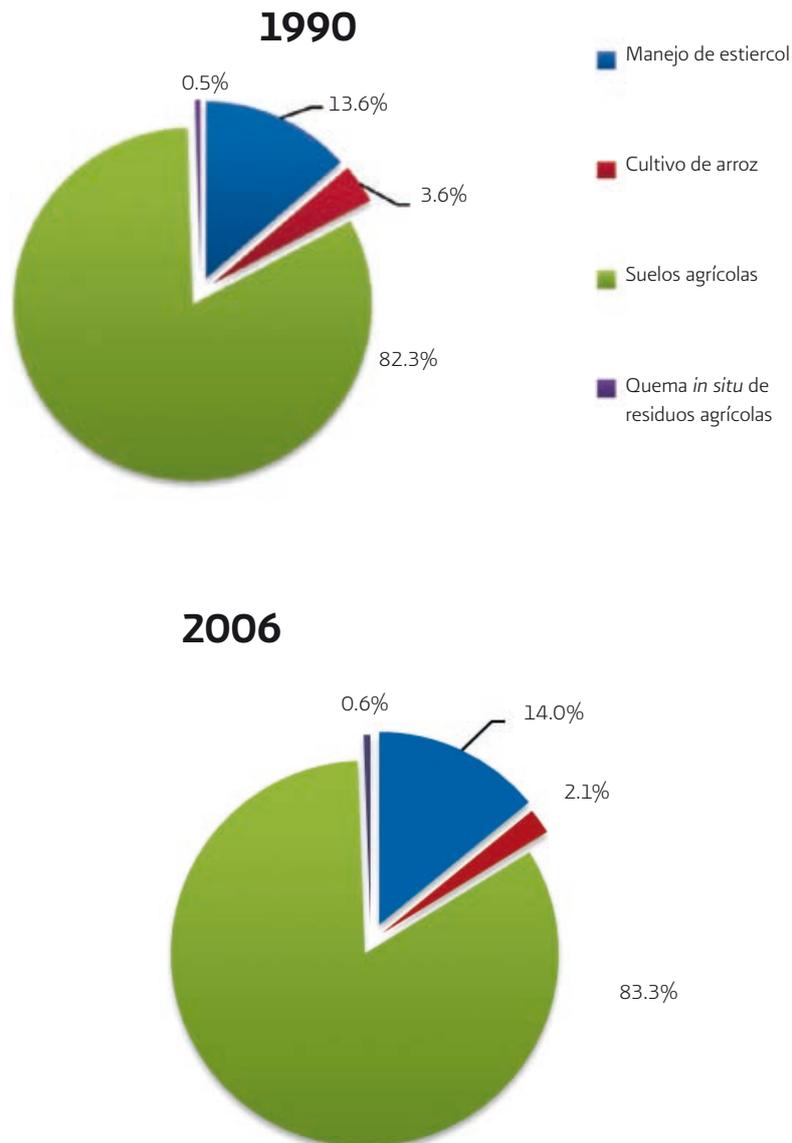
México vivió un proceso de transformación en términos económicos y sociales durante el período de 1990 a 2006. La apertura de la economía, un menor control gubernamental sobre las actividades productivas y los precios, la reducción en las tasas de interés y el control de la inflación, son sólo algunas de las circunstancias presentes en este período. De ahí que las actividades sociales y económicas que generen emisiones de GEI sufrieran modificaciones estructurales y de desempeño importantes. En este sentido, las emisiones totales de GEI aumentan durante el período aunque presentan cambios y variaciones significativas en la contribución a nivel de subcategoría de emisión.

Las variaciones en las tendencias de las emisiones difícilmente pueden atribuirse a una sola causa y más bien obedecen a una diversidad de factores económicos nacionales e internacionales, incluidas las variaciones en tecnología, producción, oferta y demanda de bienes y servicios dentro del país y hacia el exterior. Entre los factores que repercuten en el desempeño de la economía a nivel nacional, y que por tanto determinan el comportamiento de las emisiones de GEI, se encuentran:

- El gasto y la inversión privados, destinados al aumento de capacidad de producción, la mejora tecnológica y el incremento en la eficiencia en los sectores productivos del país; por ejemplo, mediante inversión en

7 Fuente: SEMARNAT. Agosto 2008. [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_2008/compendio\\_2008/compendio2008/10.100.8.236\\_8080/archivos/03\\_Dimension\\_ambiental/04\\_Residuos/D3\\_RSM01\\_06\\_D.pdf](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/compendio_2008/compendio2008/10.100.8.236_8080/archivos/03_Dimension_ambiental/04_Residuos/D3_RSM01_06_D.pdf).

Figura II.16 Contribución a las emisiones de las subcategorías de manejo de estiércol, cultivo de arroz, suelos agrícolas y quemas *in situ* de residuos agrícolas



mejoras tecnológicas realizada durante la década de 1990, las industrias siderúrgica y cementera<sup>8</sup> aumen-

taron su capacidad de producción, lograron reducir

8 Entre 1990 y 2006 ampliaron o iniciaron operaciones plantas cementeras de Corporación Moctezuma (Tepetzingo y Cerritos), Grupo Cementos de Chihuahua (Samalayuca), Holcim Apasco (Ramos

Arizpe y Tecomán), CEMEX (Yaqui, Atotonilco, Huichapan, Guadalajara, Tepeaca) Cruz Azul (Aguascalientes) y LAFARGE (Tula). Entre 1990 y 2006, la industria del cemento amplió su capacidad de producción en 18.3 millones de toneladas.

Figura II.17 Emisiones netas anuales de CO<sub>2</sub> eq de las categorías tierras forestales, tierras agrícolas y praderas entre 1990 y 2006.

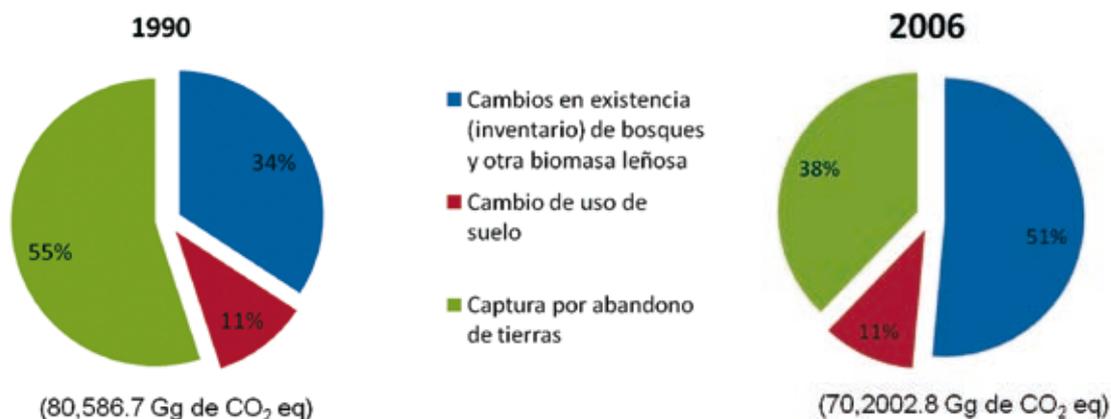
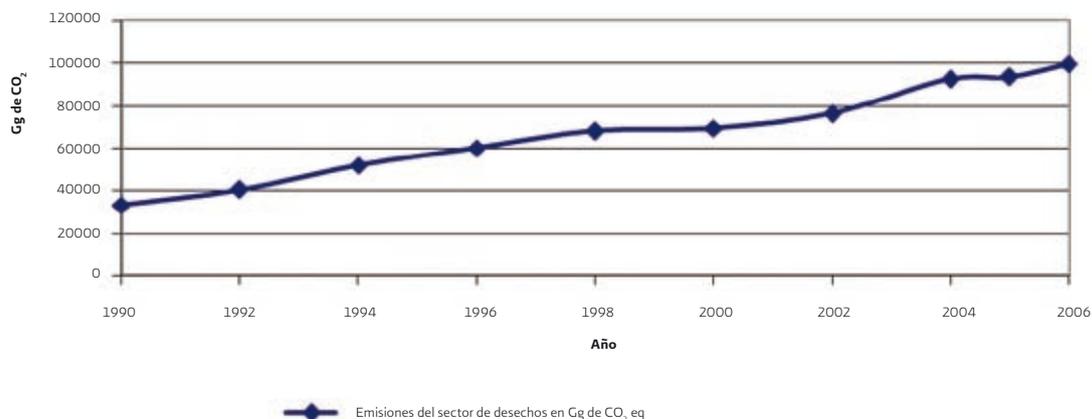


Figura II.18 EMISIONES DE LA CATEGORÍA DE DESECHOS EN Gg de CO<sub>2</sub> eq, 1990-2006



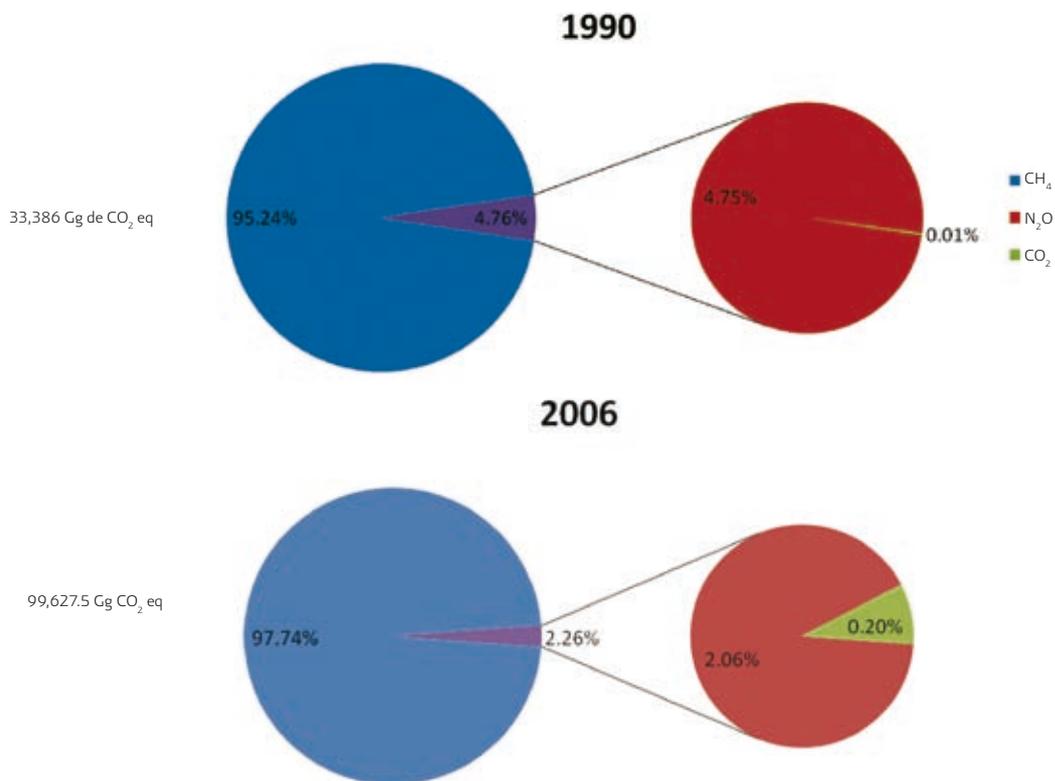
- su intensidad energética (consumo energético por tonelada producida) y con ello la intensidad de sus emisiones de CO<sub>2</sub>.
- El gasto del gobierno en ciertos sectores de la economía, lo que modifica el volumen y eficiencia en la producción de bienes y servicios y, por ende, el nivel de emisiones generadas; por ejemplo, las emisiones de CO<sub>2</sub> por la producción de cemento y cal en los años 1994, 1997, 1999 y 2000 se modificaron como respuesta parcial a un mayor gasto del gobier-

no en infraestructura y el consiguiente aumento de actividad en el ramo de la construcción.<sup>9</sup>

- El tipo de cambio del peso contra el dólar, que eleva o disminuye la oportunidad de vender los productos na-

<sup>9</sup> Por ejemplo, según datos de la CONAVI, entre 1991 y 2006 se construyeron cerca de 8.6 millones de viviendas con aportaciones públicas y privadas, lo que elevó el inventario habitacional a 24.7 millones de viviendas. CONAVI (2006). "Necesidades de vivienda 2006-2012" Disponible en: [http://www.conafovi.gob.mx/publicaciones/Necesidades\\_2006\\_2012.pdf](http://www.conafovi.gob.mx/publicaciones/Necesidades_2006_2012.pdf).

Figura II.19 Emisiones de GEI de la categoría de Desechos, 1990 y 2006



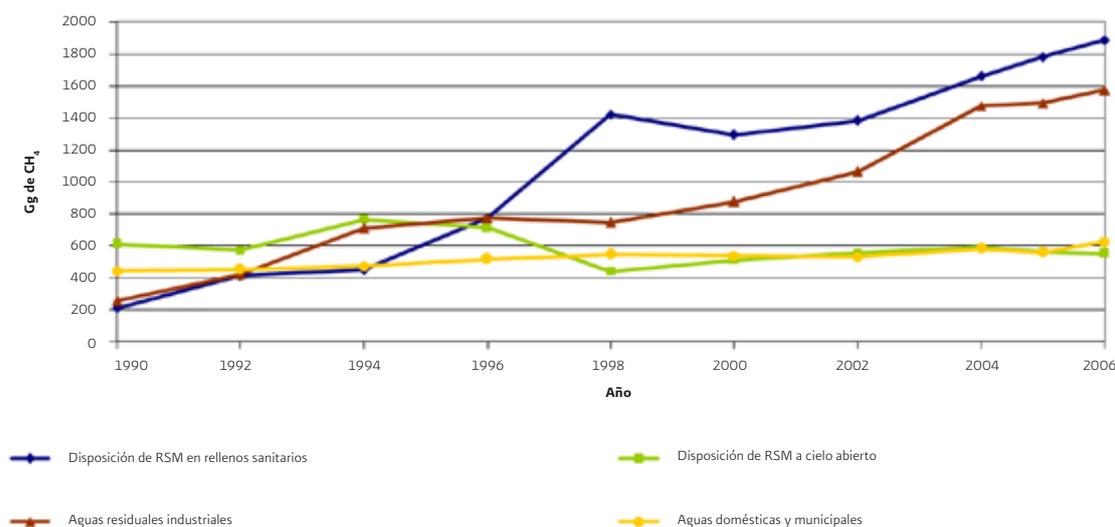
Cuadro II. 16 Emisiones de metano generadas por desechos (Gg CO<sub>2</sub> eq/año)

Desechos	RS* en rellenos sanitarios (Gg CO <sub>2</sub> eq)	RS en TCA con profundidad < a 5 metros (Gg CO <sub>2</sub> eq)	Otros (RS en TCA con profundidad ≥ a 5 metros) (Gg CO <sub>2</sub> eq)	Aguas Residuales Municipales (Gg CO <sub>2</sub> eq)	Aguas Residuales Industriales (Gg CO <sub>2</sub> eq)	TOTALES (Gg CO <sub>2</sub> eq)
1990	4,378.5	9,904.4	2,875.5	9,265.2	5,376.0	31,799.6
1992	8,673.4	8,681.2	3,339.0	9,439.5	8,822.1	38,955.2
1994	9,420.4	12,454.3	3,558.5	9,867.9	14,916.3	50,217.3
1996	16,224.4	12,058.3	2,894.0	10,821.3	16,222.5	58,220.5
1998	29,869.4	7,838.3	1,383.3	11,428.2	15,653.4	66,172.5
2000	27,158.7	7,885.0	2,782.9	11,230.8	18,368.7	67,426.1
2002	29,036.5	7,283.4	4,370.1	11,113.2	22,362.9	74,166.1
2004	36,580.3	7,363.7	4,207.8	12,176.4	30,976.4	91,322.0
2005	37,428.3	7,534.4	4,305.2	11,701.2	31,317.3	92,286.4
2006	39,648.6	7,146.5	4,397.8	13,103.6	33,080.5	97,377

\*RS: Residuos sólidos

\*\*TCA: Tiraderos a cielo abierto

Figura II.20 Emisiones de CH<sub>4</sub> (Gg) de la categoría de desechos para el periodo 1990 - 2006



Cuadro II. 17 Emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O por la incineración de residuos (peligrosos y hospitalarios ) y de N O por aguas residuales municipales, en CO<sub>2</sub> eq/año

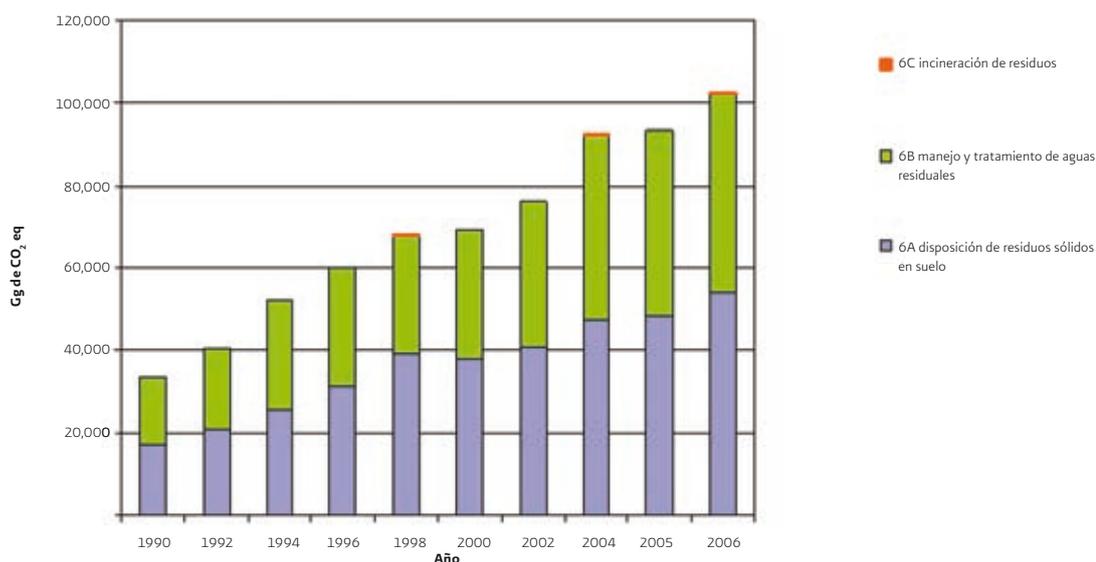
Año	Incineración de residuos peligrosos (CO <sub>2</sub> eq /AÑO)		Aguas residuales municipales (CO <sub>2</sub> eq /AÑO)
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O
1990	3.40	0.16	1,584.10
1992	3.40	0.16	1,658.50
1994	3.40	0.16	1,736.00
1996	5.75	0.43	1,801.10
1998	77.42	3.50	1,847.60
2000	102.12	4.99	1,900.30
2002	102.00	4.62	1,943.70
2004	156.47	7.07	1,990.20
2005	175.94	7.94	2,011.90
2006	197.83	8.93	2,043.72

Nota: Por sugerencia de los revisores se incluyó para 1990 y 1992 el mismo valor para las emisiones de 1994 en incineración de residuos peligrosos para mantener la consistencia del inventario.

cionales en el exterior y de sustituir con importaciones productos o servicios que podrían ser fabricados en el país; por ejemplo, en 1995 la producción de hierro y acero se incrementó en 18% y las emisiones de CO<sub>2</sub>

por producción de coque metalúrgico en 8% respecto a 1994; en parte, por un tipo de cambio frente al dólar que colocó a la producción de México en condiciones favorables de precio.

Figura II.21 Emisiones en Gg de CO<sub>2</sub> eq para las subcategorías 6A, 6B y 6C, 1990-2006



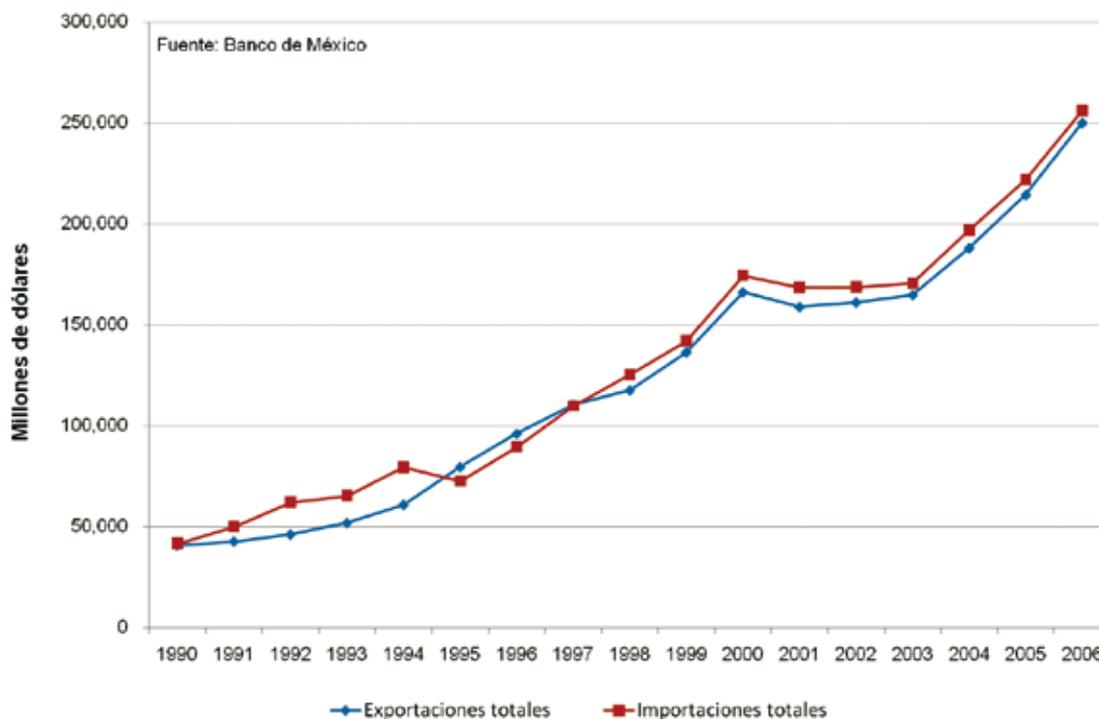
- La demanda internacional por productos mexicanos fabricados o producidos mediante procesos o actividades que generan emisiones; por ejemplo, la caída en la demanda de productos mexicanos durante la recesión del 2001, redujo las emisiones originadas en las actividades manufactureras. En el caso de las emisiones por la producción de ferroaleaciones, éstas disminuyeron un 32% en 2001 respecto a 2000 como consecuencia, en parte, de una menor demanda de estos productos en Estados Unidos.
- Los cambios en los precios de los combustibles y de la electricidad, que modifican la demanda de energéticos y la mezcla de combustibles que se ofertan y consumen en México;
- La tasa de interés interbancaria, que rige el costo del financiamiento en el país y que por tanto permite el crecimiento o expansión de las actividades económicas vía crédito.
- La entrada de inversión extranjera directa no especulativa, destinada a la creación de infraestructura y la expansión de actividades de producción de bienes y servicios; por ejemplo, la inversión en la industria automotriz entre 1990 y 2006 incrementó su ca-

pacidad de producción de manera significativa y con ello, la demanda por productos como vidrio, caucho, pinturas, acero y otros, cuya producción genera emisiones y precursores de GEI.

Con base en el análisis de los Informes Anuales del Banco de México del período 1990-2006 es posible decir que los incrementos en inversión y consumo, la entrada de inversión extranjera directa, las bajas tasas de interés, un bajo nivel de inflación y un tipo de cambio favorable han impulsado la actividad manufacturera y de exportación; el incremento en la producción de bienes, y expandido la capacidad de los sectores para producir más, y en muchos casos, con mayor eficiencia. Por ejemplo, la industria cementera mexicana ha incrementado sustancialmente su eficiencia en los últimos 15 años; actualmente sus emisiones netas de CO<sub>2</sub> son, de acuerdo a las propias empresas, en algunos casos menores en 15.8% respecto de 1990.<sup>10</sup>

10 CEMEX (2008). "Informe de Desarrollo Sustentable 2008", pág. 30. Disponible en [http://www.cemex.com/espa/su/su\\_re\\_gr.asp](http://www.cemex.com/espa/su/su_re_gr.asp).

Figura II.22 Valor de exportaciones e importaciones de México, 1990-2006



A partir de los informes arriba mencionados, y de acuerdo con las cifras económicas publicadas por INEGI<sup>11</sup> y el Banco de México, se puede observar que la apertura de la economía mexicana ocurrida entre 1990 y 2006 ha impulsado la exportación de bienes y servicios (Figura II.22), principalmente dentro del ramo manufacturero (Figura II.23), y ha elevado la importación de bienes de capital que permiten una mayor producción de manera más eficiente. Por ejemplo, en el año 2001, las emisiones de GEI del país, tanto por procesos industriales como por consumo de combustibles fósiles, disminuyeron como consecuencia de una menor actividad manufacturera (Figuras II.24 y II.25) (Banxico 2003 y 2002) asociada a una menor demanda por parte de Estados Unidos.

### 2.7.1 Emisiones de CO<sub>2</sub> por habitante

Las emisiones de CO<sub>2</sub> por habitante son reflejo de las opciones y condicionantes de un país para abastecer de energía a su población. En el plano internacional las comparaciones de emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita muestran la divergencia que existe entre los países en este sentido. Generalmente, aquellos países con mayor nivel de ingreso y de desarrollo son los que presentan una mayor emisión per cápita, aún cuando ha tendido hacia la baja en el período 1990-2006 (AIE 2008).<sup>12</sup> Los países cuya economía se encuentra en rápido crecimiento, como es el caso de China e India tienden a exhibir incrementos importantes en las emisiones per cápita.

11 INEGI. Banco de Información Económica (BIE). Disponible en <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx>.

12 La Agencia Internacional de Energía presenta comparaciones internacionales de emisiones per cápita entre regiones y países. Los datos pueden revisarse en: EIA 2008:89-91. París, Francia.

En el período 1990-2006, el PIB del país creció en promedio 3% anual,<sup>13</sup> las emisiones de GEI aumentaron en 2% anual y la población nacional tuvo una tasa de crecimiento anual de 1.5%. A pesar del incremento de las emisiones por un mayor consumo de combustibles fósiles entre 1990 y 2006, éstas han crecido a una tasa menor que la economía (Figura II.26).

Por otro lado, el consumo de energía por habitante registró en 2006 un valor de 75.9 millones de kilojoules, 1% mayor al observado en 2005. Lo anterior equivale a que cada habitante del país consumiera 12 barriles de petróleo crudo al año, o a que mantuviera encendidos durante todo un año poco más de 21 focos de 100 Watts cada uno, o consumiera poco más de 49 tanques de 50 litros de gasolina. Cabe señalar que en 2006, se presentó el consumo de energía por habitante más elevado desde 1965 (SENER 2006).

En 2006, las emisiones per cápita para México fueron de 6.84 toneladas de CO<sub>2</sub> eq. considerando el total de emisiones nacionales de GEI. El valor por consumo de energía es de 4.14 toneladas de CO<sub>2</sub> eq. per cápita; en este segundo caso, se tuvo una tasa media de crecimiento anual de 0.58% entre 1990 y 2006 (Figura II.27).

Como se mencionó, el CO<sub>2</sub> es el principal GEI emitido por México. En el 2006 las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, considerando únicamente las emisiones por consumo de combustibles fósiles, fueron de 3.56 toneladas, mientras que el promedio mundial fue de 4.28 toneladas de CO<sub>2</sub> per cápita (AIE, 2008).

Según datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE) para el período 1990-2006, el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles para México fue de 42.1%, el de Brasil, 72.5%, China 151.7%, India 112.1%, y Sudáfrica 34.3% (Figura II.28).

Las emisiones per cápita por consumo de combustibles fósiles estimadas por la AIE (2006) para México son 3.97 tCO<sub>2</sub>, la estimación de este inventario nacional

3.56 tCO<sub>2</sub> per cápita (Figura II.29). El valor de la AIE es 11.5% mayor que el del INEGI.

## 2.7.2 Emisiones de GEI por Producto Interno Bruto

La intensidad de las emisiones de GEI es una comparación relativa de la cantidad de emisiones de un país con respecto al PIB de su economía. El dato brinda una idea de la posible desvinculación de las emisiones con respecto al crecimiento de la economía nacional.

Las emisiones de GEI por energía, en unidades de CO<sub>2</sub> eq, por unidad de PIB en el 2006 fueron de 0.234 kg por peso del PIB referidos a precios de 1993, lo cual representa un decremento del 14.1% con respecto al dato de 1990, que fue de 0.273 kg de CO<sub>2</sub> eq por peso del PIB<sup>14</sup>. La tendencia presentada por México para el período 1990-2006 es hacia la baja (una menor intensidad), lo que muestra un indicio del desacoplamiento entre los crecimientos de la economía y de las emisiones de GEI (Figura II.30).

En cuanto a la intensidad energética, ésta muestra también una tendencia hacia la baja (Figura II.31), aunque su comportamiento año con año es variable. Se observa un aumento de la intensidad energética en los años 1995, 1996, 1998 y 2003 a 2005. En 2003 se origina por los mayores consumos de energía propios del sector energético, consumos por transformación y pérdidas en transporte, distribución y almacenamiento de energía con respecto a las observadas en el 2002. Para 2004, el incremento de este indicador se origina por el mayor consumo final observado respecto a 2003, el cual creció 8.5%, cifra superior al crecimiento observado en el PIB. Por otro lado, el consumo del sector energético, incluyendo autoconsumo, consumo por transformación, pérdidas por distribución e insumos y trasposos, disminuyó 6.1% de 2003 a 2004.

13 Tasa media de crecimiento anual del PIB: estimación propia con base en los datos de crecimiento anual de la economía publicados por SENER en el Balance Nacional de Energía 2008.

14 Los datos del Producto Interno Bruto para la serie 1990-2006, a precios de 1993, se obtuvieron del Banco de Información Económica (BIE) del INEGI.

Figura II.23 Valor de exportaciones petroleras, no petroleras y totales de México, 1990-2006

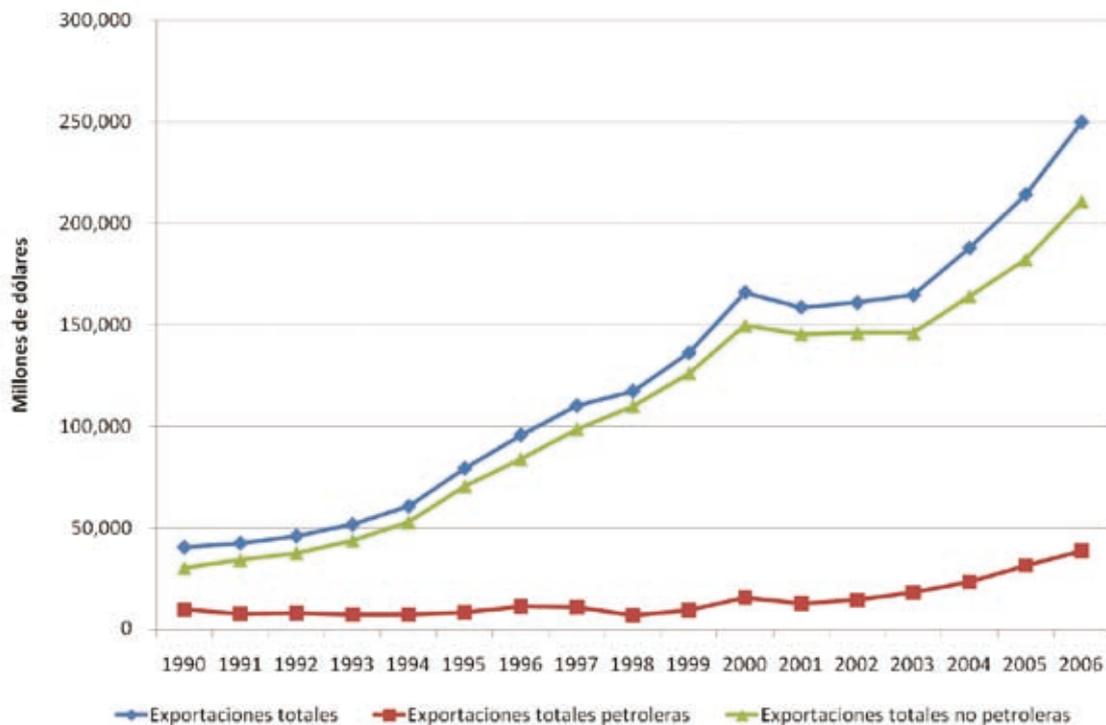
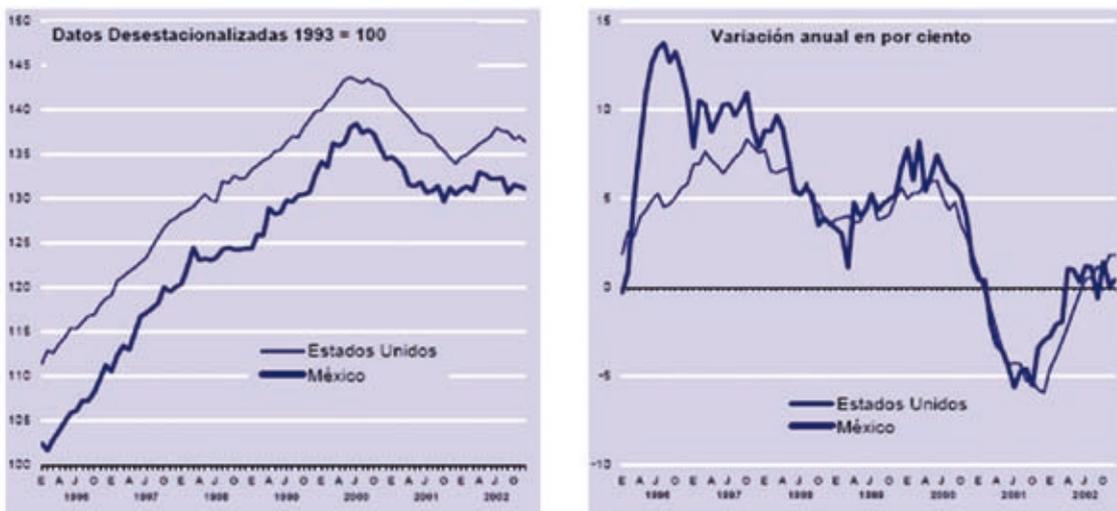


Figura II.24 Producción industrial de México y Estados Unidos, 1996-2002



Fuente: INEGI y Federal Reserve Board. Imagen tomada de Banco de México (2003). "Informe Anual 2002". Pág. 22.

Figura II.25 Producción manufacturera de México, Canadá y Estados Unidos, 1998-2001



Fuente: US Census Bureau, Statistics Canada y Banco de México. Imagen tomada de Banco de México (2003). "Informe Anual 2002". Pág. 22.

## 2.8 Métodos de referencia y sectorial

Las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles pueden estimarse mediante dos métodos de nivel 1. El primero corresponde al método de referencia, en donde los cálculos se realizan de acuerdo a la cantidad de combustibles fósiles ofertados en el país y a su contenido de carbono. El segundo corresponde al método sectorial, en donde las emisiones se calculan con base en el consumo de combustibles fósiles en el país. De acuerdo a las guías de las buenas prácticas del PICC, "el método de referencia sólo permite obtener estimaciones agregadas de las emisiones por tipo de combustible, distinguiendo entre combustibles primarios y secundarios, mientras que el método sectorial clasifica estas emisiones por categoría de fuentes" (PICC 2000).<sup>15</sup>

<sup>15</sup> PICC (2000). "Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases

Se considera una buena práctica el estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles mediante ambos métodos. "Las estimaciones de las emisiones basadas en el método de referencia no serán exactamente iguales a las que se hagan por el método sectorial (...) sin embargo, las diferencias entre ambos métodos no deberían ser significativas" (PICC, 2000).

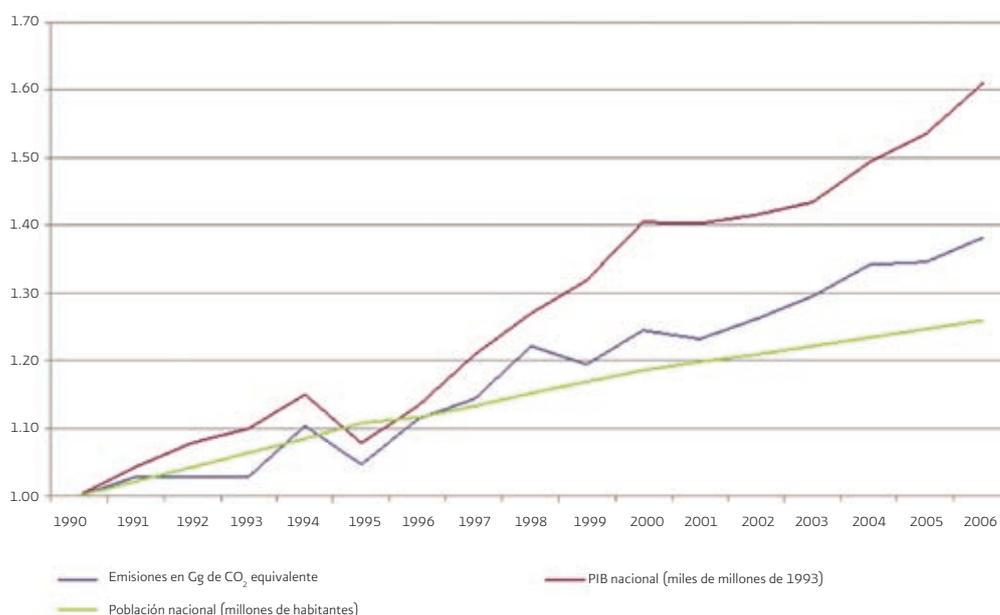
México tiene disponibles estadísticas sobre el suministro anual de combustibles, y datos sobre la entrega o consumo anual de combustibles fósiles por categoría de fuentes, lo que permite calcular las emisiones por el método de referencia y por el sectorial respectivamente.

En el caso del INEGI 1990-2006 se estimaron las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles por ambos métodos. Las diferencias en las emisiones obtenidas entre uno y otro método no se consideran significativas y se ubican dentro de un rango aceptable (Cuadro II.18).

Para algunos años, las cifras estimadas mediante el método de referencia son menores a las del método

de efecto invernadero". Capítulo 2, Energía. Pág. 2.9.

Figura II. 26 Índice de emisiones, población y PIB, México 1990-2006, 1990=1



sectorial, lo que ocasiona diferencias negativas; esto ocurre cuando las exportaciones de algunos productos energéticos secundarios (contabilizados de manera individual) son mayores a la suma de importaciones y variaciones de inventarios, es decir, se considera como una salida de energía del país. El método de referencia calcula el suministro de combustibles fósiles primarios<sup>16</sup> y realiza ajustes por importaciones netas, suministro a aviones y embarcaciones internacionales, y cambios en inventarios de productos energéticos secundarios.<sup>17</sup>

<sup>16</sup> Los productos energéticos primarios son carbón, gas natural, condensados del gas natural y petróleo crudo.

<sup>17</sup> Los productos energéticos secundarios son combustóleo, diesel, gasolinas, gas LP, gas natural seco, productos no energéticos, y querosenos.

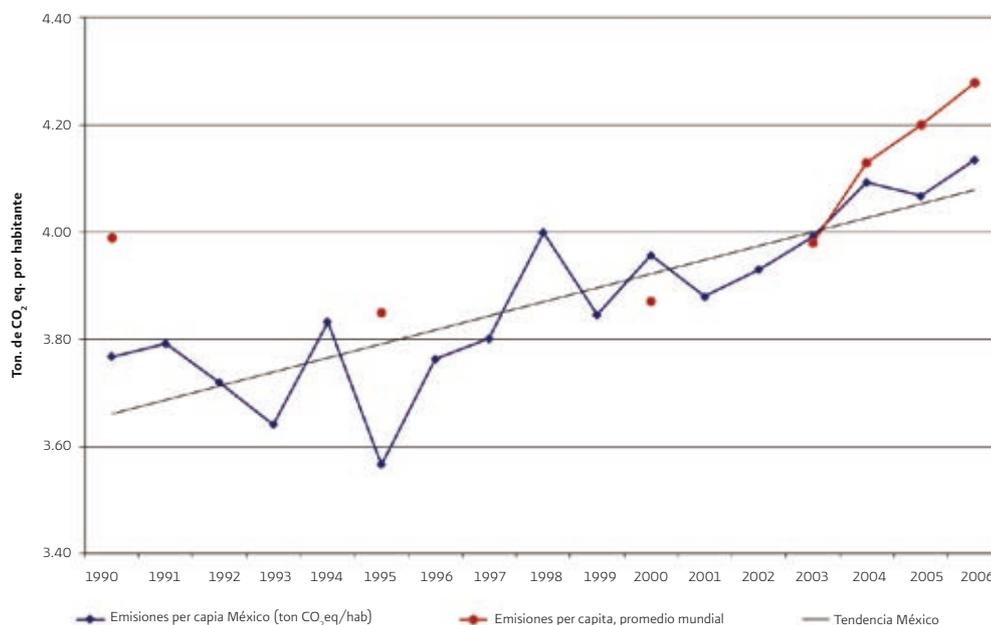
## 2.9 Emisiones del Transporte Internacional Aéreo y Marítimo

De acuerdo a las directrices del PICC, las emisiones procedentes de la aviación y navegación internacional se informaron separadas de la contabilidad del inventario nacional. Se consideran emisiones de transporte aéreo y marítimo internacional cuando la aeronave o embarcación carga combustible en el país pero su destino final es algún puerto en el extranjero. Por este motivo fue necesario desglosar el uso de combustible en componentes nacionales e internacionales. El cuadro II.19 muestra la clasificación de los vuelos de acuerdo con las Guías de las Buenas Prácticas del PICC.

Las emisiones en 2006 superaron 2.9 veces las emisiones de 1990, es decir pasaron de 1,256 a 3,842 Gg de CO<sub>2</sub> eq. La tasa media de crecimiento anual fue de 7.2%.

En el Cuadro II.20 se muestran las emisiones del transporte aéreo y marítimo internacional.

Figura II. 27 Emisiones per cápita por energía, en CO<sub>2</sub> eq, en México



Datos de emisiones per cápita y promedio mundial, tomados de EIA 2008.

## 2.10 Conclusiones sobre el INEGI

Las emisiones de GEI de México, medidas en unidades de CO<sub>2</sub> eq., crecieron 40.3% en el período 1990 a 2006. La categoría de Energía prevalece como la principal fuente de emisiones de GEI, en donde el consumo de combustibles fósiles para la generación de energía y el transporte predominan como fuentes clave de emisión.

El crecimiento de las emisiones de GEI en México es menor al de su economía. Entre 1990 y 2006 la economía creció a una tasa media anual de 3% mientras que las emisiones crecieron al 2% anual. De igual forma, el crecimiento en las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles de México.

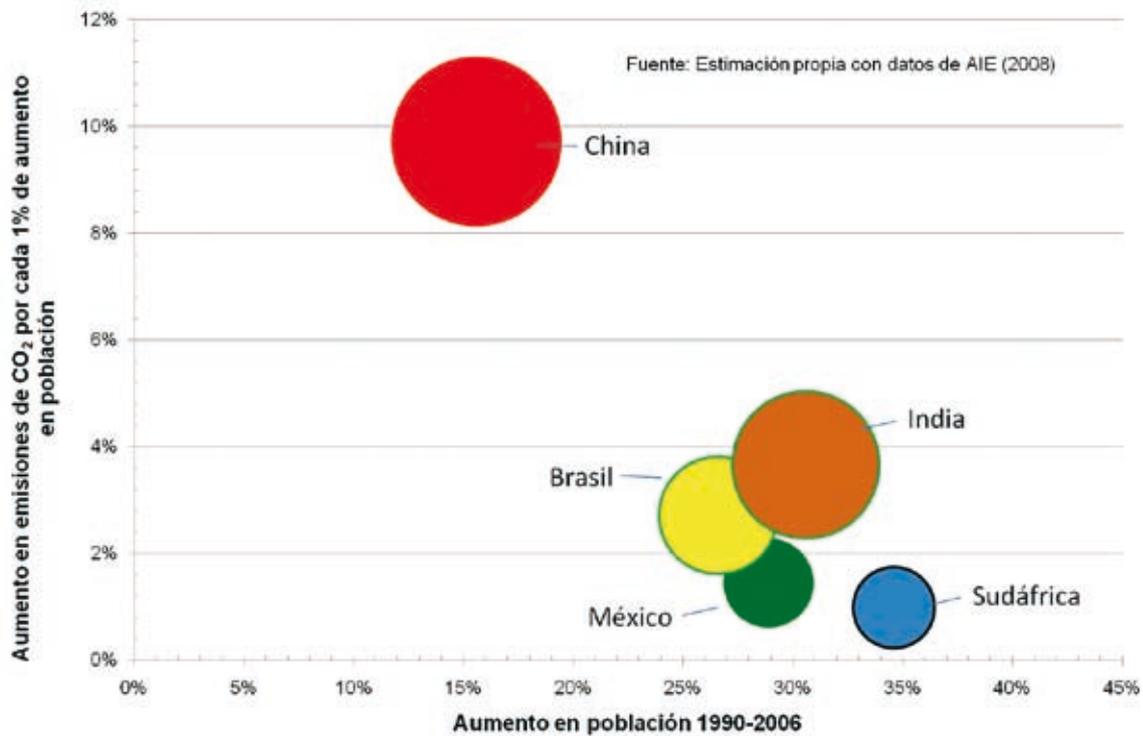
La mejora en la eficiencia energética nacional y la inversión hacia el uso de tecnologías más eficientes han logrado que la intensidad energética (consumo de energía por peso del PIB) y la intensidad de emisiones (emisiones

de CO<sub>2</sub> por peso del PIB) mejoraran entre 1990 y 2006; ambas intensidades muestran una clara tendencia hacia la baja. La intensidad energética disminuyó de 4,520.6 kJ a 4,295.5 kJ por peso del PIB, un decremento del 4.9%. Por su parte, la intensidad de emisiones por energía se redujo de 0.273 kg a 0.234 kg de CO<sub>2</sub> eq por peso del PIB (a precios de 1993), lo que representa una disminución del 14.1%.

Las emisiones de GEI per cápita, considerando únicamente las emisiones por consumo de combustibles fósiles, se ubican en 3.68 toneladas de CO<sub>2</sub> eq. por habitante. Esta cifra es un 9.2% mayor a la presentada durante 1990. La estimación considera la emisión de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por consumo de combustibles fósiles, cuantificado en unidades de CO<sub>2</sub> eq.

Si se consideran únicamente las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles, es decir sin la aportación de las emisiones en CO<sub>2</sub> equivalente de otros gases (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) tal como lo informa la Agencia Internacional de Energía en los comparativos internacionales, la cifra es de 3.56 toneladas de CO<sub>2</sub> por

Figura II. 28 Crecimiento de emisiones per cápita (ton CO<sub>2</sub> eq/hab) ante incremento en población



Nota: el tamaño de los círculos indica la magnitud del crecimiento total en emisiones entre 1990 y 2006.

Figura II. 29 Gráfica comparativa de emisiones per cápita

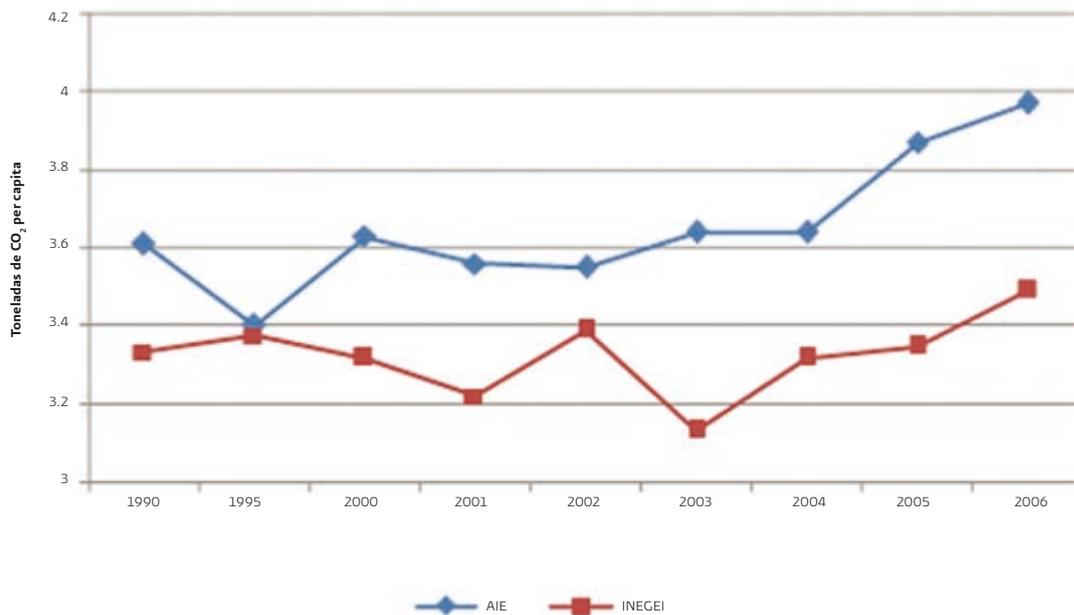
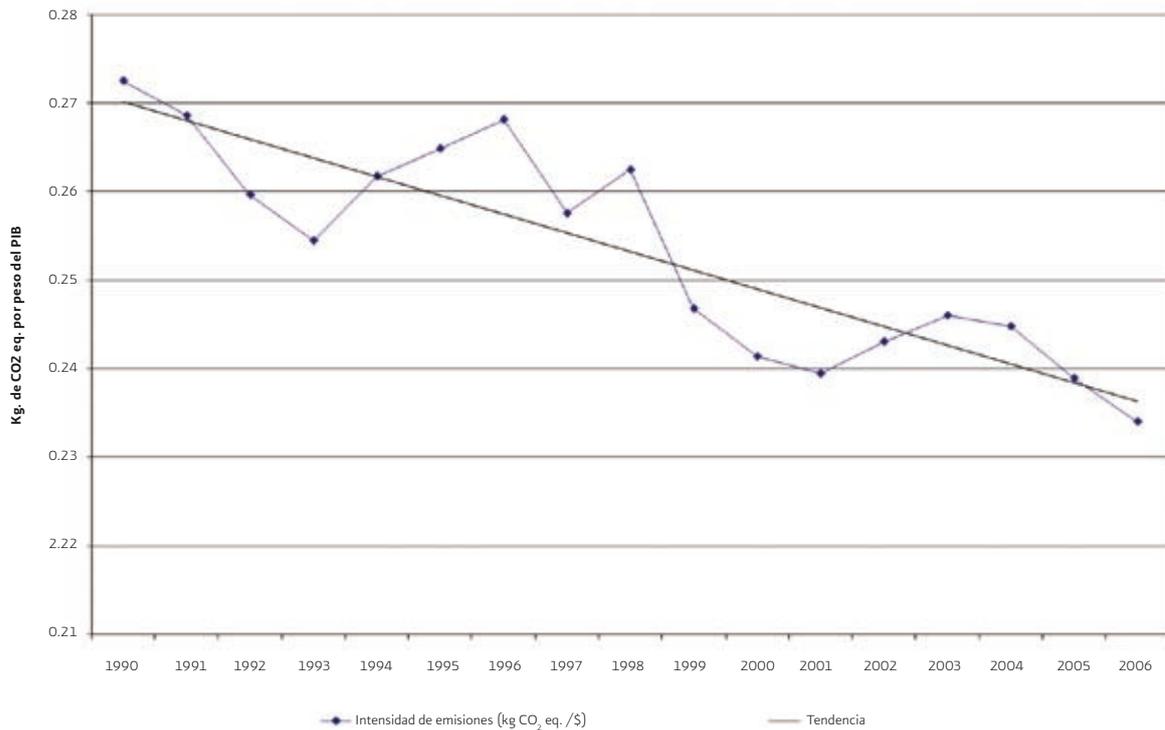


Figura II. 30 Intensidad de emisiones (kg CO<sub>2</sub> eq / \$ PIB)



habitante al año 2006. El valor es menor a la media mundial de 4.13 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante.<sup>18</sup>

Con las cifras obtenidas en el INEGI 1990-2006 se confirma que en México existen indicios de desacoplamiento entre el crecimiento económico y el crecimiento de las emisiones de GEI.

## 2.11 Comparación Internacional

Una forma de revisar la confiabilidad y comparabilidad internacional del inventario de emisiones de GEI es mediante un proceso de verificación. Las Guías de las Buenas Prácticas del PICC describen cinco técnicas como

opciones de verificación de un inventario nacional de emisiones de GEI:

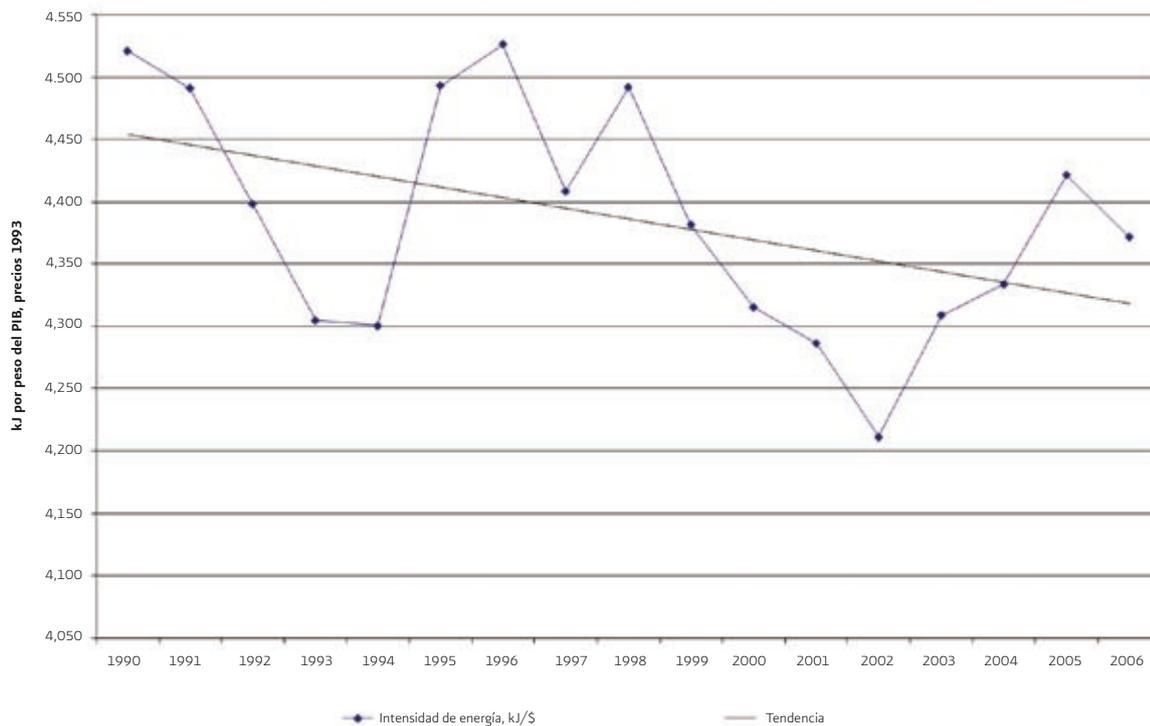
1. Revisiones de control de calidad
2. Comparaciones con otros inventarios de emisiones
3. Comparaciones entre indicadores de intensidad
4. Comparaciones con datos de concentraciones atmosféricas o mediciones de fuentes de emisión
5. Estudios de modelación

La aplicación de cualquiera de estas técnicas puede realizarse a nivel nacional o internacional, considerando la disponibilidad de datos, resultados y experiencia técnica en el país. De acuerdo a ello, las comparaciones pueden darse de la siguiente manera:

- Comparación con datos de emisiones nacionales preparados de manera independiente por otra organización o reportados en la literatura científica nacional.

<sup>18</sup> AIE (2008). "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion". CO<sub>2</sub> emissions/population. Pág. II.49 a II.51. Corresponde al valor de emisiones globales per cápita excluyendo aviación internacional. Ver nota al pie de la página II.49 de la fuente.

Figura II. 31 Intensidad de energía (kJ/ \$ PIB) en México



- Comparación de las emisiones nacionales con las de otros países reportadas en alguna publicación de dichos países o de una agencia internacional.
- Comparación con mediciones atmosféricas locales, regionales o globales
- Comparación con publicaciones científicas internacionales.

Con el fin de verificar la confiabilidad del inventario y de mostrar la ubicación de México con respecto a otros países del mundo, se compararon los resultados del INEGI 1990–2006 con datos de emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles estimados por la AIE. En las comparaciones se incluyeron indicadores de intensidad, como las emisiones per cápita y las emisiones por unidad monetaria del Producto Interno Bruto, para un grupo de 159 países. En el proceso de comparación se incluyeron datos de emisiones y PIB al año 2006 publica-

dos en 2008 por la AIE. Junto con ello se incluyó el valor del Índice de Desarrollo Humano al año 2006, publicado en 2008 por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). En el proceso de comparación, se identificó para cada país si es parte Anexo I ó No Anexo I de la CMNUCC y se revisó si pertenece a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), organismo del cual México forma parte. Igualmente se señalaron los países de Latinoamérica y el Caribe (LAC) y aquellos países que integran el Grupo de los 8 (G8) y el Grupo de los 20 (G20). México participa en la CMNUCC como Parte No Anexo I, es miembro de la OCDE, forma parte del G20.

De acuerdo a las estimaciones de la AIE, las emisiones globales de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles fueron de 28,002.7 millones de toneladas en el año 2006; esta cifra incluye las emisiones provenientes de la aviación y la navegación internacionales.

Cuadro II. 18 Comparación de las Emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas por los métodos de Referencia y Sectorial (Gg)

	Método de referencia	Método sectorial	Diferencia	Diferencia (%)
1990	264,004.65	275,256.86	-11,252.20	-4.3%
1991	279,539.09	284,510.74	-4,971.65	-1.8%
1992	278,452.93	285,459.65	-7,006.72	-2.5%
1993	277,965.35	282,606.03	-4,640.68	-1.7%
1994	294,722.10	303,604.78	-8,882.68	-3.0%
1995	276,642.45	286,257.20	-9,614.75	-3.5%
1996	293,430.14	305,903.05	-12,472.91	-4.3%
1997	310,943.80	313,278.34	-2,334.55	-0.8%
1998	323,938.88	332,384.56	-8,445.68	-2.6%
1999	313,090.00	323,005.01	-9,915.01	-3.2%
2000	340,359.34	337,096.69	3,262.64	1.0%
2001	340,935.68	334,246.73	6,688.95	2.0%
2002	349,794.03	342,947.50	6,846.53	2.0%
2003	352,456.18	350,593.73	1,862.45	0.5%
2004	369,900.14	364,454.46	5,445.68	1.5%
2005	383,577.88	364,393.00	19,184.88	5.0%
2006	388,416.56	371,509.79	16,906.77	4.4%
2007	397,185.66	397,550.21	-364.56	-0.1%

El Cuadro II.21 muestra un listado de 55 países que en conjunto emiten el 90% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles. En el listado se encuentran 27 países Anexo I (AI) y 28 países No-Anexo I (NAI) de la CMNUCC; también se encuentran 26 países de los 30 que integran a la OCDE, la totalidad de los países del G20.

Los siete países de LAC mostrados en el listado generan el 4.3% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>; estos países son Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Perú y Venezuela. De acuerdo a las cifras reportadas por la AIE para el 2006, a nivel mundial México ocupa el lugar 12 en las emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles, con un total de 416.26 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> ó el 1.5% de las emisiones globales.

La Figura II.32 muestra una comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita y el PIB per cápita de un grupo de 41 países de los 55 listados en el Cuadro II.21. Los 41 países de la figura representan el 87% del PIB mundial y el 86% de las emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles.

En general, aquellos países que gozan de un mayor nivel de ingreso per cápita son aquellos que igualmente emiten una mayor cantidad de CO<sub>2</sub> por habitante por la quema de combustibles fósiles. En la medida en que el nivel de ingreso es menor, un mayor porcentaje de la población subsiste con el consumo de combustibles tradicionales, como la leña o el bagazo. De acuerdo con dicho planteamiento eso ocasiona que las emisiones per cápita de ciertos países sean menores en la medida en que la mezcla de combustibles consumidos incorpora una cierta proporción de biomasa. La dependencia de combustibles tradicionales limita entonces el desarrollo de ciertas actividades como sería el caso del transporte y por consiguiente, limita el crecimiento de las emisiones. En el caso de países que dependen del carbón como principal fuente de energía, se presentan mayores emisiones per cápita aún cuando el nivel de ingreso sea menor, mientras que en países donde la matriz energética incluye una mayor proporción de generación con energía nuclear, geotérmica, o hidroeléctrica, las emisiones per cápita serían menores aún cuando exista un mayor nivel de ingreso.

**Cuadro II. 19 Distinción entre transporte nacional e internacional**

	Nacional	Internacional
Comienza y termina en el mismo país	Si	No
Sale del país y llega a otro	No	Si
Sale de un país, hace una escala en el mismo país sin desembarcar ni embarcar pasajeros o carga, luego vuelve a partir y llega a otro país	No	Si
Sale de un país, hace una escala en el mismo país y desembarca o embarca pasajeros o carga, luego vuelve a partir y llega a otro país	Etapas nacional	Etapas internacional
Sale de un país, hace una escala en el mismo país solo para embarca pasajeros o carga, luego vuelve a partir y llega a otro país	No	Si
Sale de un país con destino a otro país y hace una escala intermedia en el país de destino, sin embarcar pasajeros o carga	No	Ambos segmentos internacionales

Fuente: PICC (2000) Guía de las Buenas Prácticas

**Cuadro II. 20 Emisiones de gases de efecto Invernadero y precursores del ozono en el transporte internacional (Gg)**

Año	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> eq.
1990	1,242.877	0.188	0.031	7.855	7.610	2.232	4.228	1,256.46
1991	1,222.502	0.201	0.030	7.950	8.031	2.303	3.995	1,235.92
1992	2,170.435	0.298	0.058	12.298	11.504	3.584	4.452	2,194.52
1993	2,190.074	0.311	0.058	12.222	11.760	3.659	4.361	2,214.57
1994	2,316.831	0.341	0.059	14.453	13.780	4.086	4.664	2,342.20
1995	2,139.661	0.344	0.054	12.480	12.876	3.849	4.130	2,163.76
1996	2,431.380	0.366	0.063	13.864	13.777	4.204	4.651	2,458.65
1997	2,619.496	0.402	0.068	14.592	14.821	4.542	4.981	2,649.11
1998	3,075.336	0.458	0.080	17.896	17.547	5.325	5.897	3,109.62
1999	3,124.830	0.444	0.080	19.069	17.892	5.380	6.431	3,159.06
2000	3,128.979	0.419	0.081	19.448	17.492	5.277	6.808	3,162.83
2001	2,942.018	0.393	0.077	17.557	15.931	4.886	6.019	2,974.17
2002	2,843.067	0.364	0.076	16.420	14.612	4.579	5.620	2,874.22
2003	3,059.647	0.395	0.082	17.549	15.720	4.933	5.941	3,093.26
2004	3,388.962	0.439	0.091	19.257	17.323	5.454	6.602	3,426.28
2005	3,632.403	0.471	0.097	20.576	18.554	5.846	7.101	3,672.45
2006	3,624.382	0.461	0.097	20.581	18.301	5.784	7.139	3,664.22
2007	3,800.341	0.474	0.102	21.618	18.984	6.018	7.590	3,842.00

El ingreso per cápita, sin embargo, no es el único indicador para comparar el nivel de desarrollo y por tanto de emisiones de los países. Una comparación relevante es la incorporación del Índice de Desarrollo Humano (IDH), generado anualmente por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El

IDH mide los logros alcanzados por un país en cuanto a tres dimensiones básicas del desarrollo: 1) salud y esperanza de vida; 2) educación de la población; y 3) el ingreso per cápita.

Como se muestra en la Figura II.34, un mayor nivel de desarrollo humano está generalmente asociado a un ma-

Figura II. 32 Comparación internacional de emisiones CO<sub>2</sub> per cápita vs. PIB per cápita, 2006

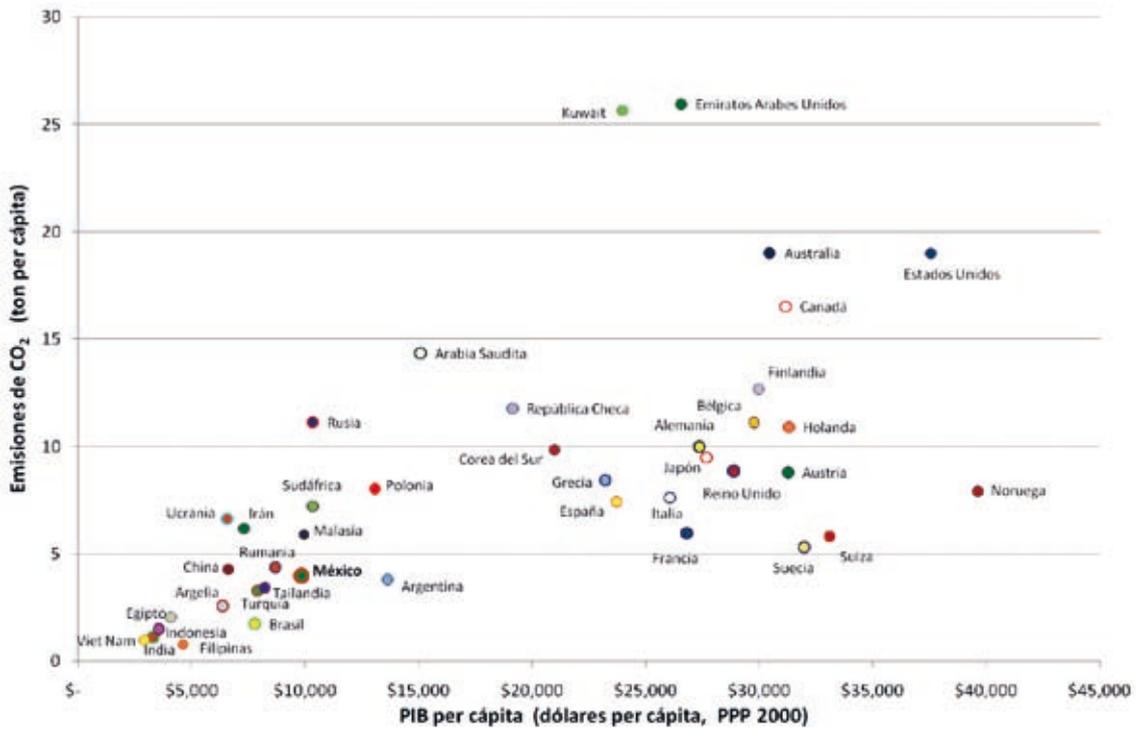
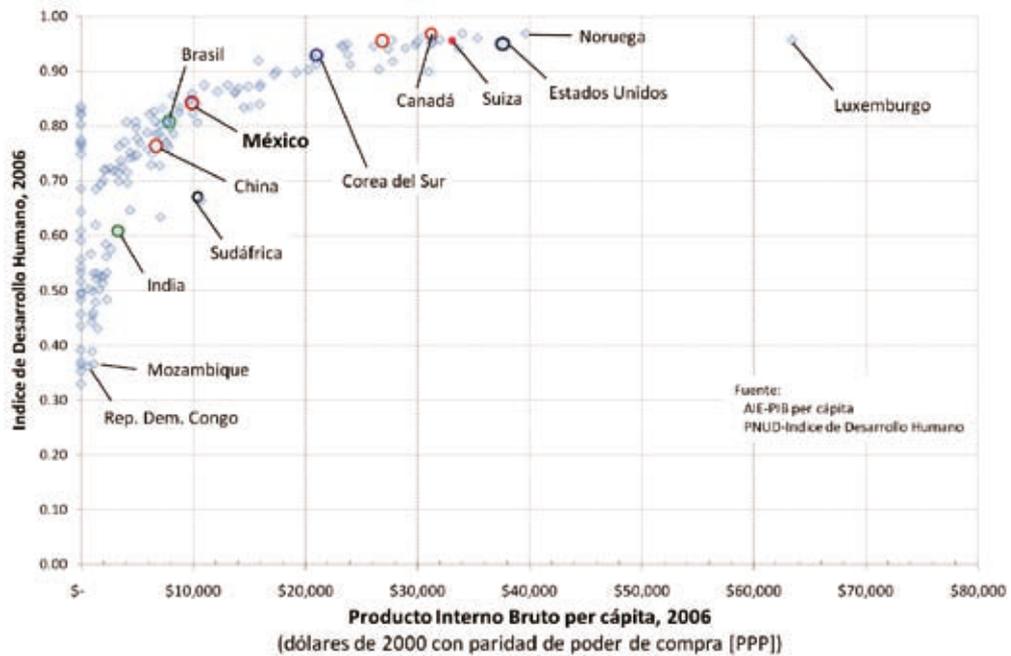
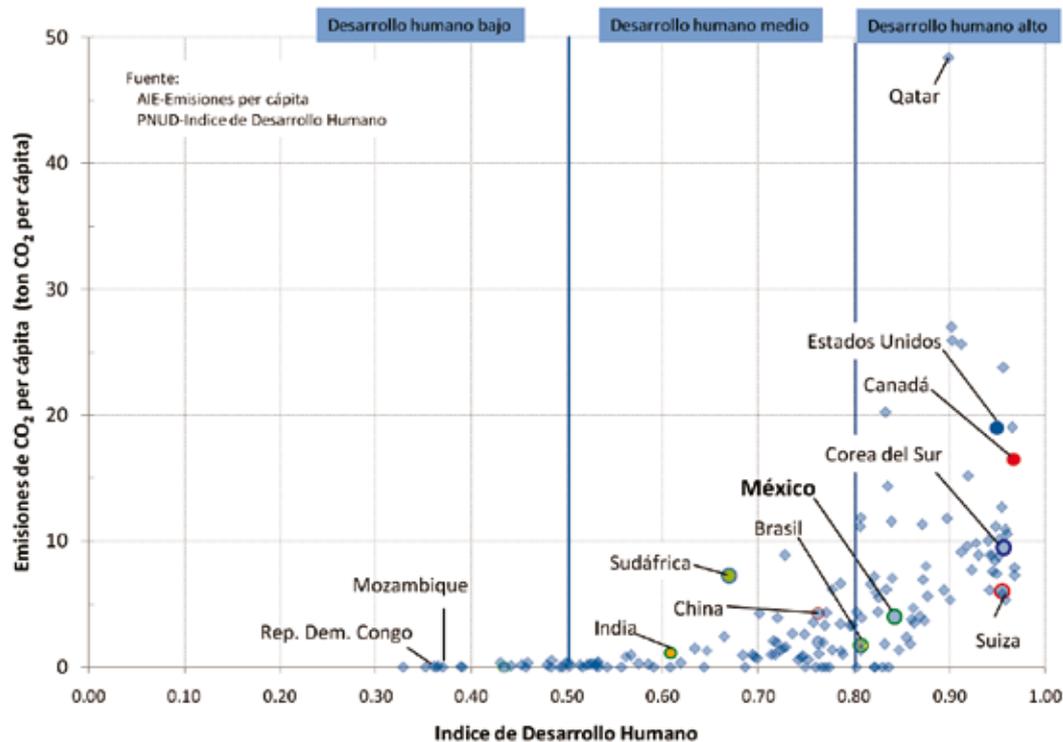


Figura II. 33 Comparación internacional de PIB per cápita e IDH, 2006



Fuentes de información: Emisiones de CO<sub>2</sub>: IEA ( 2008). "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion". PIB: UNDP (2008). "Human development Indices. A Statistical Update 2008". Población: IEA ( 2008). "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion". Índice de Desarrollo Humano (IDH): UNDP (2008). "Human Development Indices. A Statistical Update 2008".

Figura II. 34 Comparación internacional de emisiones per cápita e IDH, 2006



por nivel de emisiones per cápita. En aquellos países donde existe una mayor dependencia de combustibles tradicionales (como la biomasa) el nivel de desarrollo humano es menor y al mismo tiempo, su nivel de emisiones; por otro lado, en los países donde de manera preponderante existe un consumo de combustibles comerciales, generalmente fósiles, se emiten mayores emisiones de CO<sub>2</sub> y existe un nivel de desarrollo humano más alto.

En los últimos cinco años, México se presenta como un país que recién se integra a un nivel de desarrollo humano alto; sin embargo, su nivel de ingreso y de emisiones per cápita guarda más parecido con países cuyo nivel de desarrollo humano es medio, como se puede apreciar en las Figuras II.33 y II.34. De acuerdo a los datos del IDH 2006 y a las estimaciones de la AIE, México se ubica en el lugar 51 del mundo en términos de desarrollo

humano, en el lugar 55 en ingreso per cápita<sup>19</sup> y en el puesto 63 en emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita por quema de combustibles fósiles.

## Bibliografía

- BANXICO, 2003. Informe Anual 2002. Banco de México, México.
- . 2002. *Informe Anual 2001*. Banco de México, México.
- CMNUCC. 2003. Informe de la Conferencia de las Partes sobre su octavo período de sesiones. Decisiones Adoptadas por la Conferencia de las Partes. Decisión 17/CP.8 Directrices para la preparación de comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el anexo

<sup>19</sup> Considera el PIB per cápita a dólares constantes de 2000, con paridad del poder de compra (PPP) para los países.

- I de la Convención. Documento FCCC/CP/2002/7/Add. 2 página 4.
- CFE. 1997 y 2007. Informe anual. CFE, México.
- EIA. 2008. *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion. Highlights*. París, Francia.
- INE. 2006. *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2002*. INE, México. 346 pp.
- INE. 2007 Estimación de los factores de emisión. J. Arvizu. INE-IIE, México.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC). 1997, Directrices revisadas para Inventarios de Emisiones de GEI: Manual de Referencia. UNEP, WMO.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC). 2003, *Guías de las buenas prácticas para USCUS*. IGES, UNEP, WMO.
- PEMEX. 2002. *Anuario estadístico 2001*. PEMEX, México. Disponible en: <http://www.pemex.com/files/content/Anuario Estadístico2001.pdf>.
- . 2009. *Anuario estadístico 2009*. PEMEX, México. Disponible en: PEMEX. 2002. Anuario estadístico 2001. PEMEX, México. Disponible en: <http://www.pemex.com/files/content/Anuario Estadístico2001.pdf>.
- PICC. 2000. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 2, Energía. Pp. 2.9. OMM-UNEP-IGES. Suiza.
- SEMARNAT. 2009 Comunicación con Unidad de Protección de la Capa de Ozono (UPO-SEMARNAT). México.
- . 2006 Reglamento Interior publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 2006, en su artículo 110 fracción XLIX.
- . 1993. NOM-052-SEMARNAT-1993 Norma oficial mexicana, que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- SENER. 2009. *Balance Nacional de Energía 2008*. SENER, México. Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/web-Sener/portal/index.jsp?id=48>.
- SENER. 2006. Balance Nacional de Energía 2006. SENER, México.

Cuadro II. 21 Países que representan el 90% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles [1A], 2006

País	Índice de desarrollo humano	Población (millones)	PIB (miles de millones dólares) 2000	PIB (miles de millones dólares) 2000, PPP	Emissiones de CO <sub>2</sub> (millones ton)	Contribución a emisiones globales (%)	Total acumulado (millones de Ton CO <sub>2</sub> )	PIB per cápita (dólares 2000)	PIB per cápita (dólares 2000, PPP)	CO <sub>2</sub> per cápita (ton per cápita)	CO <sub>2</sub> por PIB (kg CO <sub>2</sub> por dólar 2000)	CO <sub>2</sub> por PIB (kg CO <sub>2</sub> por dólar 2000, PPP)
1 Estados Unidos	0.95	299.8	11,265.2	11,265.2	5696.8	20.34%	5,696.8	\$37,572	\$37,572	19.00	0.51	0.51
2 China	0.76	1,311.8	2,092.2	8,685.0	5606.5	20.02%	11,303.3	\$1,595.00	\$6,621.00	4.27	2.68	0.65
3 India	0.61	1,109.8	703.3	3,671.2	1249.7	4.46%	12,553.1	\$634.00	\$30,308.00	1.13	1.78	0.34
4 Japón	0.96	127.8	5,087.1	3,538.1	1212.7	4.33%	13,765.8	\$39,818.00	\$27,694.00	9.49	0.24	0.34
5 Alemania	0.94	82.4	2,011.2	2,254.4	823.5	2.94%	14,589.2	\$24,417.00	\$27,373.00	10.00	0.41	0.37
6 Reino Unido	0.94	60.5	1,684.7	1,748.6	536.5	1.92%	15,125.7	\$27,832.00	\$28,888.00	8.86	0.32	0.31
7 Francia	0.96	63.2	1,468.3	1,695.0	377.5	1.35%	15,503.2	\$23,233.00	\$26,819.00	5.97	0.26	0.22
8 Italia	0.95	58.9	1,157.0	1,535.0	448.0	1.60%	15,951.2	\$19,657.00	\$26,078.00	7.61	0.39	0.29
9 Brasil	0.81	189.3	765.1	1,476.7	332.4	1.19%	16,283.6	\$4,041.00	\$7,800.00	1.76	0.43	0.23
10 Rusia	0.81	142.5	373.2	1,473.5	1587.2	5.67%	17,870.8	\$2,619.00	\$10,340.00	11.14	4.25	1.08
11 España	0.95	44.1	708.2	1,045.8	327.7	1.17%	18,198.5	\$16,070.00	\$23,731.00	7.43	0.46	0.31
12 México	0.84	104.8	665.2	1,030.5	416.3	1.49%	18,614.7	\$6,350.00	\$9,838.00	3.97	0.63	0.40
13 Canadá	0.97	32.6	844.6	1,017.0	538.8	1.92%	19,153.5	\$25,892.00	\$31,178.00	16.52	0.64	0.53
14 Corea del Sur	0.93	48.3	671.3	1,013.9	476.1	1.70%	19,629.6	\$13,899.00	\$20,992.00	9.86	0.71	0.47
15 Indonesia	0.73	223.0	219.3	796.3	334.6	1.20%	19,964.3	\$983.00	\$3,570.00	1.50	1.53	0.42
16 Austria	0.97	20.7	481.4	631.9	394.5	1.41%	20,358.7	\$23,211.00	\$30,469.00	19.02	0.82	0.62
17 Turquía	0.80	73.0	261.2	576.8	239.7	0.86%	20,598.5	\$2,580.00	\$7,905.00	3.29	0.92	0.42
18 Argentina	0.86	39.1	340.2	534.1	148.7	0.53%	20,747.2	\$8,693.00	\$13,649.00	3.80	0.44	0.28
19 Tailandia	0.79	63.4	165.0	522.0	217.0	0.77%	20,964.2	\$2,600.00	\$8,228.00	3.42	1.32	0.42
20 Irán	0.78	70.1	140.3	512.1	432.8	1.55%	21,397.0	\$2,002.00	\$7,305.00	6.17	3.08	0.85
21 Holanda	0.96	16.3	421.3	511.7	178.3	0.64%	21,575.4	\$25,783.00	\$31,314.00	10.91	0.42	0.35

Cuadro II. 21 Continúa

Pais	Índice de desarrollo humano	Población (millones)	PIB (miles de millones dólares) 2000	PIB (miles de millones dólares) 2000, PPP	Emisiones de CO <sub>2</sub> (millones ton)	Contribución a emisiones globales (%)	Total acumulado (millones de Ton CO <sub>2</sub> )	PIB per cápita (dólares 2000)	PIB per cápita (dólares 2000, PPP)	CO <sub>2</sub> per cápita (ton per cápita)	CO <sub>2</sub> por PIB (kg CO <sub>2</sub> por dólar 2000)	CO <sub>2</sub> por PIB (kg CO <sub>2</sub> por dólar 2000, PPP)
22	Polonia	38.1	211.6	498.8	306.0	1.09%	21,881.3	\$ 5,549.00	\$ 13,082.00	8.02	1.45	0.61
23	Sudáfrica	47.4	168.8	489.9	342.0	1.22%	22,223.3	\$ 3,562.00	\$ 10,338.00	7.22	2.03	0.70
24	Filipinas	86.3	99.4	400.2	66.5	0.24%	22,289.8	\$ 1,153.00	\$ 4,639.00	0.77	0.67	0.17
25	Arabia Saudita	23.7	239.6	357.2	340.0	1.21%	22,629.8	\$ 10,120.00	\$ 15,082.00	14.36	1.42	0.95
26	Pakistán	159.0	99.0	350.8	125.7	0.45%	22,755.5	\$ 623.00	\$ 2,206.00	0.79	1.27	0.36
27	Bélgica	10.5	258.1	314.0	117.2	0.42%	22,872.8	\$ 24,488.00	\$ 29,788.00	11.12	0.45	0.37
28	Colombia	45.6	105.6	131.7	59.4	0.21%	22,932.2	\$ 2,317.00	\$ 6,885.00	1.30	0.56	0.19
29	Ucrania	46.8	48.4	307.6	310.3	1.11%	23,242.5	\$ 1,035.00	\$ 6,574.00	6.63	6.41	1.01
30	Egipto	74.2	127.9	303.9	152.7	0.55%	23,395.2	\$ 1,724.00	\$ 4,098.00	2.06	1.19	0.50
31	Suecia	9.1	290.0	290.5	48.3	0.17%	23,443.5	\$ 31,938.00	\$ 31,992.00	5.32	0.17	0.17
32	Bangladesh	156.0	65.5	276.6	38.1	0.14%	23,481.5	\$ 420.00	\$ 1,773.00	0.24	0.58	0.14
33	Malasia	26.1	119.1	260.0	154.0	0.55%	23,635.5	\$ 4,562.00	\$ 9,958.00	5.90	1.29	0.59
34	Austria	8.3	215.2	259.1	72.8	0.26%	23,708.3	\$ 25,990.00	\$ 31,292.00	8.80	0.34	0.28
35	Grecia	11.2	164.0	259.0	94.0	0.34%	23,802.3	\$ 14,709.00	\$ 23,232.00	8.43	0.57	0.36
36	Suiza	7.6	274.7	250.3	44.1	0.16%	23,846.3	\$ 36,336.00	\$ 33,108.00	5.83	0.16	0.18
37	Viet Nam	84.1	48.4	246.0	82.6	0.30%	23,928.9	\$ 576.00	\$ 2,925.00	0.98	1.71	0.34
38	Hong Kong	6.9	222.8	230.7	41.9	0.15%	23,970.9	\$ 32,478.00	\$ 33,625.00	6.11	0.19	0.18
39	Argelia	33.4	71.8	212.6	85.9	0.31%	24,056.8	\$ 2,153.00	\$ 6,375.00	2.58	1.20	0.40
40	República Checa	10.3	72.5	196.7	121.0	0.43%	24,177.7	\$ 7,059.00	\$ 19,152.00	11.78	1.67	0.62
41	Rumania	21.6	52.6	187.9	94.7	0.34%	24,272.4	\$ 2,438.00	\$ 8,702.00	4.39	1.80	0.50

Cuadro II. 2.1 Continúa

País	Índice de desarrollo humano	Población (millones)	PIB (miles de millones dólares) 2000	PIB (miles de millones dólares) 2000, PPP	Emisiones de CO <sub>2</sub> (millones ton)	Contribución a emisiones globales (%)	Total acumulado (millones de Ton CO <sub>2</sub> )	PIB per cápita (dólares 2000)	PIB per cápita (dólares 2000, PPP)	CO <sub>2</sub> per cápita (ton per cápita)	CO <sub>2</sub> por PIB (kg CO <sub>2</sub> por dólar 2000)	CO <sub>2</sub> por PIB (kg CO <sub>2</sub> por dólar 2000, PPP)
42	Noruega	4.7	191.8	184.7	36.9	0.13%	24,309.3	\$ 41,159.00	\$ 39,642.00	7.91	0.19	0.20
43	Portugal	10.6	118.9	184.2	56.3	0.20%	24,365.6	\$ 11,238.00	\$ 17,406.00	5.32	0.47	0.31
44	Chile	16.4	96.2	180.0	59.8	0.21%	24,425.4	\$ 5,853.00	\$ 10,953.00	3.64	0.62	0.33
45	Venezuela	27.0	146.6	175.2	149.2	0.53%	24,574.6	\$ 5,427.00	\$ 6,486.00	5.52	1.02	0.85
46	Dinamarca	5.4	177.2	170.1	55.2	0.20%	24,629.8	\$ 32,574.00	\$ 31,263.00	10.14	0.31	0.32
47	Israel	7.1	133.7	167.5	62.6	0.22%	24,692.5	\$ 18,957.00	\$ 23,760.00	8.89	0.47	0.37
48	Perú	27.6	70.6	162.4	27.9	0.10%	24,720.4	\$ 2,559.00	\$ 5,887.00	1.01	0.40	0.17
49	Hungría	10.1	61.5	160.7	56.4	0.20%	24,776.8	\$ 6,107.00	\$ 15,956.00	5.60	0.92	0.35
50	Finlandia	5.3	145.0	158.0	66.8	0.24%	24,843.6	\$ 27,514.00	\$ 29,989.00	12.68	0.46	0.42
51	Irlanda	4.3	133.2	150.1	44.9	0.16%	24,888.5	\$ 31,341.00	\$ 35,318.00	10.57	0.34	0.30
52	Nigeria	144.7	63.5	145.9	51.4	0.18%	24,940.0	\$ 439.00	\$ 1,008.00	0.36	0.81	0.35
53	Marruecos	30.5	43.9	132.6	39.8	0.14%	24,979.8	\$ 1,439.00	\$ 4,346.00	1.30	0.91	0.30
54	Singapur	4.5	121.6	124.4	43.1	0.15%	25,022.9	\$ 27,150.00	\$ 27,757.00	9.63	0.35	0.35
55	Kazajstán	15.3	33.1	117.1	182.0	0.65%	25,204.8	\$ 2,164.00	\$ 7,651.00	11.89	5.49	1.55
Total mundial		6,536.0	37,759.4	57,564.5	28,002.7	100.00%		\$ 5,777	\$ 8,807	4.28	0.74	0.49

Fuentes de información:

Emisiones de CO<sub>2</sub>: IEA (2008). "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion".

PIB: UNDP (2008). "Human Development Indices. A Statistical Update 2008".

Población: IEA (2008). "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion".

Índice de Desarrollo Humano (IDH): UNDP (2008). "Human Development Indices. A Statistical Update 2008".

\* Notas: (NE) No Estimado; (AI) Anexo I; (NAI) No Anexo I; (LAC) Latinoamérica y el Caribe; (G8+5) Países del G8 más Brasil, China, India, México y Sudáfrica; (OCDE) Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

## ANEXO

### Potencial de calentamiento (conversión a CO<sub>2</sub> eq.)

Gas de efecto invernadero	Potencial de calentamiento
Bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	21
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	310
HFC-23	11,700
HFC-125	2,800
HFC-143a	3,800
HFC-236fa	6,300
Perfluorometano (CF <sub>4</sub> )	6,500
Perfluoroetano (C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )	9,200
Perfluorobutano (C <sub>4</sub> F <sub>10</sub> )	7,000
Perfluorohexano (C <sub>6</sub> F <sub>14</sub> )	7,400
Hexafloruro de azufre (SF <sub>6</sub> )	23,900

Fuente: Segundo Informe de Evaluación, PICC.

# III. Arreglos institucionales para aplicar la Convención

## 3.1 Políticas gubernamentales de México

Para conocer cómo se ha organizado el país y responder al problema del cambio climático global resulta necesaria una referencia a la estructura del Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.

México es una República representativa, democrática federal, con tres poderes: Ejecutivo, Legislativo y Judicial, de acuerdo a lo establecido por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

El Poder Ejecutivo es ejercido por el Presidente de la República, quien en cumplimiento con lo dispuesto en el Artículo 26 de la Constitución, tiene la obligación de organizar “un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía”; mediante un Plan Nacional de Desarrollo (PND), al que se sujetarán obligatoriamente los programas de la Administración Pública Federal (APF).

El PND establece los objetivos nacionales, las estrategias y las prioridades que deberán regir la acción del Gobierno, llevados a cabo a través de las Secretarías de Estado<sup>1</sup> mediante sus Programas Sectoriales (PS).

---

<sup>1</sup> Las Secretarías de Estado tienen a su cargo un ramo de la Administración Pública Federal. Las Secretarías que conforman el Gabinete del Presidente de la República, a noviembre del 2009, son las

El PND 2007-2012 asume como premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable, e incorpora criterios de impacto y riesgo ambiental, uso eficiente y racional de los recursos naturales, e incluye por primera vez de manera explícita el tema del cambio climático, con dos objetivos específicos y sus respectivas estrategias (PND 2007-2012) (Cuadro III.1).

Los Programas Sectoriales (2007-2012)<sup>2</sup> de siete Secretarías del Gobierno Federal han incluido líneas de acción para enfrentar el cambio climático, sumando un total de 17 objetivos y 39 estrategias (Cuadro III.2).

## 3.2 Coordinación de las acciones transversales de política pública en materia ambiental

El PND 2007-2012 establece acciones transversales con el propósito de mejorar y consolidar la coordina-

---

siguientes: Gobernación; Relaciones Exteriores; Defensa Nacional; Marina; Seguridad Pública; Hacienda y Crédito Público; Desarrollo Social; Medio Ambiente y Recursos Naturales; Energía; Economía; Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Comunicaciones y Transportes; Función Pública; Educación Pública; Salud; Trabajo y Previsión Social; Reforma Agraria, y Turismo.

<sup>2</sup> Los programas sectoriales se pueden consultar en la página Web: <http://www.presidencia.gob.mx/progsectoriales>.

**Cuadro III.1. Objetivos y estrategias del PND 2007-2012, en materia de cambio climático.**

Objetivo	Estrategia
Objetivo 10: Reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero	Estrategia 10.1 Impulsar la eficiencia y tecnologías limpias (incluyendo la energía renovable) para la generación de energía.
	Estrategia 10.2 Promover el uso eficiente de energía en el ámbito doméstico, industrial, agrícola y de transporte.
	Estrategia 10.3 Impulsar la adopción de estándares internacionales de emisiones vehiculares.
Objetivo 11: Impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático.	Estrategia 11.1 Promover la inclusión de los aspectos de adaptación al cambio climático en la planeación y quehacer de los distintos sectores de la sociedad.
	Estrategia 11.2 Desarrollar escenarios climáticos regionales de México.
	Estrategia 11.3 Evaluar los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos.
	Estrategia 11.4 Promover la difusión de información sobre los impactos, vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático.

Fuente: elaboración propia con datos del PND 2007-2012.

**Cuadro III.2. Objetivos y estrategias ante cambio climático incluidas en algunos programas sectoriales**

Secretaría de Estado	Objetivos	Estrategias
Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	1	4
Comunicaciones y Transportes	2	3
Desarrollo Social	---	1
Energía	1	2
Medio Ambiente y Recursos Naturales	10	25
Salud	1	1
Turismo	2	3
Total	17	39

Fuente: elaboración propia con datos de los Programas Sectoriales.

ción interinstitucional y la integración intersectorial en sus políticas públicas. En materia ambiental la función corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2008; PND 2007-2012).

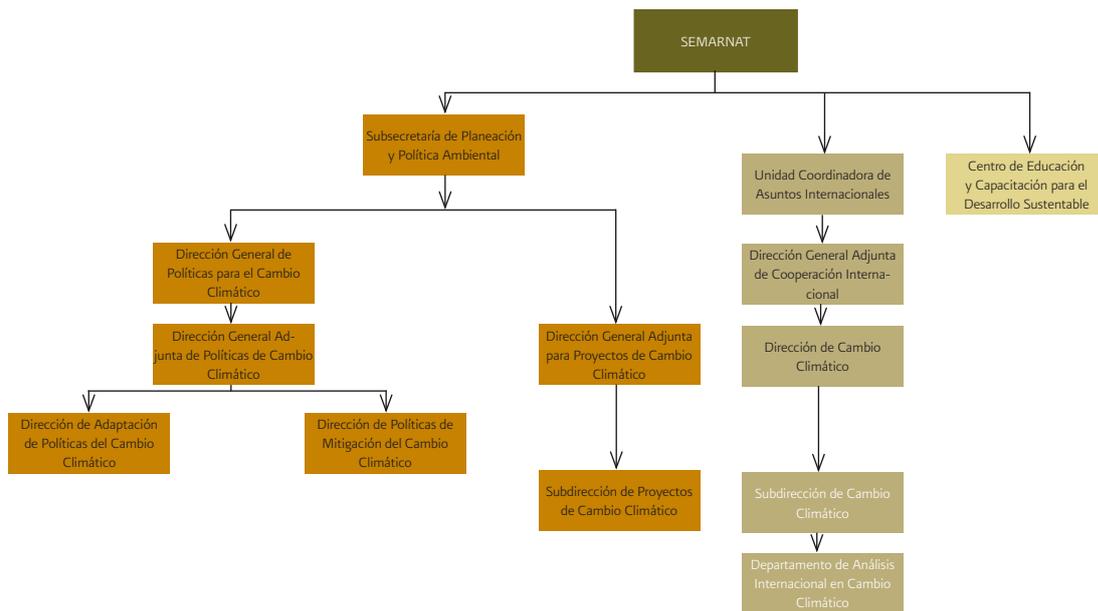
La SEMARNAT cuenta con tres Subsecretarías: Planeación y Política Ambiental; Fomento y Normatividad Ambiental, y Gestión para la Protección Ambiental. La Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, para temas relacionados al cambio climático, cuenta con la Dirección General Adjunta para Proyectos de Cambio Climático, y la Dirección General de Políticas para el Cambio Climático.<sup>3</sup>

Además en esta Secretaría existe una Unidad Coordinadora de Asuntos Internacionales (UCAI), con un área de Cambio Climático, y el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) (Figura III.1) (SEMARNAT 2009a).

El CECADESU es la Unidad de la SEMARNAT que se coordina con las dependencias y entidades competentes de la APF, para el diseño, desarrollo y supervisión de programas de educación ambiental y capacitación para el desarrollo sustentable. Colabora con la Secretaría de Educación Pública para establecer y fortalecer programas educativos en materia ambiental, que incluyen cambio climático en los diversos niveles y modalidades del Sistema Educativo Nacional.

<sup>3</sup> <http://www.semarnat.gob.mx/queessesemarnat/Documents/organigrama/400%20SSPPA.pdf>.

Figura III.1. Áreas que atienden el tema de cambio climático en las oficinas centrales de la SEMARNAT



Fuente: elaboración propia con información de SEMARNAT, 2009c.

La UCAI es el conducto formal de la Secretaría para la coordinación de los aspectos internacionales de programas, actividades, eventos y foros, y para el control de la gestión de todas las actividades internacionales de la dependencia. Asimismo, tiene a su cargo la suscripción de acuerdos ambientales con entidades extranjeras y organismos internacionales, a través de la Secretaría de Relaciones Exteriores (SEMARNAT 2009a).

La SEMARNAT cuenta con el apoyo de las Delegaciones Federales y de los siguientes órganos desconcentrados: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); Instituto Nacional de Ecología (INE); Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); también cuenta con los órganos descentralizados: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), así como un órgano intersecretarial, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

### 3.3 Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

En 2005, el Gobierno Mexicano creó la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) como órgano federal responsable de formular políticas públicas y estrategias transversales para la prevención y mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la adaptación a los efectos adversos del cambio climático y, en general, para el desarrollo de programas y estrategias de acción climática, así como los relativos al cumplimiento de los compromisos suscritos por México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y demás instrumentos derivados de ella, particularmente el Protocolo de Kioto.

La CICC está integrada por los titulares de las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Comunicaciones y Transportes (SCT); Economía (SE); Desarrollo Social (SEDESOL); Energía (SENER), Gobernación (SEGOB), Relaciones Exteriores (SRE), Secretaría de Hacienda

y Crédito Público (SHCP) y Secretaría de Salud (SS SALUD), y como invitados permanentes la Secretaría de Turismo (SECTUR) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En algunos de sus Grupos de Trabajo participan otras Secretarías o dependencias federales (Figura III.2) (SEMARNAT, 2009b).

Entre las principales funciones de la CICC (artículo tercero del Acuerdo que la crea) se cuentan:

- Formular y someter a consideración del Presidente de la República las políticas y estrategias nacionales de cambio climático, para su incorporación en los programas y acciones sectoriales correspondientes [Fracción I].
- Promover y coordinar la instrumentación de las estrategias nacionales de acción climática en los respectivos ámbitos de competencia de las dependencias y entidades federales [Fracción II].
- Promover la realización y actualización permanente de las acciones necesarias para cumplir con los objetivos y compromisos de la CMNUCC [Fracción III].
- Fungir como Autoridad Nacional Designada para los fines relativos al Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto [Fracción IV].
- Formular las posiciones nacionales a adoptar ante los foros y organismos internacionales en la materia [Fracción V].
- Revisar los documentos de diseño de proyectos de reducción y captura de emisiones de GEI y expedir las Cartas de Aprobación correspondientes a los desa-

rolladores que deseen obtener registro ante el MDL del Protocolo de Kioto [Fracción VII].

- Promover en los sectores privado y social, así como en las instancias competentes de los tres órdenes de gobierno, el desarrollo y registro de proyectos de reducción y captura de emisiones [Fracción X].
- Sistematizar la información de acción climática y difundirla a nivel nacional, incluyendo un reporte público anual con los avances de México en la materia [Fracciones XII y XIII] (SEMARNAT 2009b).

La presidencia de la CICC está a cargo permanentemente del Titular de la SEMARNAT, el presidente suplente es el Subsecretario de Planeación y Política Ambiental de esta Secretaría, quien también es responsable del Secretariado Técnico de la Comisión, a través de su Dirección General Adjunta para Proyectos de Cambio Climático. En el cumplimiento de sus funciones, la CICC cuenta con los siguientes grupos de trabajo (SEMARNAT, 2009b):

- **Grupo de Trabajo para el Programa Especial de Cambio Climático (GT-PECC)**, coordinado por la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la SEMARNAT, reúne la información para los reportes públicos anuales de acción climática de la CICC. Este grupo coordinó la formulación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC), publicada en 2007. Con base en la ENACC, se elaboró el Programa

Figura III.2. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.



Fuente: modificado de SEMARNAT, 2009.

Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012. Para apoyar la elaboración del PECC, se realizaron varios estudios complementarios, entre los que destaca, “La economía del cambio climático en México”, (SEMARNAT-SHCP, 2009); “El cambio climático en México y el potencial de reducción de emisiones por sectores”, (Quadri, 2008); “Low-Carbon Growth, A Potential Path For Mexico”, (CMM McKinsey, 2008) y “Low-Carbon Development for Mexico” (Banco Mundial 2009).

- **Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGE)**, coordinado por la Dirección General Adjunta para Proyectos de Cambio Climático, está encargado de promover, difundir y evaluar proyectos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL, previsto en el Artículo 12 del Protocolo de Kioto).
- **Grupo de Trabajo sobre Asuntos Internacionales (GT-INT)**, coordinado por la Secretaría de Relaciones Exteriores, promueve la concertación intersecretarial para definir la posición de México en foros internacionales, particularmente en las Conferencias de las Partes de la CMNUCC, en la Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto, y en las reuniones de los Órganos Subsidiarios de la CMNUCC.
- **Grupo de Trabajo sobre Políticas y Estrategias de Adaptación (GT-ADAPT)**, coordinado por el INE y constituido por las nueve Secretarías miembros de la CICC, y las Secretarías de Turismo y la de Gobernación a través de la Coordinación General de Protección Civil y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Con base en el artículo 10 del Acuerdo que da existencia a la Comisión, se creó un Consejo Consultivo de Cambio Climático (C4), como órgano permanente de consulta de la CICC. El C4 da seguimiento a los trabajos de la Comisión y presenta recomendaciones que conduzcan a mejorar o fortalecer las acciones de la misma. Está constituido por 24 especialistas de los sectores académico, social y privado, y lo preside el Dr. Mario Molina Pasquel, premio Nobel de Química 1995 (SEMARNAT, 2009b).

## 3.4 Consejo Nacional de Energía

El Consejo Nacional de Energía, tiene como tareas principales proponer a la SENER criterios y elementos de política energética, así como participar en la elaboración de la Estrategia Nacional de Energía. Su creación se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en noviembre de 2008, como una reforma del Artículo 33 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

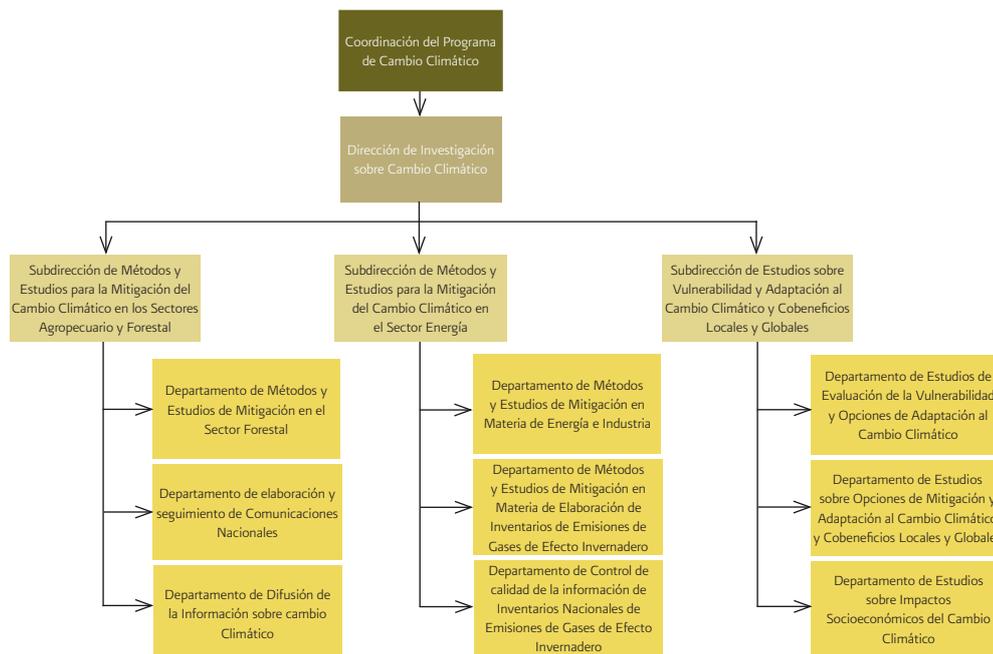
El Consejo Nacional de Energía cuenta con un Foro Consultivo en el que participan, según los temas a considerar, representantes de los poderes legislativos federal y estatales, autoridades locales, instituciones públicas de educación superior e investigación científica y los sectores social y privado, para contribuir al desempeño de las tareas de planeación que competen al Consejo y promover la participación ciudadana.

El Consejo se encuentra conformado por el Titular y los Subsecretarios de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, de Hidrocarburos, y de Electricidad, así como el Oficial Mayor de la SENER; el Presidente de la Comisión Nacional de Hidrocarburos, el Presidente de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), y los Directores Generales de: la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, antes CONAE), la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas, Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (SENER, 2009a).

## 3.5 Consejo Consultivo para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

Este Consejo es una instancia de carácter consultivo de la CONUEE, que tiene por objeto evaluar el cumplimiento de los objetivos, estrategias, acciones y metas establecidos en el Programa Nacional para el Aprove-

Figura III.3 Estructura de la Coordinación del Programa de Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología



chamiento Sustentable de la Energía, el cual está siendo elaborado por la SENER, por conducto de la CONUEE, y será un Programa Especial en términos de la Ley de Planeación.<sup>4</sup>

Entre las principales funciones del Consejo destacan la propuesta de mecanismos para la planeación, desarrollo y ejecución de los programas de eficiencia energética y la promoción de la participación y la vinculación de las organizaciones de la sociedad civil y el sector privado, las instituciones académicas y del sector público, así como de la población en general, en la aplicación de los programas en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

Según lo estipulado en la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, LASE (véase apartado 5.1.2), el Consejo es presidido por el Titular de la Secretaría de Energía, y está integrado por seis investigadores académicos miembros del Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT),

4 [www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/doc/59.doc](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/doc/59.doc). Consultado el 26 de octubre de 2009.

designados por la Secretaría de Energía, a propuesta de la CONUEE. Este Consejo se instauró en octubre de 2009 (SENER 2009b).

### 3.6 Consejo Consultivo para las Energías Renovables

En octubre del 2009 se instaló el Consejo Consultivo para las Energías Renovables, el cual tiene como tareas principales emitir, para la SENER, opiniones especializadas sobre los temas de energías renovables, incluidas aquellas que se encuentran plasmadas en el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, así como apoyar a la Secretaría de Energía en el diseño de políticas públicas que promuevan la participación de personas y de sectores involucrados en este tema, con el objetivo de formular y aplicar medidas que fomenten la transición energética.

De acuerdo a la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (véase apartado 5.1.2) son 14 integrantes

tes los que conforman el Consejo Consultivo, un representante de la SEMARNAT, SE, SHCP y SAGARPA; así como un representante de la CRE, un representante de la CONUEE, un representante de CFE y representantes diversos del sector energético del país; fundamentalmente están los líderes en este tema que han realizado trabajos y estudios en nuestro país, las Asociaciones y el Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

### 3.7 Elaboración de comunicaciones nacionales

El INE-SEMARNAT, tiene dentro de sus funciones contribuir al cumplimiento de los compromisos adquiridos por México ante la CMNUCC y ante la comunidad internacional. A través de la Coordinación del Programa de Cambio Climático (CPCC) (Figura III.3), es responsable de actualizar de manera periódica el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI); realizar estudios para la mitigación de emisiones de GEI; la evaluación de la vulnerabilidad y las opciones de adaptación al cambio climático; desarrollar escenarios de emisiones de GEI; realizar estudios sobre cobeneficios de la mitigación de las emisiones de GEI, y coordinar la elaboración de las comunicaciones nacionales ante la CMNUCC.

La elaboración de las comunicaciones nacionales se realiza con la participación de diversos centros de investigación e instituciones de educación superior, públicos y privados del país; las diferentes dependencias del Gobierno, así como organizaciones no-gubernamentales (ONG) y el sector privado.

A partir de la Primera Comunicación se ha logrado aumentar y reforzar las capacidades institucionales y técnicas necesarias para el desarrollo a través de un proceso continuo. Algunos de los científicos y técnicos que colaboran en este proceso también participaron en los grupos de trabajo del Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, (PICC) en 2007.

## Bibliografía

- Banco Mundial 2009. México; Low Carbon Development for Mexico. Johnson, Todd, Claudio Alatorre, Zayra Romo y Feng Liu. Banco Mundial, Washington, D.C.
- CMM-McKinsey 2008. Crecimiento de bajo carbono. Una ruta potencial para México (Low Carbon Growth: a potential Path for México). Reino Unido.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 2009 (original 1917). Última reforma publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 24 de agosto. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/cpeum.htm>.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2005. ACUERDO por el que se crea con carácter permanente la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Lunes 25 de abril. Disponible en: [http://www.semarnat.gob.mx/queesse-marnat/politica\\_ambiental/cambioclimatico/Documents/CICC/050425%20DOF%20Acuerdo.crea.CICC.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/queesse-marnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Documents/CICC/050425%20DOF%20Acuerdo.crea.CICC.pdf).
- Presidencia de la República. 2007. *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. México. Disponible en: <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx>.
- Quadri, G. 2008. El cambio climático en México y potencial de emisiones por sectores. México.
- SEMARNAT. 2008. Logros de la Instrumentación de la Estrategia de Transversalidad de Políticas Públicas para el Desarrollo Sustentable en la Administración Pública Federal (APF) en 2008, México D.F. 55 pp.
- . 2009a. Oficina del C. Subsecretario de Planeación, disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/queesse-marnat/Documents/organigrama/400%20SSPPA.pdf>.
- . 2009b. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Disponible en: [http://www.semarnat.gob.mx/queesse-marnat/politica\\_ambiental/cambioclimatico/Pages/cicc.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/queesse-marnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/cicc.aspx).
- . 2009c. <http://www.semarnat.gob.mx/queesse-marnat/Pages/estructuraorganica.aspx>.
- SENER. 2009a. Tercer informe de labores. Secretaría de Energía, México.
- . 2009b. <http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/instalacion>.



# IV. Programas que comprenden medidas de adaptación al cambio climático (impactos, vulnerabilidad y adaptación)

## 4.1 Introducción

Los desastres de origen meteorológico ocasionan impactos negativos en la población, el medioambiente, y diversos sectores económicos. La magnitud de los fenómenos meteorológicos extremos se ha incrementado, lo cual es difícil atribuir o no directamente al cambio climático; sin embargo el país es cada vez más vulnerable a condiciones extremas de tiempo y clima. En tanto que las circunstancias de rezago y desigualdad, tanto económica como social, están relacionadas con el incremento de la vulnerabilidad en los sistemas humanos y naturales. El crecimiento de la vulnerabilidad hace que los impactos sean de mayor magnitud, incrementando el riesgo y la probabilidad de que éste se materialice en desastre. Por ello es preocupante la proyección de un clima, diferente al actual, con impactos adversos en los sistemas humanos y naturales.

Las lluvias de más de 400 mm en un solo día,<sup>1</sup> producidas por frentes fríos (conocidos como “nortes”) o huracanes, han tenido serias consecuencias para las sociedades del norte y el sur de México, principalmente. En contraste, las sequías, que se presentan en forma recurrente, afectan a la agricultura y limitan la disponibilidad de agua a los centros urbanos, provocando malestar social. Estos ejemplos de condiciones extremas de tiempo

---

<sup>1</sup> La lluvia promedio anual del país en el periodo 1941 a 2008 fue alrededor de 776.4 mm (SMN 2009).

y clima, orientan a revisar la forma en que se manejan los recursos naturales y finalmente, las estrategias de desarrollo seguidas hasta ahora.

Las tendencias de la temperatura en México (véase sección 1.1.3 del capítulo I), son consistentes con lo publicado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC 2007) a escala global. Los incrementos de temperatura, un ciclo hidrológico extremo y la elevación del nivel del mar, son ya detectables en diversas partes del territorio. Aunque resta por demostrar si se trata de señales del calentamiento global, no hay duda de que transitamos a una nueva condición climática, lo que hace necesario definir estrategias de adaptación a nivel local, regional y nacional, que consideren la variabilidad climática<sup>2</sup> y el cambio climático.<sup>3</sup>

Las medidas de adaptación, como parte de la gestión del riesgo ante el cambio climático, son un componente del esquema de desarrollo que toda nación requiere plantearse. En México, se trabaja en identificar los impactos potenciales del calentamiento del plane-

---

<sup>2</sup> La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados.

<sup>3</sup> Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.

ta; en generar capacidades de adaptación entre actores e instituciones clave; y en definir los mecanismos para implementar acciones de reducción de la vulnerabilidad. Los esfuerzos de Gobierno, en conjunto con académicos y sociedad, se encaminan a la adaptación planificada, participativa y flexible.

El capítulo presenta las principales acciones del país relacionadas con la adaptación y analiza los estudios posteriores a la Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (INE 2006a), en materia de diagnóstico de impactos y vulnerabilidad ante condiciones extremas del clima. A partir de estos estudios se empieza a construir propuestas de adaptación para aminorar los efectos negativos del cambio climático en sectores y sistemas como: agua, agricultura, biodiversidad, salud, y energía, por mencionar algunos; lo anterior con el objetivo de construir capacidades para la adaptación.

## **4.2 Principales acciones de adaptación consideradas en programas nacionales y sectoriales de México**

La adaptación plantea un profundo reto a las políticas públicas, ya que reducir la vulnerabilidad de las personas y sus bienes; de la infraestructura y los ecosistemas, conlleva a actuar en función del largo plazo, y trascender la temporalidad de políticas y programas. Por ello es importante revisar y fortalecer el sistema de planificación para horizontes temporales de décadas, de tal modo que sobrepase las medidas reactivas de corto plazo, y sea capaz de orientar la evolución espacial de la economía, los asentamientos humanos y la infraestructura. El proceso de adaptación también debe considerar los beneficios adicionales que pudieran surgir por las nuevas condiciones climáticas, por la introducción de tecnologías sustentables y por las oportunidades de negocio (PECC 2009).

### **4.2.1 Acciones de la Administración Pública Federal**

El *Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012* constituye el instrumento base de planeación del Gobierno Federal con un horizonte de seis años. El PND da origen a los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales, en los cuales se especifican los objetivos, las metas, las estrategias y políticas a implementar en el periodo sexenal.

El cuarto eje de política pública del PND, sustentabilidad ambiental, específicamente en el apartado de medio ambiente, menciona en su objetivo 11 que es prioritario para la planeación del desarrollo del país, impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático. Para ello se presentan cuatro estrategias: a) diseñar y desarrollar capacidades nacionales de adaptación; b) desarrollar escenarios climáticos regionales para México; c) evaluar los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos; y d) promover la difusión de información sobre impactos, vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos.

Con el fin de coadyuvar al cumplimiento de los objetivos en relación con la atenuación de los impactos negativos del cambio climático y la adaptación a los efectos adversos del mismo, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) (véase el capítulo III sobre arreglos institucionales) desarrolló la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC), presentada por el Presidente de México en mayo de 2007. La ENACC plantea líneas de acción en materia de reducción de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático y destaca que en el diseño adaptativo frente al fenómeno se cuenta con algunas capacidades básicas instaladas en diferentes áreas que permiten reaccionar ante situaciones de emergencia y son una base inicial para desarrollar estrategias y acciones de adaptación con enfoque preventivo (CICC 2007).

La CICC, a través del Grupo de Trabajo sobre Políticas y Estrategias de Adaptación (GT-ADAPT), coordinado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT),

identificó, en conjunto con varias de las dependencias de la Administración Pública Federal (APF), acciones de adaptación frente a los principales impactos previsibles del cambio climático, lo que constituyó un insumo para desarrollar el capítulo de adaptación del Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012.

El PECC deja en claro que México otorga la misma importancia a las tareas de adaptación al cambio climático que a las de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En materia de adaptación, el PECC presenta políticas públicas para atender siete sistemas humanos y naturales, y uno sobre enfoque de gestión de riesgo. En resumen, se plantean 37 objetivos y 142 metas de adaptación. En el mismo Programa se presentan los elementos fundamentales de las políticas y acciones de carácter transversal en torno al cambio climático, que acompañan los esfuerzos en materia de mitigación de emisiones de GEI y adaptación como son la política exterior; el fortalecimiento institucional; la economía del cambio climático; la educación, capacitación, información y comunicación; y las actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

La visión del PECC respecto a la adaptación y desarrollo de capacidades estratégicas al 2050 considera tres grandes etapas (PECC 2009):

1. Etapa de evaluación de la vulnerabilidad y valoración económica de medidas prioritarias, en el periodo 2009-2012, su principal producto será el diseño de un sistema integral de adaptación.
2. Etapa de fortalecimiento de capacidades estratégicas de adaptación, nacionales, regionales y sectoriales, del 2013 al 2030.
3. Etapa de consolidación de las capacidades construidas, entre 2031 y 2050, conducirá a lograr las metas de adaptación de largo plazo.

En el PND 2007-2012 se reconoce al cambio climático como un problema ambiental y de desarrollo, por lo que algunas de las Secretarías de Estado con apoyo del GT-ADAPT integraron consideraciones de adaptación y escenarios de cambio climático en sus agendas de trabajo y en los programas sectoriales 2007-2012.

En los siguientes apartados se describen brevemente los principales programas, y en su caso acciones concretas que han llevado a cabo diferentes instituciones gubernamentales en materia de adaptación; la información proviene de los programas sectoriales 2007-2012 o fue proporcionada por las dependencias del Ejecutivo Federal.

#### **4.2.2 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007-2012**

El *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PSMAyRN) 2007-2012* tiene como marco de referencia la sustentabilidad ambiental, uno de los cinco ejes del PND. En el PSMAyRN se plantean tres objetivos principales: a) instrumentar la ENACC; b) reconocer la vulnerabilidad de diferentes sectores sociales frente al cambio climático e iniciar proyectos para el desarrollo de capacidades nacionales y locales de adaptación; y c) prevenir los riesgos derivados de fenómenos hidrometeorológicos y atender sus efectos.

Como parte de la agenda de transversalidad de las políticas públicas que la SEMARNAT establece con otras dependencias de la APF, se menciona como objetivo principal el impulsar acciones para fomentar de manera equilibrada tanto la mitigación de emisiones de GEI como la adaptación al cambio climático. Algunas de las acciones sectoriales sobre adaptación que propone son: a) potenciar el Ordenamiento Ecológico y Territorial como instrumento preventivo frente a los impactos previsibles del cambio climático; b) fortalecer el desarrollo de los Atlas de Riesgo para distintos niveles de toma de decisiones y habilitar su aplicación; y c) considerar una elevación del nivel medio del mar de 40 cm como línea base para la planeación y construcción de infraestructura costera.

Por otra parte, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), órgano desconcentrado de la SEMARNAT, está encargada de la Administración de las Áreas Naturales Protegidas (ANP); actualmente existen 171 que representan más del 12% del territorio nacional; entre 2007 y 2009 se ha incrementado la superficie bajo régimen de pro-

tección federal en aproximadamente 8.2%. Las ANP además de ser refugios para la biodiversidad, son sumideros de carbono de alta relevancia. La selección y decreto de nuevas áreas puede significar un importante estímulo para la estabilidad y mantenimiento de carbono en suelos y en la biomasa, y el mantenimiento de servicios ecosistémicos. Para mayor detalle de las acciones que ha realizado la CONANP véase el apartado 5.4.2.

### ***Programa Nacional Hídrico 2007-2012***

El programa establece las acciones a seguir por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) enfocadas en materia de adaptación al cambio climático. Algunos de sus objetivos son: a) prevenir los riesgos derivados de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos extremos y atender sus efectos; y b) evaluar los efectos del cambio climático en el ciclo hidrológico. Algunas de las acciones más relevantes que realizó la CONAGUA en el periodo 2007-2009 son:

- Desarrolló software para identificar en forma automática estadísticas de eventos extremos en cuanto a temperaturas y lluvias.
- Captura la información climatológica disponible en el archivo climatológico del Servicio Meteorológico Nacional.
- Genera regionalizaciones del clima para México.
- Finalizó la experimentación y las corridas de un modelo de pronóstico meteorológico de mesoescala para generar escenarios de cambio climático a partir de las salidas de cada 6 horas de un modelo de circulación general.
- Realizó los estudios sobre: "Metodología para la reconstrucción homogénea del clima de México en el siglo XX" y "Metodología más afín a México para la reconstrucción de la variable de la evapotranspiración".

### ***Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad***

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) dio inicio a un programa de monitoreo de dos ecosistemas prioritarios, manglares y bosque mesófilo de montaña, con el fin de generar información confiable para la toma de decisiones relacionada con su conservación y el uso de la biodiversidad y con el objetivo de documentar los cambios que están ocurriendo en los ecosistemas de nuestro país. Como parte del programa, durante 2008 y 2009 la CONABIO en colaboración con la Secretaría de Marina, diversas instituciones del sector ambiental y la participación de instituciones académicas del país, generó un mapa de los manglares de México a una escala 1:50,000 con técnicas de percepción remota.

Sin duda, los corredores biológicos serán elementos clave en la conservación de la biodiversidad ante el cambio climático. El Corredor Biológico Mesoamericano-México es uno de los proyectos ambientales más novedosos e importantes del mundo, por su pertinencia, integralidad regional y por conciliar la conservación de la biodiversidad con su uso y manejo sustentable. El Gobierno Federal otorga a esta región una atención prioritaria, en el marco de las acciones de cooperación Sur-Sur, del PND, y en congruencia con el esfuerzo por hacer frente a los retos que impone una economía mundial cada día más globalizada.

En el proceso de elaboración de Estudios Estatales de Biodiversidad, se realizan esfuerzos por compilar conocimiento sobre los impactos del cambio climático en la biodiversidad de las entidades de Chihuahua, Jalisco, Colima, Guanajuato, Puebla, Veracruz, Chiapas, Yucatán, Campeche y Quintana Roo. Por otro lado, en el desarrollo de las Estrategias de Biodiversidad de Michoacán (publicada en 2007) y Aguascalientes (en proceso de elaboración) se han incluido líneas estratégicas que abarcan acciones de mitigación de emisiones de GEI y adaptación al cambio climático que favorezcan la conservación de la biodiversidad.

La publicación más reciente de la CONABIO que incluye información sobre cambio climático y biodiver-

sidad es la obra Capital Natural de México (véase la sección 6.4.5).

### 4.2.3 Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012

Este programa reconoce que resulta prioritario para el sector agroalimentario, emprender diversas acciones ante los efectos del cambio climático para atenderlo de manera integral.

Dado que la agricultura representa el principal usuario del agua en el país, uno de los frentes de acción más importantes es el uso racional y ahorro de agua, por ello la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) apoya la inversión para tecnificación de riego; promueve la realización de proyectos integrales con obras y prácticas de conservación; fomenta el uso sustentable del agua y, de manera conjunta con la CONAGUA, realiza diversas acciones para reducir el consumo de este recurso.

Como una estrategia de adaptación del sector se fomenta la modalidad de agricultura protegida, es decir, aquella realizada bajo estructuras construidas con la finalidad de controlar mejor la temperatura, el agua y la nutrición de las plantas.

En el sector ganadero, se ha iniciado el establecimiento de un marco para la investigación en el tema de la vulnerabilidad ante el cambio climático y la reestructuración de la Comisión Nacional de Recursos Genéticos Animales para una mejor conservación, utilización y manejo de los recursos genéticos pecuarios. En lo que respecta al sector acuícola y pesquero, para fortalecer las acciones de adaptación, se impulsa el ordenamiento del 100% de los recursos pesqueros estratégicos a través de 20 programas de ordenamiento pesquero y la formulación de cinco programas rectores regionales.

Para apoyar las acciones de adaptación en el sector agropecuario y forestal, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ha elaborado tres mapas de potencial productivo de especies agrícolas (maíz, frijol y cebada) para la región sureste del país, bajo distintos escenarios de cambio climá-

tico; se espera que en 2010 se concluyan los mapas para el resto de las regiones del país.

### Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC)

Este programa, antes Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC), y cuyo objetivo es proteger a los productores agrícolas, pecuarios y pesqueros, ha evolucionado en la utilización de esquemas de seguros agropecuarios catastróficos a fin de transferir el riesgo por fenómenos meteorológicos extremos a los agentes financieros especializados. Esta evolución ha permitido el aseguramiento de zonas de producción que anteriormente no tenían acceso a tales esquemas; asimismo, se trabaja en la modelación de aseguramiento para la apicultura, acuicultura y pesca. En 2009 se han asegurado 6.6 millones de ha en 31 Entidades Federativas que protegen a 2.7 millones de productores de bajos ingresos y se han asegurado 4.1 millones de Unidades Animal en 19 Entidades, que protegen a 690 mil productores y a 54.6 millones de ha de pastizal.

### 4.2.4 Programa Sectorial de Gobernación 2007-2012

El programa tiene como uno de sus objetivos sectoriales fortalecer la prevención y atención oportuna de las situaciones de contingencia que enfrenta el país; para impulsar las medidas de adaptación a los efectos del cambio climático como lo indica el PND.

La Secretaría de Gobernación, a través de las acciones desplegadas en el marco del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), refuerza el desarrollo integral del país al garantizar la integridad de las instituciones y los ciudadanos en caso de desastre o emergencia.

Entre los instrumentos del SINAPROC para atender los desastres se cuenta con el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), el cual tiene como objetivo apoyar en la atención de los desastres cuya magnitud supere la capacidad organizativa y financiera de los estados y de las dependencias y entidades paraestatales.

También contempla acciones de reducción de vulnerabilidad y riesgo ante fenómenos naturales mediante el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN); éste tiene como finalidad proporcionar recursos tanto a las dependencias de la APF, como a las Entidades Federativas, para la realización de acciones y desarrollo de mecanismos tendientes a reducir riesgos, así como para evitar o disminuir los efectos del impacto destructivo de los fenómenos naturales sobre la vida y bienes de la población, los servicios públicos y el medio ambiente. Lo anterior permite fomentar la vinculación entre las acciones de adaptación al cambio climático y aquellas de reducción del riesgo meteorológico.

El SINAPROC dispone de varios sistemas de alerta temprana sobre diversos fenómenos hidrometeorológicos en el país. Uno de los primeros que se instauró es el Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales (SIAT-CT) que desde 1999 ha permitido anticipar medidas para atender la emergencia por fenómenos extremos, disminuyendo así el número de muertes por huracanes. También se han desarrollado Sistemas de Alerta Hidrometeorológica para ciudades del país, tales como Acapulco, Guerrero; Tijuana, Baja California; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y Monterrey, Nuevo León. Actualmente, se está estudiando la posibilidad de implementar un nuevo sistema de alerta de fenómenos invernales.

### **Programa Nacional de Protección Civil 2008-2012**

Promueve la elaboración y la operación de los programas de protección civil de las entidades federativas, de los municipios, de las delegaciones políticas del Distrito Federal y de las unidades internas de protección civil de la APF, así como la participación de los programas de los grupos voluntarios, los sectores productivos, las comunidades y la población en general.

En el programa se afirma que la prevención de desastres se puede lograr a través del manejo integral de riesgos y reconoce que el cambio climático podría agudizar y potenciar los factores de riesgos naturales y sociales, lo cual hace imperativo un nuevo enfoque de los riesgos asociados a la seguridad nacional.

### **4.2.5 Programa Sectorial de Desarrollo Social 2007-2012**

La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) con el fin de incrementar las capacidades nacionales de adaptación en el país, ha establecido diversas acciones, tanto a nivel federal como estatal, entre las que destacan:

1. Ordenamiento territorial. La SEDESOL preparó en 2007 la “Guía Metodológica para la elaboración de Estrategias de Desarrollo Territorial en las Entidades Federativas” y la “Guía Metodológica para la Elaboración de Programas Municipales de Ordenamiento Territorial”. Ambas Guías contienen lineamientos específicos para que se consideren criterios de adaptación al cambio climático en estas estrategias. Durante 2007 y 2008 se concluyeron ocho programas municipales de ordenamiento territorial y se elaboró la Estrategia de Desarrollo Territorial para el Estado de Campeche.
2. Prevención de riesgos. Como parte de las acciones para promover la incorporación de criterios para la prevención de desastres y medidas de reducción de riesgos, derivadas de los Atlas de Riesgos y/o de Peligros, en los planes de desarrollo urbano y en el marco normativo de los municipios, se elaboró el “Manual para la incorporación de los Atlas de Peligros y de Riesgos a la planeación del desarrollo urbano”, que se encuentra en proceso de evaluación, para su posterior difusión, a fin de promover que los instrumentos de planeación urbana sean consecuentes con la prevención de desastres.
3. Zonas metropolitanas y ciudades. Con este programa la SEDESOL busca reducir significativamente los niveles de riesgo a los que se encuentra expuesta una proporción importante de la población ante el impacto de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Por ejemplo, para mantener microclimas y atenuar las ondas de calor en el medio urbano, la SEDESOL, a través del “Programa de Rescate de Espacios Públicos”, ha impulsado el mejoramiento de ciudades mayores a 50 mil habitantes, renovando 1,855 espacios públicos en 287 ciudades, entre 2007 y 2008.

4. Reubicación de familias asentadas en zonas de riesgo. A fin de crear espacios seguros y habitables, a través del Programa Hábitat, se promueve y apoya la reubicación de familias asentadas en zonas de riesgo; es importante señalar que este tipo de acciones se realizan a petición y con coparticipación de los gobiernos locales.
5. La SEDESOL desarrolló en 2007 el Programa de Desarrollo Urbano de la Zona Metropolitana de La Laguna, mismo que se realizó en el Marco de Cooperación México-ONU Hábitat, derivado del interés y compromiso de la SEDESOL en reducir la pobreza urbana y mejorar las condiciones de vida y habitabilidad de las zonas urbanas en México, que incluye la protección de eventuales riesgos, sean de orden meteorológico o geológico. Durante 2007 se llevó a cabo también el estudio denominado “Hacia una ciudad compacta, sustentable e incluyente”, el cual constituyó un insumo básico para la actualización del Programa de Desarrollo Urbano (PDU) de Ciudad del Carmen, Campeche. En 2008 se preparó la “Guía Metodológica de Planes y Programas de Desarrollo Urbano”, destaca las acciones y orientaciones en materia de sustentabilidad, así como las asociadas al cambio climático. Por otra parte, se formuló el PDU de la Zona Metropolitana de Villahermosa–Nacajuca, Tabasco; como una respuesta de alcance regional para atender a los riesgos por inundaciones (ocurridas en 2007 y 2008) y considerando la vulnerabilidad de la ciudad ante este fenómeno.
6. Desarrollos habitacionales. A partir de 2006 se llevó a cabo un estudio para elaborar los “Lineamientos en Materia de Equipamiento, Infraestructura y Vinculación con el Entorno”, se encuentran en un proceso de consulta pública y entrarán en vigor a partir del 1° de enero de 2010. Éstos contemplan especificaciones de diseño del conjunto habitacional para privilegiar el transporte público, los usos mixtos compatibles para inducir los recorridos a pie y el uso de movilidad no motorizada. Asimismo, determinan la necesidad de laborar estudios que garanticen que no se edificarán viviendas en zonas expuestas a algún tipo de riesgo geológico, hidrometeorológico y físico-químico.

## 4.2.6 Programa Sectorial de Salud 2007-2012

El programa establece que es necesario fortalecer e integrar las acciones de promoción de la salud y prevención y control de enfermedades. En referencia a las políticas y programas, México incluyó dentro de la agenda climática temas relacionados con la salud. Tanto en la ENACC como en el PECC se señalan como compromisos la evaluación de los efectos de cambios en el clima sobre la salud de distintos grupos sociales; el fortalecimiento de los planes de actuación en salud pública a partir de sistemas de alerta temprana; y el fortalecimiento de los programas de vigilancia y control de enfermedades de transmisión por vectores.

Se reconoce que las líneas de acción en materia de salud incluidas en la ENACC y el PECC pueden ser acompañadas de instrumentos legislativos para fortalecer la coordinación de instituciones del sector y para lograr una implementación efectiva. En lo que hace a la agenda legislativa, la Cámara de Diputados desarrolló junto con otras instancias el programa “Cambio Climático y Seguridad Nacional”, con una mesa de trabajo sobre salud, en la que se identificaron las tareas pendientes de este sector y se propuso crear iniciativas para llevar a cabo estudios de vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático. Esta mesa de trabajo está conformada, entre otros, por investigadores de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) y de la Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios.

En el sector salud se ha comenzado a trabajar en la incorporación de variables ambientales en la vigilancia y prevención de enfermedades. El portal electrónico del Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica de la Secretaría de Salud contiene información del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), con énfasis en los fenómenos meteorológicos extremos.

## 4.2.7 Programa Sectorial de Energía 2007-2012

El programa busca promover el desarrollo integral y sustentable del país, manteniendo el horizonte de largo plazo

que se encuentra plasmado en la Visión 2030 de México.<sup>4</sup> De manera puntual, se propone fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en materia de adaptación del sector energía y sensibilizar a las dependencias y entidades del sector público y a la sociedad en general sobre la importancia del sector en el medio ambiente y el desarrollo económico del país.

## Petróleos Mexicanos

Como parte de la Estrategia de Protección Ambiental 2007-2012 de Petróleos Mexicanos (PEMEX), entidad paraestatal del Gobierno de México, se consideran actividades de: a) manejo integral y sustentable del agua; b) restauración forestal; c) control de incendios; d) contención de la frontera agrícola; y e) ordenamiento ecológico del territorio, las cuales contemplan la participación activa de la comunidad local. En 2008, PEMEX reforestó más de 300 ha en Alvarado, Veracruz; durante 2007 y 2008 canalizó 29.67 millones de pesos para el apoyo de Áreas Naturales Protegidas (ANP) y áreas sensibles; y en 2008 dio continuidad a actividades de 2007 sobre educación ambiental para contribuir a la conservación de manglares y humedales.<sup>5</sup>

### 4.2.8 Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012

Dentro del eje de sustentabilidad ambiental del programa se plantea que parte de las acciones a seguir estén enfocadas al mejoramiento del autotransporte federal y ferroviario para la reducción de emisiones de GEI, así como para la adaptación a los efectos del cambio climático.

### 4.2.9 Secretaría de Marina

Las actividades y programas que ha implementado la Secretaría de Marina (SEMAR) enfocadas a la prevención y adaptación al cambio climático se resumen en:

---

4 <http://www.vision2030.gob.mx>.

5 [www.pemex.com](http://www.pemex.com), sección "Desarrollo Sustentable".

- Monitoreo de fenómenos hidrometeorológicos extremos a través de su Red de Estaciones Meteorológicas.
- Monitoreo del nivel del mar a través de su Red Mareográfica.
- Monitoreo de la calidad de agua de mar a través de los institutos y estaciones de investigación oceanográfica.
- Estudios sobre caracterización oceanográfica y biológica de la zona costera.
- Difusión, a través de la página de Internet de la SEMAR,<sup>6</sup> de información a la población en general sobre los riesgos del cambio climático, para mejorar la comprensión del fenómeno y su capacidad de respuesta.
- Desarrollo de bases de datos atmosféricos y oceanográficos que contribuyan a la investigación y entendimiento del cambio climático.
- Protección y vigilancia de zonas de manglares y humedales.
- Impartición de conferencias y pláticas sobre concientización y educación ecológica.

## 4.3 Diagnóstico de impactos, vulnerabilidad y adaptación

### 4.3.1 Escenarios de cambio climático para México

Para estimar el impacto que el cambio climático tendrá en una región, grupo social, sector económico o sistema natural, es necesario identificar las amenazas de orden climático, su magnitud, extensión afectable y la frecuencia con la que se presentan. Para esto, se emplean Modelos de Circulación General (MCGs) de la atmósfera con resolución espacial de 300 km x 300 km, aproximadamente. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC), en su Cuarto Informe de Evaluación (AR4, por sus siglas en inglés), 2007, considera diversos MCGs para calcular una medida de la dispersión entre proyecciones (denominada

---

6 <http://meteorologia.semar.gob.mx/definicion.htm>.

incertidumbre) que permita estimar el rango de los aumentos de temperatura o de cambios en la precipitación. De esa forma, el PICC ha presentado escenarios, en términos de probabilidades, con base en ensambles<sup>7</sup> de diversos MCGs; los cuales requieren regionalizarse para mejorar la evaluación de impactos a escala local.

En un estudio reciente se generaron escenarios regionales de cambio climático para México, con resolución espacial de 50 km x 50 km y datos mensuales en el periodo 2010-2099, para algunos escenarios de emisiones GEI,<sup>8</sup> a partir de la reducción de escala de los resultados de los MCGs utilizados en el AR4. En dicha regionalización se aplicó un método estadístico, mediante la Herramienta de Predicibilidad del Clima (CPT, por sus siglas en inglés) del Instituto Internacional para la Investigación del Clima y la Sociedad (IRI, por sus siglas en inglés),<sup>9</sup> de Estados Unidos. La disponibilidad de más de 20 MCGs usados por el PICC (2007), con una o más realizaciones cada uno, y con la aplicación del método estadístico, permite que se tengan entre 50 y 90 experimentos<sup>10</sup> de regionalización de escenarios de cambio climático para México, considerando los

7 Ensamble. Simulaciones de un grupo de modelos en paralelo para proyecciones del clima. La variación de los resultados entre los miembros del ensamble da una estimación de la incertidumbre.

8 Los escenarios de emisiones de GEI, comúnmente denominados SRES, por sus siglas en inglés, son proyecciones de las concentraciones globales de GEI en la atmósfera y el forzamiento radiativo correspondiente. Consideran una gama de posibles condiciones del desarrollo global para los próximos 100 años y son, en un sentido más amplio, escenarios del estado y crecimiento de la población y la economía. Hay dos grandes familias de escenarios: a) Los escenarios "A" describen un mundo futuro con alto crecimiento económico —altas emisiones de GEI—; b) mientras que en los "B" ese crecimiento es moderado —bajas emisiones de GEI—. Los escenarios A1 y B1 suponen que habrá una globalización tal que las economías convergerán en su desarrollo. En los A2 y B2, se considera que el desarrollo se dará a nivel regional (Nakicenovic et al. 2000).

9 [Http://portal.iri.columbia.edu](http://portal.iri.columbia.edu).

10 Tener una muestra suficientemente grande es un elemento fundamental en la construcción probabilística de proyecciones del clima. Para formar el ensamble se puede tomar la mediana y una medida de dispersión entre los experimentos. Usando la mediana se asegura que el ensamble no tiene sesgos estadísticos y corresponde al valor más probable. En los últimos años ha sido práctica común el utilizar la dispersión entre proyecciones como una medida de la incertidumbre (Meehl et al. 2007) que puede ser algún rango intercuantil o el rango donde exista el 80% de las realizaciones, dejando 20% en cada cola de la distribución como proyecciones extremas y anomalías estadísticas.

**Cuadro IV. 1. Número de experimentos de regionalización para México considerados en el ensamble para cada escenario de emisiones de GEI.**

Escenario (SRES)	Número de MCGs	Número de experimentos de regionalización para México
A1B	18	90
A2	14	70
B1	15	70
COMMIT	12	50

Nota: COMMIT, se refiere al supuesto de mantener constante la concentración de GEI del año 2000.

Fuente: Información proporcionada por el CCA-UNAM, 2009.

diferentes escenarios de emisiones de GEI (Cuadro IV.1), con lo cual se ha podido estimar el rango de cambios en temperatura y precipitación, de la misma forma como lo presentó el AR4 (INE 2007a).

En el mismo estudio se encontró que los escenarios obtenidos para México son comparables en magnitud con el modelo regional de clima, "Simulador de la Tierra" de Japón, con resolución de 22 km x 22 km; y en estructura espacial con el sistema "Providing Regional Climates for Impacts Studies (PRECIS)" del Reino Unido, con resolución de 50 km x 50 km.

A partir de los escenarios regionalizados de cambio climático (temperatura y precipitación) se integraron las proyecciones considerando períodos de 30 años, con lo cual se obtuvieron tres climatologías, la de los: a) 2020s (representa el periodo 2010-2039); b) 2050s (representa el periodo 2040-2069), y c) 2080s (representa el periodo 2070-2099).

En México grupos de investigación del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, trabajan en la generación de escenarios de cambio climático a escala regional con modelos dinámicos y estadísticos bajo diversos criterios y metodologías, lo que ha permitido analizar el impacto de cambios en el clima en regiones, sectores y grupos sociales bajo diversas proyecciones deterministas y en términos de probabilidades (INE 2008a; INE 2007a y b).

## Escenarios de temperatura

La magnitud de los incrementos proyectados en temperatura aumenta entre más lejano sea el plazo, además entre escenarios de emisiones de GEI, cuanto más emisiones considera el escenario mayor es el incremento de la temperatura. Como ejemplo, más adelante se describen las tendencias de la temperatura para el escenario A2, ya que en éste se tendrían los mayores incrementos, quizá solo superados por los correspondientes al escenario A1FI, y se ajusta con los valores observados de temperatura.

La magnitud de los cambios proyectados en temperatura varía entre las climatologías 2020s, 2050s y 2080s antes mencionadas; a continuación se describen para el país, bajo el escenario A2:

- Para la climatología de los 2020s, el cambio en temperatura media en México puede variar de  $0.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$  en la parte sur, a  $1.3 \pm 0.8^\circ\text{C}$  en la zona noroeste (Figura IV.1A), donde la incertidumbre refleja la dispersión entre experimentos de regionalización.
- Para la climatología de los 2050s, se proyecta un aumento de entre  $1.3 \pm 0.3^\circ\text{C}$  en el sur y  $2.3 \pm 1.0^\circ\text{C}$  en el norte (Figura IV.1B).
- Para la climatología 2080s, el aumento de temperatura se ubica entre  $2.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$  en el sur y  $3.5 \pm 1.3^\circ\text{C}$  en el norte del país (Figura IV.1C).

Los mayores incrementos de temperatura se esperan en el noroeste de México y la zona del Golfo de California, mientras que los menores cambios se esperan en el sureste. Podemos concluir que prácticamente todos los escenarios indican un aumento en la temperatura media.

Por otra parte se señala que los aumentos de temperatura proyectados en el sur de México, tienen mayor probabilidad de rebasar en el futuro cercano (2030), los rangos de variabilidad interanual experimentados en las décadas recientes. Tal condición tomará más tiempo en el norte, aun cuando los aumentos proyectados son mayores debido a que la variabilidad interanual ahí es mayor (Zermeño 2008).

Para la región noroeste, la magnitud de los cambios proyectados en temperatura varía entre escenarios de emisiones de GEI. Los incrementos de temperatura y las diferencias entre escenarios son más notables a partir de la segunda mitad del presente siglo (Figura IV.2); por ejemplo para la década del 2091-2100, con el escenario A2 se observan los mayores incrementos, del orden de  $3.5^\circ\text{C}$  en promedio, mientras que el escenario B1 proyecta  $2^\circ\text{C}$ , aproximadamente. Existen algunos experimentos de regionalización que llevan a concluir que los incrementos podrían ser tan altos como  $4.3^\circ\text{C}$  o tan bajos como  $0.5^\circ\text{C}$  hacia finales de siglo.

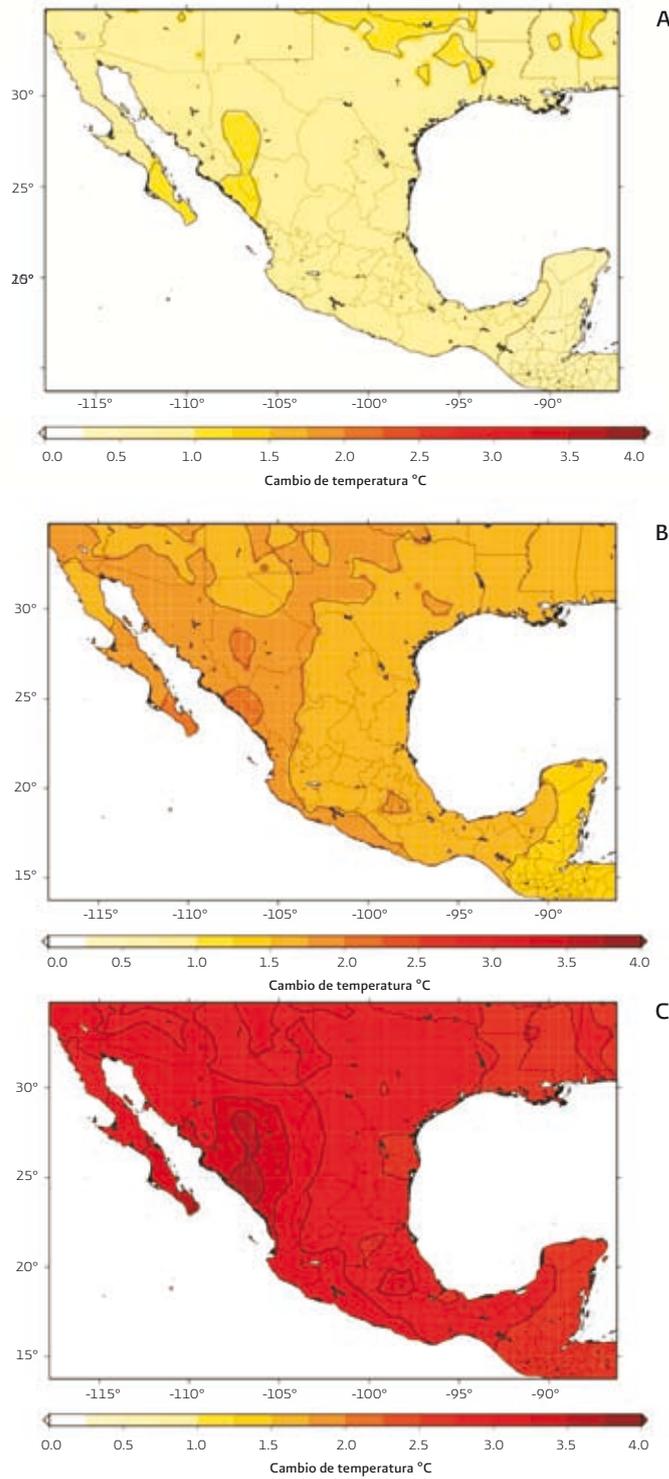
## Escenarios de precipitación

En el caso de la precipitación acumulada anual, el ensamble de proyecciones indica que las lluvias disminuirán en gran parte del país hacia mediados y finales del presente siglo. Destaca la magnitud de los cambios negativos porcentuales proyectada para el noroeste de México, en la parte alta del Golfo de California (Figura IV.3). Dicha proyección coincide con uno de los planteamientos del PICC (2007) que sugiere que “lloverá menos donde llueve poco, y más donde llueve mucho”. Los decrementos en lluvia proyectados son menores si se considera un escenario de bajas emisiones de GEI como el A1B, e incluso se vuelven positivos en algunas regiones bajo B1. En todo caso, los cambios en precipitación son siempre menores a la magnitud de la variabilidad interanual e interdecadal del clima. Sin embargo, aún con pequeños cambios en la precipitación promedio anual, la disponibilidad de agua sería menor por los aumentos esperados de temperatura.

Los principales resultados para variación de la precipitación bajo el escenario A2 indican lo siguiente:

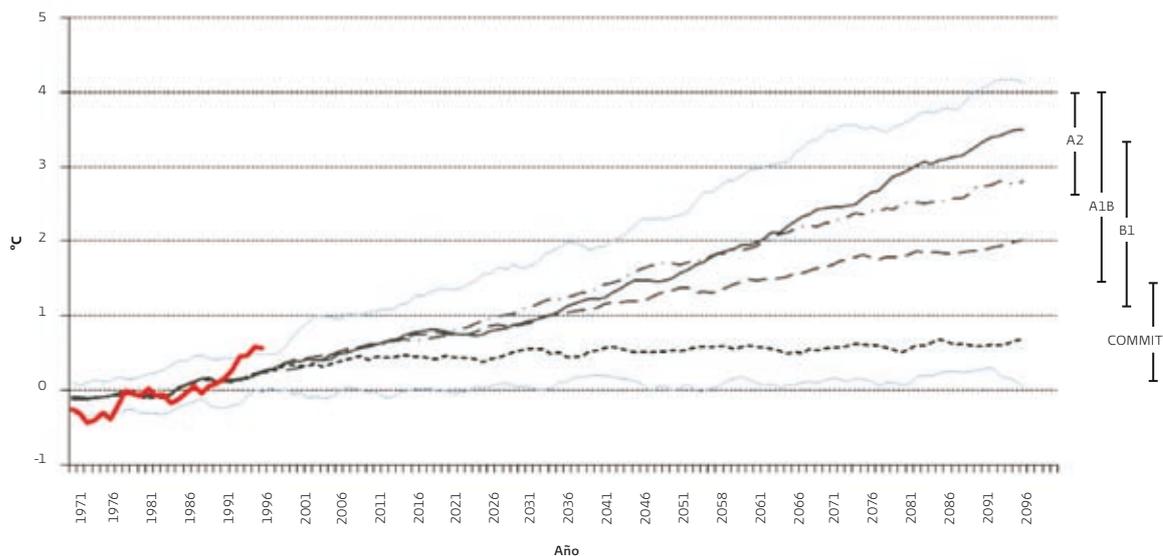
- Para la climatología de los 2020s, se proyectan reducciones de precipitación del orden de  $-5\%$  en el centro-norte y sur-sureste del país; y entre  $-5\%$  y  $-10\%$  para el centro y noroeste. Es en esta última región donde se espera disminución de hasta  $30\%$  hacia finales de siglo. Por otra parte existe una región en el norte que presentaría incrementos de  $5\%$

Figura IV. 1. Promedio de las proyecciones regionales (50 km x 50 km) de cambio en temperatura media (°C) bajo el escenario A2, para las climatologías A) 2020s, B) 2050s y C) 2080s, con respecto al período 1970-1999.



Fuente: INE 2007a.

Figura IV.2. Proyecciones del incremento de temperatura en la región noroeste de México bajo escenarios de emisiones de GEI.



Nota: Las líneas corresponden al aumento de temperatura proyectado por el ensamble de los resultados regionalizados de los MCGs para el periodo 1970-2100. La línea negra sólida gruesa describe la evolución de la temperatura promedio anual bajo AZ, la de raya-punto a A1B, la de rayas a B1 y la de puntos al escenario de concentración constante de GEI en la atmósfera a un nivel similar a la del año 2000 (COMMIT). Las líneas continuas azules de los extremos superior e inferior corresponden a los valores de cambio más intenso (superior) y más débil (inferior) generado por un experimento individual. Las barras a la derecha indican el rango de incertidumbre (dispersión entre experimentos) en temperatura relacionado con los diversos MCGs utilizados. La línea roja sólida corresponde al valor observado entre 1970 y 1996, mostrando que se encuentra entre los valores proyectados.

Fuente: información proporcionada por el CCA-UNAM, 2009.

(Figura IV.3A). La dispersión entre experimentos es muy amplia, reflejo de la gran incertidumbre en las proyecciones de lluvia. Un mayor número de experimentos apunta a disminuciones de precipitación.

- Para la climatología de los 2050s, se esperan reducciones promedio de precipitación del orden de -5% en el centro-norte y sur-sureste del país; entre -5% y -10% para el centro, noroeste y Península de Yucatán (Figura IV.3B).
- Para la climatología de los 2080s, la precipitación muestra un patrón similar al de las dos climatologías anteriores, pero intensificado (Figura IV.3C).

La precipitación promedio anual podría disminuir para todo el país en orden de 11% (SEMARNAT-SHCP 2009).

En general, los resultados muestran una gran dispersión en la precipitación, en términos de la variación porcentual.

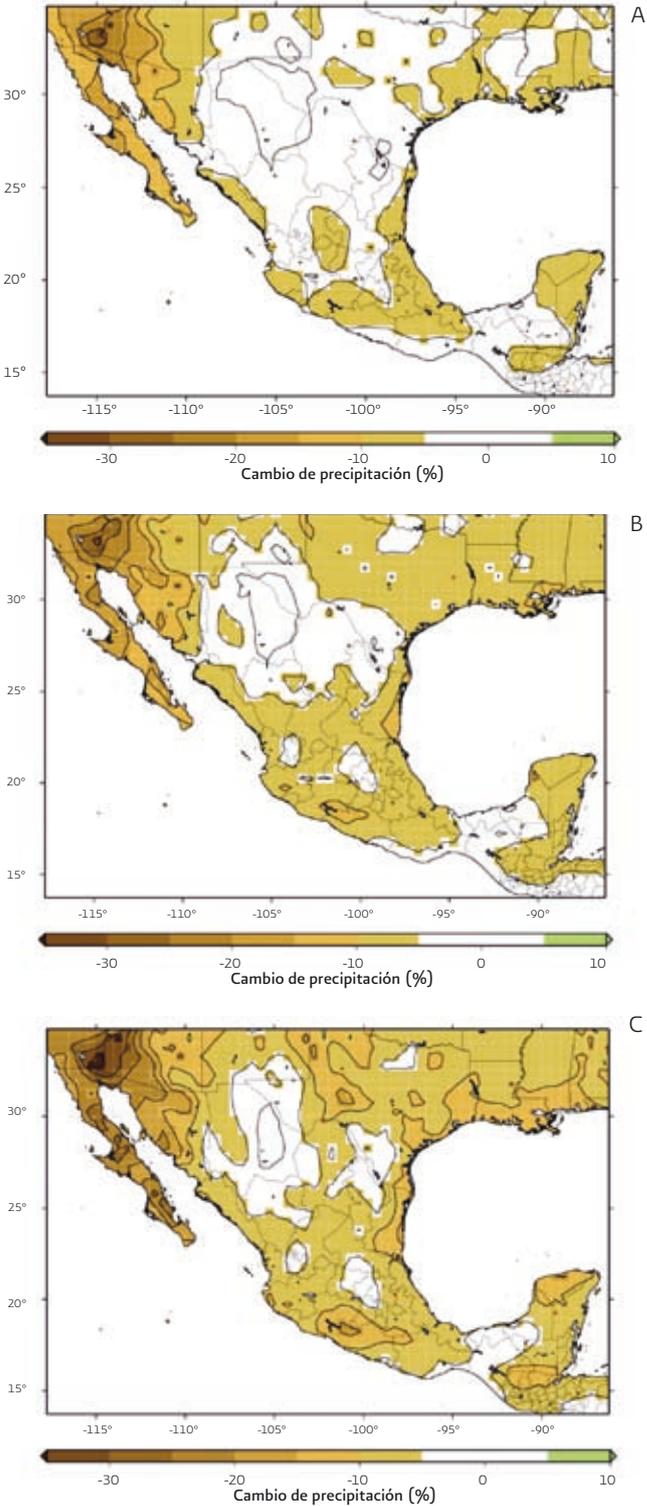
Se destaca que bajo el escenario AZ, los estados del norte muestran una disminución porcentual importante.

Todas las proyecciones mensuales de los MCGs indican aumentos de temperatura para el periodo 2070-2099, considerando el escenario AZ, para el noroeste de México (Figura IV.4A). En cuanto a la precipitación, algunas realizaciones proyectan aumentos y otras disminuciones en la precipitación (Figura IV.4B), reflejo de una mayor incertidumbre en las proyecciones de lluvia con respecto a las de temperatura.

### Fenómenos hidrometeorológicos extremos

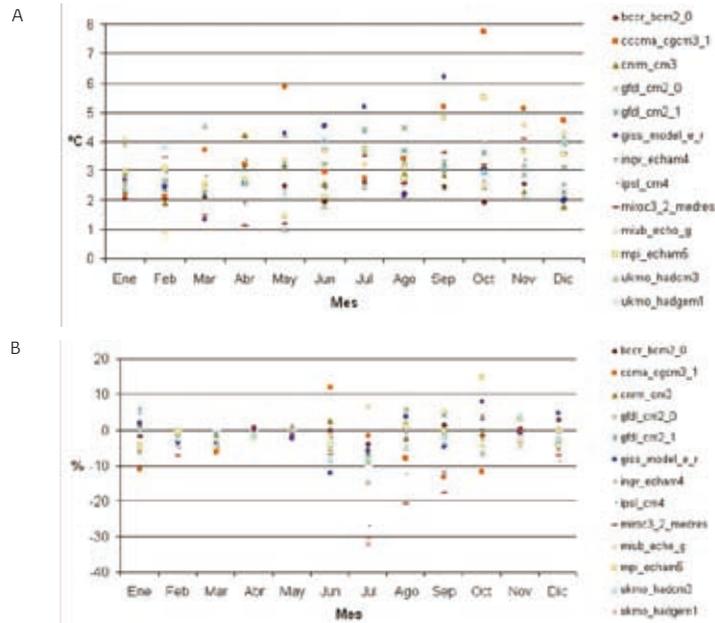
La identificación de las variaciones en la ocurrencia de fenómenos extremos, como son tormentas intensas y ondas de calor, requiere escenarios de cambio climático de alta resolución espacial y temporal. En México, para algunos escenarios regionalizados se aplicó un

Figura IV.3. Promedio de las proyecciones regionales (50 km x 50 km) de cambio en precipitación anual (%) bajo el escenario A2 de emisiones de GEI, para las climatologías A) 2020s, B) 2050s y C) 2080s, con respecto al período 1970-1999.



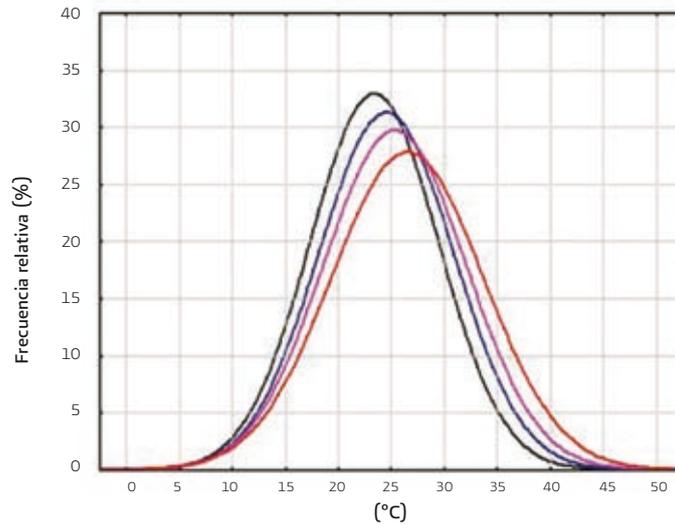
Fuente: INE 2007a.

Figura IV.4. A) Anomalía mensual de temperatura (° C) y B) precipitación media (%) del promedio de diversos MCGs en el periodo 2070-2099, bajo el escenario A2, para el noroeste de México.



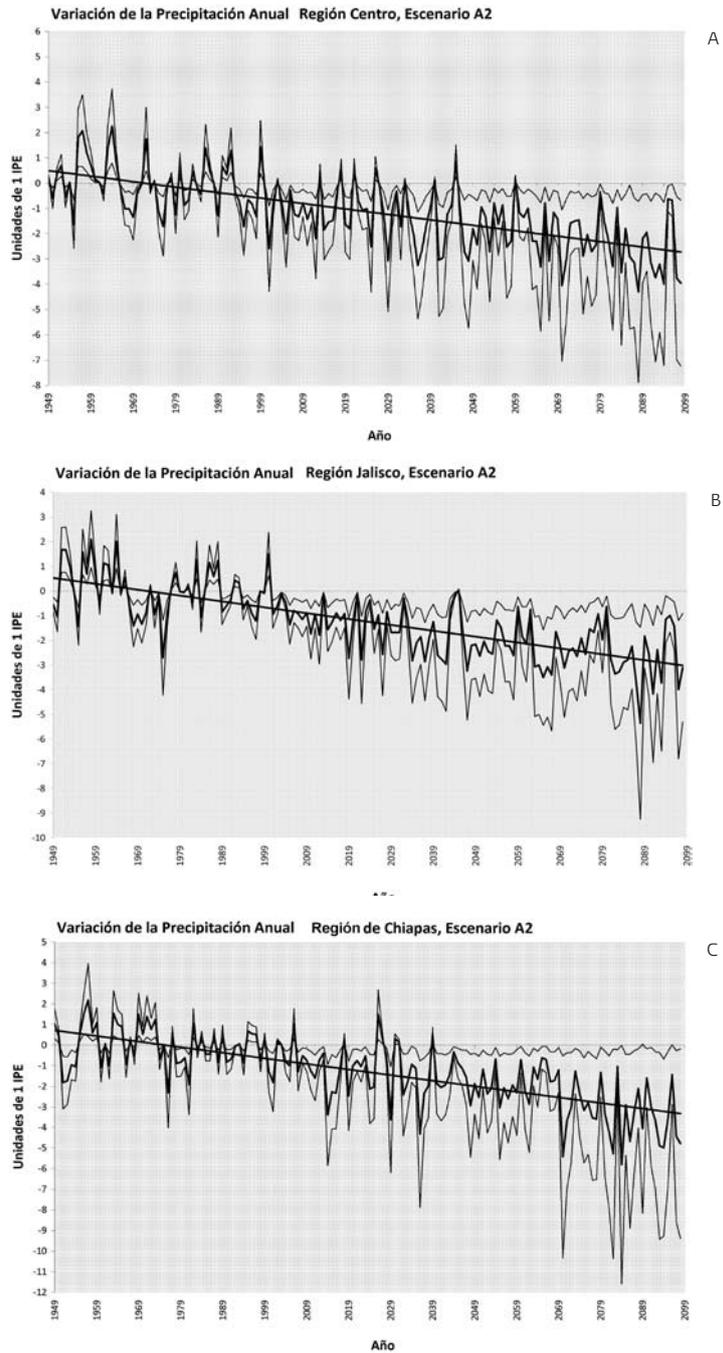
Nota: Se muestran los resultados mensuales de los MCGs, como una medida de dispersión de la incertidumbre o confianza en las proyecciones de temperatura y precipitación. La lista a la derecha corresponde a los MCGs utilizados.  
 Fuente: Cortesía CCA-UNAM.

Figura IV.5. Función de distribución de probabilidad de temperatura máxima diaria para la estación Siquirichic, Chihuahua, bajo el escenario A1B de emisiones de GEI.



Nota: Las líneas corresponden a diferentes condiciones, negra: actual observada; azul: proyección al 2030; morada: 2050 y roja: 2080.  
 Fuente: modificada de INE 2007a.

Figura IV. 6 Índice de precipitación estandarizada en: A) Región Centro, B) Región Jalisco y C) Región Chiapas bajo el escenario A2, para el período 1949-2099.



Nota: el índice de Precipitación Estandarizada (IPE) se calculó para el periodo 1949-2099 con datos de precipitación bajo cambio climático. En la figura IV.6a, b y c; la unidad de 1 IPE = 49 mm/año, 53 mm/año y 45 mm/año, respectivamente, con base en datos observados del periodo 1949-1999. Las líneas grises indican la desviación estándar asociada a la variabilidad de los MCGs utilizados. Fuente: INE 2007b.

generador estocástico del tiempo (Semenov, 1998), modulado por cambios proyectados de temperatura, para obtener proyecciones de datos diarios de temperatura y precipitación. Al igual que en la regionalización espacial, la reducción de escala temporal para México es comparable a lo que algunos modelos dinámicos regionales proyectan hacia finales de siglo.

Un ejemplo de proyección de fenómenos extremos se obtuvo para un sitio en el estado de Chihuahua (Siquirichic), donde se observa que los valores extremos de la temperatura máxima podrían resultar en incrementos mayores que para la media de cada climatología (Figura IV.5), debido a que la varianza también aumenta. Es por ello que los efectos de temperatura cada vez más extrema podrían ser experimentados en forma de ondas de calor. Para el mismo sitio, se espera que los cambios en el ciclo hidrológico sean perceptibles por el incremento de la intensidad y frecuencia de las tormentas severas.

La sequía podría intensificarse en tres regiones definidas en un estudio reciente (INE 2007b) como región Centro, región Jalisco y región Chiapas; bajo el escenario A2, ésta sería superior a las experimentadas en los años cincuenta o setenta para las dos primeras regiones (Figura IV.6). En general, las sequías meteorológicas llevarán a sequías hidrológicas,<sup>11</sup> porque además de las reducciones en precipitación, los aumentos en temperatura incrementarán la evapotranspiración.

Los resultados del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE)<sup>12</sup> indican condiciones de sequía más frecuente e intensa en relación al período base (1949-1999), y una señal de reducción de la precipitación media anual. Bajo el escenario A2 se podría presentar un IPE por debajo de -3, correspondiente a reducciones de precipitación media anual en la región Centro, de aproximadamente 12%, considerada como sequía extrema. Cabe

mencionar que el valor del IPE es menor bajo escenarios A1B y B1, por lo cual resulta importante fomentar la reducción de emisiones de GEI y la promoción del desarrollo limpio y sustentable (INE 2007b).

De las tres regiones analizadas en el mismo estudio, en un contexto de desarrollo donde las demandas de agua se incrementarán, los problemas de la sequía se podrían generalizar, sobre todo hacia la región Chiapas. Esta región es vulnerable a condiciones secas, debido a algunas de las actividades económicas que se desarrollan: ganadería, agricultura y generación de energía hidroeléctrica. En contraste, cuando se presenten condiciones de lluvias extremas, ya sea en intensidad, duración, o una sucesión de eventos a lo largo de varios días o semanas, las consecuencias para las actividades humanas y el medio ambiente pueden ser graves.

### 4.3.2 Nivel del mar

El aumento del nivel del mar afectará los sistemas humanos y naturales costeros, debido a inundación de tierras bajas, intrusión salina y mayor riesgo de mareas de tormenta por un posible cambio en la frecuencia y/o intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos como nortes o huracanes, entre otros.

A continuación se presentan los resultados más relevantes del estudio "Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global y fenómenos hidrometeorológicos extremos" (INE 2008b).

### Tendencias históricas

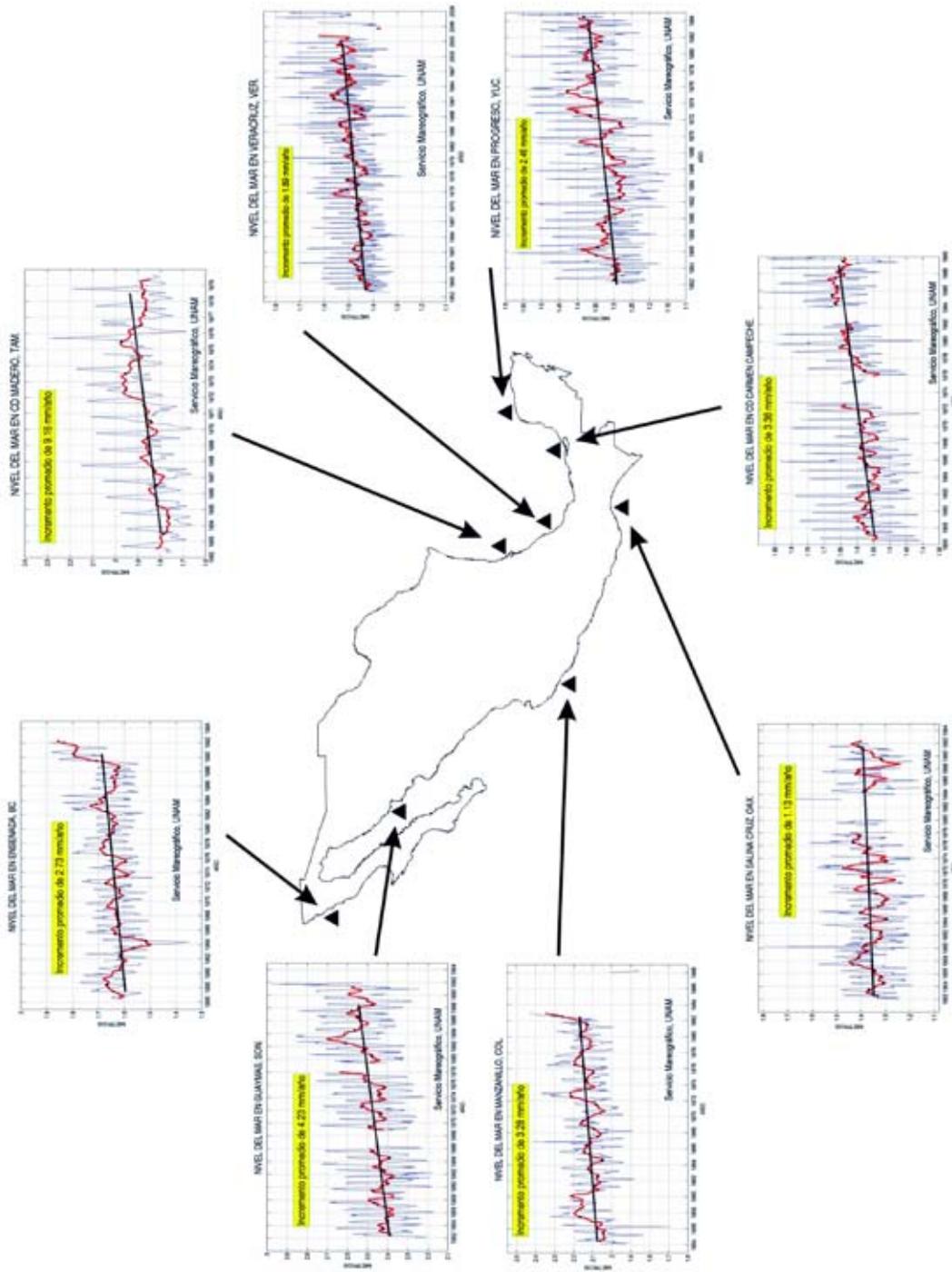
Los registros instrumentales para ocho sitios en el litoral mexicano indican tendencias de aumento en el nivel del mar (Figura IV.7),<sup>13</sup> lo que es acorde con las observacio-

11 La sequía meteorológica se define usualmente con base a la falta de lluvia (en comparación con la lluvia "normal" o su promedio) y la duración del período seco. La sequía hidrológica está asociada con los efectos de períodos bajos en la precipitación y sus consecuencias en los cuerpos de agua en la superficie y en el subsuelo.

12 El Índice de Precipitación Estandarizada es utilizado en estudios de sequía para estimar la intensidad, magnitud y grado espacial de la misma, lo cual también se puede hacer extensivo a las condiciones húmedas.

13 El estudio de las tendencias del nivel del mar se ve limitado por la longitud y la continuidad de las series de tiempo. Cabe mencionar que los cambios en el nivel del mar registrados son la respuesta a una gran variedad de fenómenos como: corrientes costeras; fenómenos meteorológicos (frentes fríos "nortes" y huracanes); fenómenos oceanográficos (ENOS); condiciones oceanográficas (ondas de plataforma, tsunamis, movimientos de la corteza terrestre); y muy pro-

Figura IV.7: Tendencias observadas del nivel del mar en el litoral mexicano.



Nota: El promedio mensual de las series de tiempo (línea azul) muestra un ciclo estacional con variaciones interanuales e interdecadales; la línea negra corresponde a la tendencia del nivel del mar; la línea roja muestra los promedios cada doce meses.  
Fuente: INE 2008b.

Cuadro IV.2. Tendencias del nivel del mar en el litoral mexicano.

Sitio	Incremento promedio (mm/año)	Período
Cd. Madero, Tamaulipas.	9.16	1962-1979
Guaymas, Sonora.	4.23	1951-1991
Cd. del Carmen, Campeche.	3.38	1956-1990
Manzanillo, Colima.	3.28	1954-1988
Ensenada, Baja California.	2.73	1956-1992
Progreso, Yucatán.	2.45	1952-1984
Veracruz, Veracruz.	1.89	1952-2003
Salina Cruz, Oaxaca.	1.13	1952-1992

Fuente: elaboración propia con base en INE 2008b.

nes globales. Particularmente, se resalta que en la estación de Veracruz, la tasa de 1.89 mm/año (1952-2003), es similar al valor promedio global reportado por el PICC (2007) de 1.8 mm/año para el periodo 1961-2003.

De los cuatro sitios de monitoreo en el Golfo de México se observan tendencias que van de 1.89 mm/año en el de Veracruz, Ver., hasta 9.16 mm/año en el de Cd. Madero, Tamaulipas. Para el Pacífico, el sitio con la menor tendencia se registró en Salina Cruz, Oaxaca, con 1.13 mm/año, y el de mayor tendencia en el sitio Guaymas, Sonora, con 4.23 mm/año (Figura IV.7 y cuadro IV.2).

Derivado de lo anterior, se resalta la importancia de impulsar una red de monitoreo y fortalecer las actividades de medición que se realizan en los ocho sitios, para contar con registros que ayuden a identificar las zonas con potenciales afectaciones por un incremento del nivel del mar.

## Escenarios futuros

El análisis de los posibles impactos del incremento del nivel del mar requiere de la construcción de escenarios, a partir de los cuales se estudien los efectos en las zonas costeras.

Según el PICC (2007) es muy probable que la dilatación térmica provocada por el calentamiento del océano y la pérdida de masa de los glaciares, haya contribuido al aumento del nivel del mar durante la última mitad del siglo XX, además indica que el nivel del mar se elevaría

---

bable, según el PICC (2007), por la dilatación térmica.

de 18 a 59 cm para el periodo 2090-2099, respecto a 1980-1999.

En el estudio señalado se presenta el escenario de aumento del nivel del mar de 1m para las costas mexicanas (Figura IV.8), que indica las posibles zonas afectadas en gran parte del litoral mexicano. Algunas de las zonas con mayores afectaciones serían las costas de Campeche, Chiapas, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (INE 2008b).

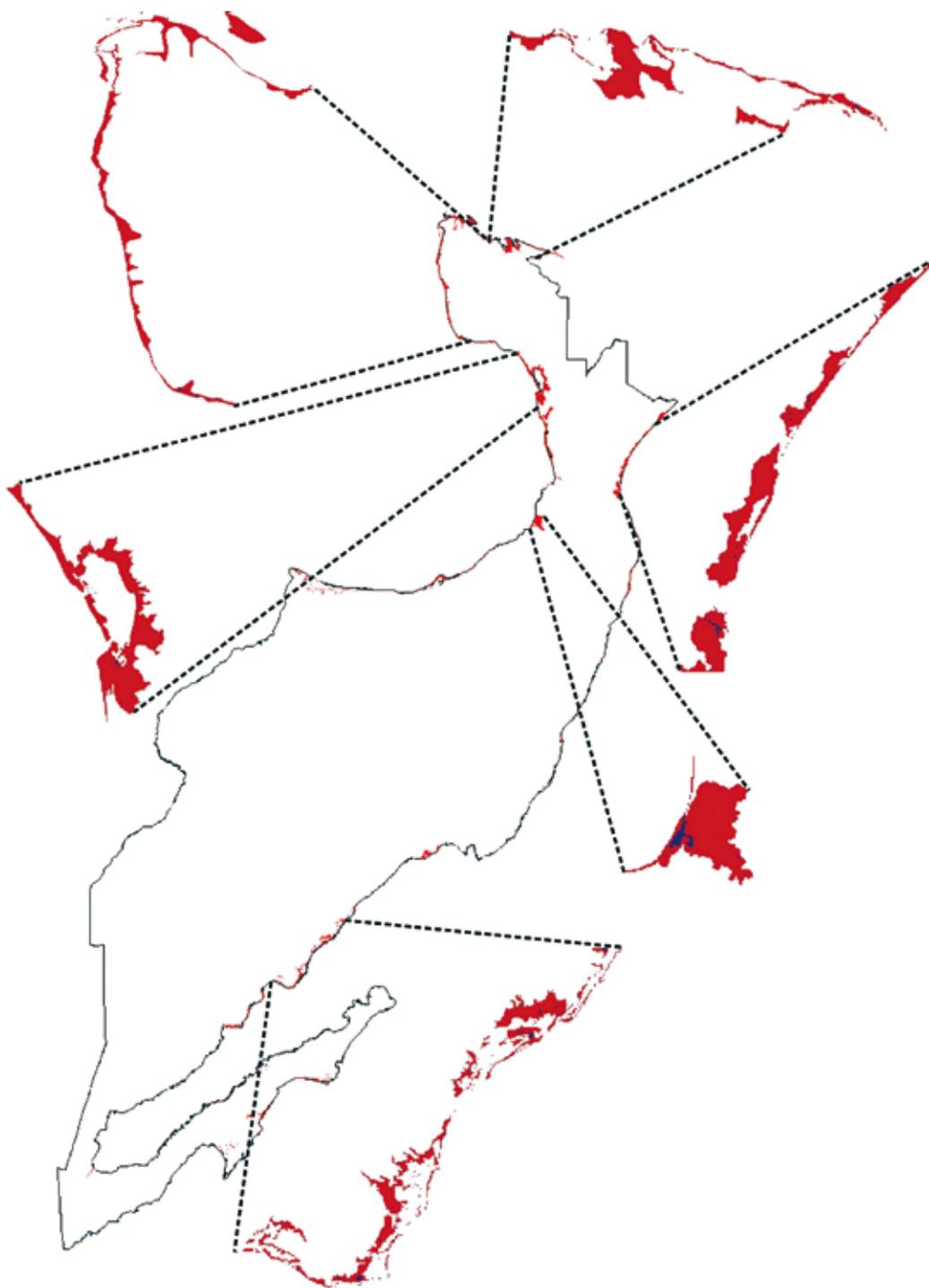
Se estimó la superficie costera afectada por el incremento del nivel del mar de 1 m para los estados de Campeche, Nayarit, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán; en el cuadro IV.3 se presentan dichas estimaciones. El estado que tendría la mayor superficie afectada es Campeche, con 4,321 km<sup>2</sup>.

El aumento del nivel del mar es un proceso a largo plazo; sin embargo, ya se manifiesta y por lo tanto puede ser considerado junto con los problemas de erosión de costas. Si se toman en cuenta los escenarios de incremento del nivel del mar, se esperarían impactos considerables en algunas regiones del litoral costero de México. Además, las mareas de tormenta asociadas a huracanes y nortes, probablemente con mayor intensidad de lluvia, podrían aumentar el potencial de inundación costera.

### Caso de estudio: Campeche

El mismo estudio indica que el proceso de generación de playas depende fuertemente de la aportación de sedi-

Figura IV.8 Escenario de aumento del nivel del mar de 1. m para México.



Nota: El área roja muestra las zonas de posible afectación por aumento de 1. m del nivel del mar.  
Fuente: Elaboración propia con base en INE 2008b.

**Cuadro IV.3. Superficie estatal afectada considerando un aumento de 1 m en el nivel del mar.**

Estado	Superficie afectada por un posible aumento del nivel del mar de 1 m	
	km <sup>2</sup>	%*
Campeche	4,321	7.46
Quintana Roo	4,011	9.47
Sinaloa	3,775	6.58
Veracruz	3,591	5.00
Tabasco	2,024	8.18
Yucatán	1,862	4.70
Tamaulipas	1,604	2.00
Nayarit	890	3.20

\*El porcentaje es con referencia a la superficie total estatal.  
Fuente: Elaboración propia con base en INE, 2008b.

mentos provenientes del continente, a través de las descargas fluviales. La formación de los ambientes lagunares en Campeche se debe a la presencia de descargas de ríos como el Champotón; San Pedro y San Pablo; y el Grijalva-Usumacinta. Los rasgos morfológicos a gran escala de esta región muestran la erosión de los deltas formados por estos ríos, debido a la distribución de los sedimentos fluviales por las corrientes oceánicas y litorales. Actualmente, con la modificación antrópica de los volúmenes de descarga de tales ríos, se ha roto el equilibrio continente-oceano del aporte de sedimentos, incrementándose el efecto erosivo de las corrientes marinas.

En el estudio se realizó un diagnóstico del proceso erosión-acreción<sup>14</sup> en la costa de Campeche, ya que se cuenta con registros de este proceso en 11 sitios costeros. Se utilizaron escenarios de incremento del nivel del mar para evaluar las potenciales zonas afectadas.

#### Proceso de erosión en la costa de Campeche

En la actualidad, el litoral de Campeche se encuentra en un dominante proceso de erosión, que se alterna con episodios de acreción en algunas playas. La dinámica costera

<sup>14</sup> Acreción. Crecimiento por adición de materia, como en los depósitos minerales o los continentes.

obedece a los ciclos estacionales del clima. Así, durante la temporada de secas generalmente se estabilizan las playas, para reiniciar el proceso de erosión durante los nortes y ciclones tropicales. En la temporada de nortes se presentan los episodios de erosión más severos, con avance de la línea de costa (transgresión marina)<sup>15</sup> hasta de 14 metros.

Se ha registrado el desplazamiento de la línea de costa al interior del continente en 11 sitios del litoral del estado de Campeche (cuadro IV.4). Con base en los datos observados, se identificó que este desplazamiento es mayor en la zona Oeste (Península de Atasta, con 487.7 m)<sup>16</sup> que en el Este (Isla Aguada, con 5.7 m).

Se analizó la situación de la Península de Atasta y se encontró que la franja erosionada se amplía progresivamente hacia el este, siguiendo la morfología de antiguos cordones deltáicos<sup>17</sup> que conforman el litoral actual, con retrocesos hasta de 700 m (figura IV.9b).

De acuerdo con el estado actual de erosión en la Península de Atasta, en su extremo oriente (Punta Disciplina), la vulnerabilidad es alta, toda vez que la franja actual en proceso de erosión tiene menos de 290 m de ancho (figura IV.9c), que al colapsar generaría la pérdida inmediata de un cuerpo lagunar, conocido como Laguna Mata Grande, localizado detrás de la Punta mencionada.

La tasa de erosión registrada en la barra de arena de Punta Disciplina, Campeche, durante los últimos 30 años, fue de 14 m/año. Es posible que ésta se relacione con el efecto ocasionado por el aumento del nivel del mar observado a escala mundial, de 1.8 mm/año durante las últimas cuatro décadas. En caso de mantenerse constante la tasa de erosión observada en la barra de arena, ésta

<sup>15</sup> Transgresión marina es el avance de la línea de costa hacia el continente, generalmente ligado a la elevación del nivel del mar o a subsidencia del terreno.

<sup>16</sup> La Península de Atasta se conforma por series de cordones deltáicos orientados en dirección Este-Oeste, con pequeños lomeríos intercalados y franjas de inundación, configura al sitio como una amplia zona de humedales.

<sup>17</sup> Cordones deltáicos, intercalados con cuerpos de agua, hacen que el proceso de erosión ocurra en forma de grandes pulsaciones, esto es, que cuando la erosión costera destruye una de las franjas de terreno formadas por tales cordones, se incorpora la franja colindante de agua que estaba detrás del cordón al cuerpo de agua oceánico. Por esta razón el avance erosivo es prácticamente del doble.

**Cuadro IV.4 Desplazamiento de la línea de costa en el estado de Campeche.**

Sitio	Período	Intervalo (años)	Desplazamiento total (m)
Atasta	1974-2008	34	487.7
Punta la disciplina	1974-2005	31	216.8
Sabancuy	1974-2005	31	211.2
Club de playa	1974-2007	33	171.0
San Pedro-San Pablo	1974-2006	32	154.8
Punta de Xen	1974-2002	28	124.6
Cases	1974-2007	33	117.7
Cham-potón	1974-2006	32	77.2
Nitrogeno-ducto	1974-2004	30	21.2
Playa norte	1974-2008	31	8.1
Isla aguada	1974-2005	31	5.7

Fuente: INE 2008b.

podría desaparecer en 20 años. A dicha proyección habría que adicionar el incremento del nivel del mar estimado para el año 2030, el cual se presenta en el siguiente apartado, lo que conlleva a que el proceso de erosión en Punta Disciplina pudiera intensificarse, con lo cual la barra de arena desaparecería antes de dos décadas.

### Escenarios de incremento del nivel del mar para Campeche

Las zonas de la costa de Campeche que serían impactadas en el corto plazo se identificaron a partir de los escenarios de incrementos en el nivel del mar de 8 cm, 13 cm, y 33 cm (figura IV.10). Ante un escenario de aumento de 8 cm, se presentarían afectaciones en la Península de Atasta y Punta Disciplina, así como en parte de la Isla del Carmen, Campeche; en tanto que con 33 cm, la región comprendida por la Laguna de Términos, en Campeche, se conformaría como una bahía para el

año 2100; igualmente la mayor parte del litoral de Campeche quedaría cubierto por el mar, lo que conlleva a la potencial desaparición de la Isla del Carmen.

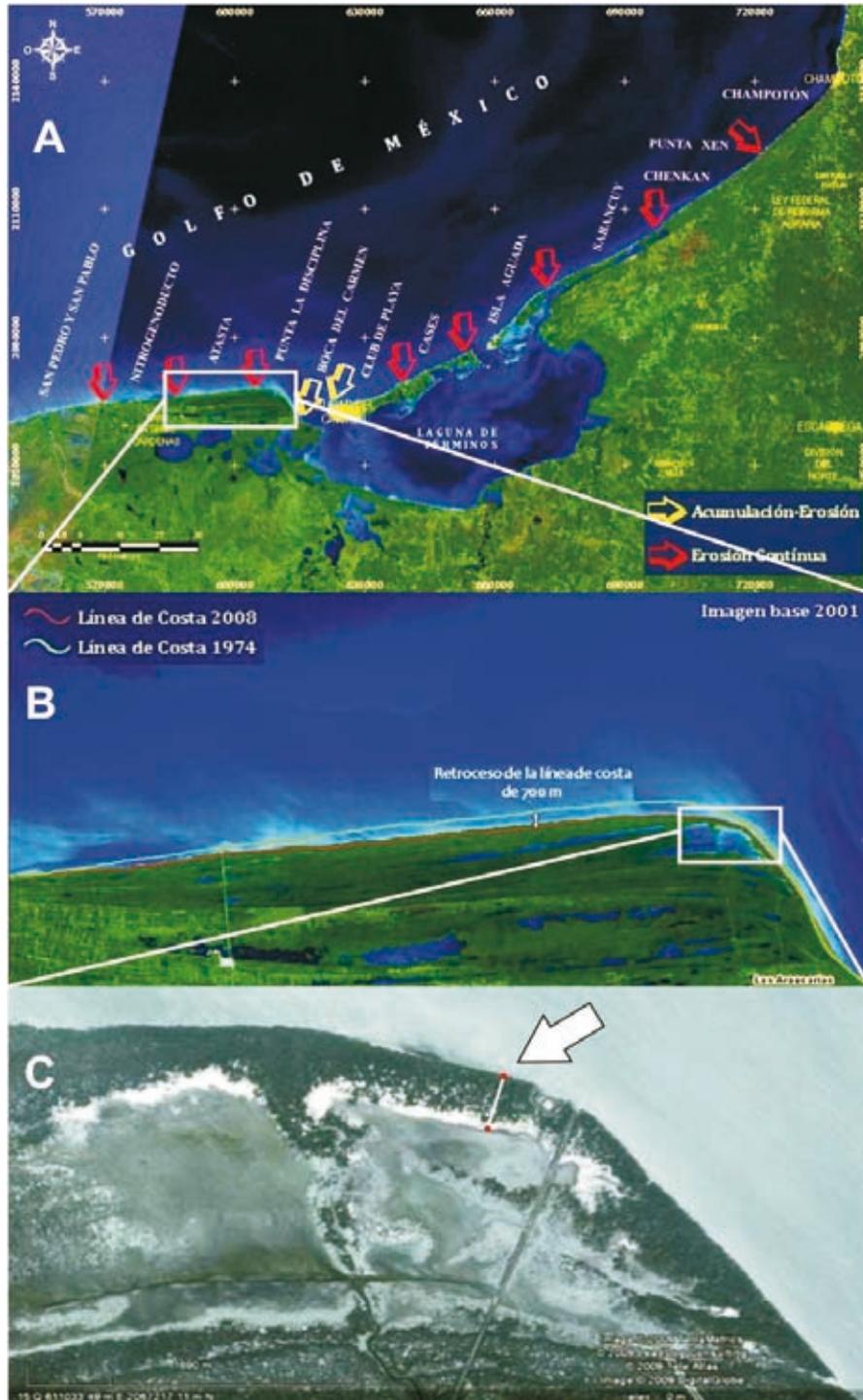
Independientemente del escenario que se considere a futuro, de continuar las tendencias de aumento en el nivel del mar se perdería superficie de la costa de Campeche, que se sumaría a los efectos de la erosión costera e inundación. Las zonas que serían afectadas considerando incrementos de 8 a 33 cm podrían presentarse en el siguiente orden temporal: la Península de Atasta, en la zona poniente; el interior de la Laguna de Términos; y la Isla del Carmen.

### Adaptación ante el aumento del nivel del mar

A partir del estudio señalado en la presente sección (INE 2008b), se identificaron potenciales medidas de adaptación para disminuir los impactos en el litoral costero del país y en particular en la costa de Campeche, algunas de ellas son:

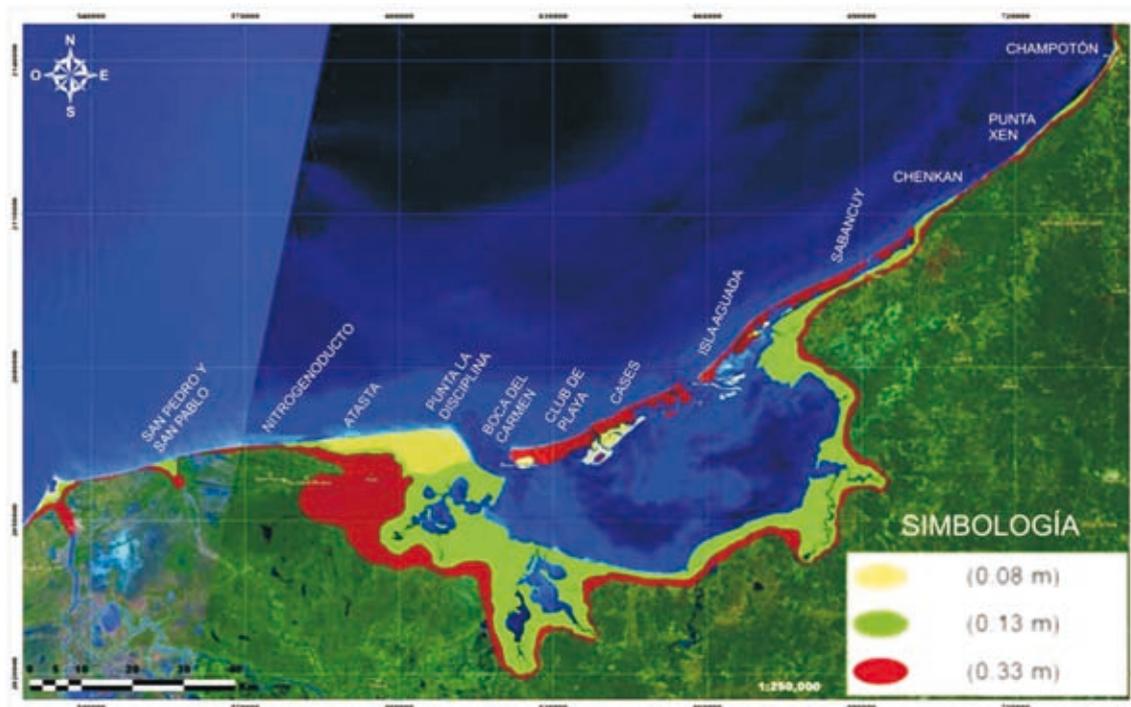
1. Mantener el aporte de sedimentos de los ríos hacia las costas como una medida para enfrentar el incremento del nivel del mar, lo cual resalta el interés de estudiar y atender la influencia de las presas en la reducción de aporte de sedimentos.
2. Ampliar la extensión de las zonas de amortiguamiento en los desarrollos urbanos y turísticos de zonas costeras más vulnerables, para reducir los daños potenciales ocasionados por huracanes e inundaciones.
3. Desarrollar e instrumentar una estrategia de reubicación de la población actualmente amenazada y asentada sobre marismas de mangle y pantanos costeros; propiciar un retiro gradual de la población asentada en las llanuras de inundación de los principales ríos.
4. Fortalecer la regulación del uso de la tierra en los deltas y fomentar prácticas sustentables de manejo de suelo y uso de agua en actividades agropecuarias en la parte media y alta de las cuencas y en su caso recuperar tierras de cultivo abandonadas e integrarlas a los ecosistemas.
5. Ampliar áreas para la protección de los humedales y pantanos costeros, sobre todo en los estados identificados con impactos por el posible aumento del nivel del mar.

Figura IV.9. Variaciones del proceso de erosión/acreción en la Península de Atasta, Campeche.



Nota: A) Estado de erosión/acreción del litoral de Campeche. B) Línea de costa de la Península de Atasta, de 1974, 2001 y 2008. C) Erosión en Punta Disciplina, el ancho actual de la barra de arena es de 290 m. Fuente: INE 2008b.

Figura IV.10. Escenarios de aumento del nivel del mar en el litoral de Campeche.



Fuente: INE 2008b.

6. Propiciar espacios para el desplazamiento de ecosistemas costeros mediante regulación, para que el desarrollo de infraestructura y asentamientos humanos sea hacia el interior del continente, a partir de los límites de áreas que serían potencialmente afectadas con incrementos en el nivel del mar.
7. Continuar con la atención de la fragmentación de los humedales en las cuencas bajas que son afectados por infraestructura costera (carreteras, puentes, bordos, escolleras, muros, entre otros).
8. Reforzar la implementación de programas de reforestación con especies resistentes al aumento de la temperatura y salinidad, para construir y estabilizar las dunas, con el fin de disminuir la erosión costera y estabilizar la línea de costa.
9. Mantener un flujo de caudal óptimo para el desarrollo de los ecosistemas costeros, mediante una planificación de presas que asegure dicho caudal.
10. Reforzar el control de la contaminación y los daños sobre los corales y manglares e implementar progra-

mas para su recuperación con el propósito de aumentar la resiliencia de la línea de costa.

### 4.3.3 Sector agua

El agua dulce es un recurso cada vez más demandado. Problemas como el de la gobernanza<sup>18</sup> sobre el recurso comienzan a traducirse en conflictos entre sectores y regiones. La contaminación de cuerpos de agua superficial y subterránea ha agravado la situación en años recientes. A lo anterior se debe añadir que el cambio climático reducirá, aún más, la disponibilidad de agua en México. Por lo que es prioritario planificar el manejo del recurso a mediano y largo plazo.

De acuerdo con algunos estudios, en México se ha observado una reducción en la precipitación media

<sup>18</sup> Gobernanza: arte o manera de gobernar que se propone como objetivo el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero, promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía.

anual, la menor disponibilidad de agua se debe fundamentalmente al crecimiento poblacional y económico (INE 2009a). De acuerdo con la CONAGUA (2008), en 2007 el país tuvo una disponibilidad natural promedio de agua per cápita de 4,312 m<sup>3</sup>/hab/año, calculada a partir del escurrimiento natural medio, lo cual se considera como suficiente para desarrollar las diferentes actividades consuntivas<sup>19</sup> que dependen de este recurso. Sin embargo, esta cifra oculta las desigualdades a nivel regional. Por citar los extremos, la disponibilidad para la Región Hidrológica Administrativa (RHA)<sup>20</sup> XIII Valle de México fue de 143 m<sup>3</sup>/hab/año, muy por debajo del umbral internacional de 1,700 m<sup>3</sup>/hab/año considerado como de estrés hídrico (WRI 2009), por el contrario, en la RHA XI Frontera Sur, la disponibilidad fue de 24,270 m<sup>3</sup>/hab/año. En el norte del país, las escasas precipitaciones provocan que casi toda el agua se extraiga de acuíferos y por ello sea una zona de sobreexplotación en los mismos. En volumen, 63.4% del total de agua que se utilizó en 2007 en el país proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que 36.6% se extrae de acuíferos, lo que equivale a 50 mil millones de m<sup>3</sup> y 28.9 mil millones de m<sup>3</sup>, respectivamente (Figura IV.11).

De los resultados anteriores y con la información presentada en la figura IV.11, se observa que la mayor parte del agua utilizada en actividades agrícolas e industriales proviene de fuentes subterráneas, sin embargo este tipo de fuente presenta la menor disponibilidad del recurso.

---

19 Se llama así a los usos fuera del cuerpo de agua para los que el líquido se transporta al lugar donde se utilizará y ya no regresa, ni total ni parcialmente al cuerpo de agua del que se extrajo. [http://www.aguas.org.mx/sitio/O2a\\_usos.html](http://www.aguas.org.mx/sitio/O2a_usos.html) Consultado en la página del Consejo Consultivo del Agua, A.C. el día 5 de octubre de 2009.

20 Área territorial definida de acuerdo con criterios hidrológicos, integrada por una o varias regiones hidrológicas y entidades federativas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos y el municipio representa, como en otros instrumentos jurídicos, la unidad mínima de gestión administrativa en el país. La República Mexicana se ha dividido en 13 regiones administrativas, a las que se les conoce como regiones hidrológico-administrativas: [http://www.chihuahua.gob.mx/jcas/Contenido/plantilla5.asp?cve\\_canal=478&Portal=jcas](http://www.chihuahua.gob.mx/jcas/Contenido/plantilla5.asp?cve_canal=478&Portal=jcas).

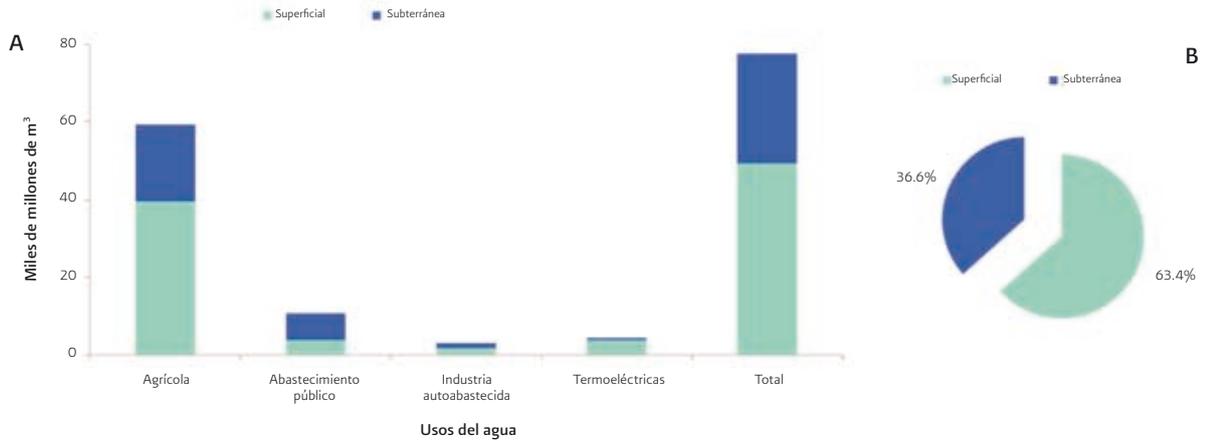
## Afectaciones en la disponibilidad de agua

Tanto las tendencias en las décadas recientes como las proyecciones climáticas indican que la mayor parte de los recursos hídricos en México son vulnerables a extremos climáticos y por lo mismo, tienen un alto potencial de ser fuertemente impactados por éstos. Con base en los resultados de los escenarios regionalizados de cambio climático para México (véase la sección 4.3.1), se esperaría una reducción en la disponibilidad natural media del agua, la cual será afectada tanto por mayor evapotranspiración y menos lluvia; como por la disminución de su calidad; la mayor intrusión salina en acuíferos costeros por la elevación del nivel del mar; así como por las afectaciones en la infraestructura hidráulica como resultado de eventos extremos más intensos y posiblemente más frecuentes, del tipo norte o huracán. La situación descrita afectará a los sistemas humanos y naturales, particularmente a las regiones que padecen escasez del recurso. Por lo que es preciso identificar a nivel local los efectos para poder dimensionarlos y desarrollar medidas apropiadas de adaptación (INE 2009a, 2008c).

En el estudio realizado (INE 2008c) se evaluó la variación de la disponibilidad de agua para México, en términos de cantidad y calidad, mediante la aplicación de un índice de vulnerabilidad definido en el estudio, el cual considera variables de presión o intensidad de uso del recurso, sobreexplotación, intrusión salina y grado de contaminación, además de los efectos del cambio climático, bajo los escenarios A2 y A1B de emisiones de GEI (INE 2008c). A partir de los resultados se concluye que la cantidad y calidad del recurso hídrico bajo las condiciones actuales del índice, es vulnerable y que esta vulnerabilidad será mayor ante condiciones de cambio climático, principalmente para las RHA II Noroeste y VI Río Bravo, seguido de la RHA VII Cuencas Centrales del Norte, RHA I Baja California y RHA XIII Valle de México (Figura IV.12).

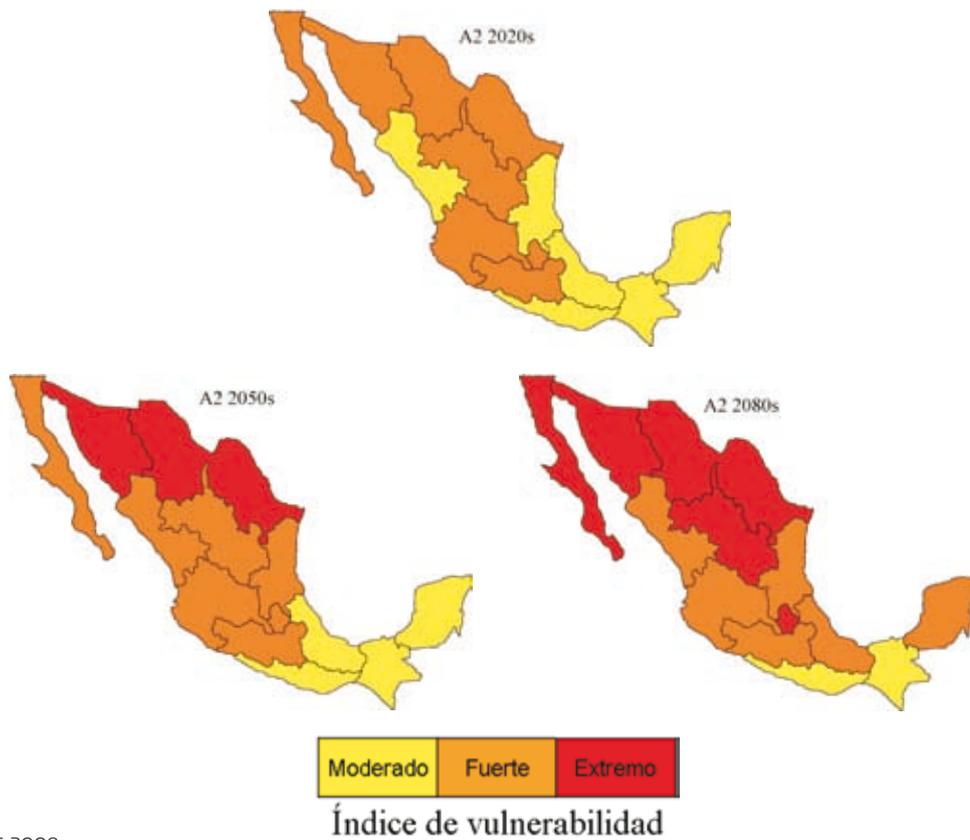
En el mismo estudio se realizó un diagnóstico de los principales efectos relacionados con la calidad del agua, en algunos sectores de interés para México, tales como salud, biodiversidad, agricultura, forestal y turismo; sin embargo la falta de información sistematizada sobre la

Figura IV.11. (A) Usos del agua en México en 2007, en miles de millones de metros cúbicos y (B) fuentes en porcentaje.



Fuente: INE 2009.

Figura IV.12. Índice de vulnerabilidad por cantidad y calidad de agua por región hidrológica administrativa para el escenario A2 de emisiones de GEI, para tres climatologías; 2020s, 2050s y 2080s.



Fuente: INE 2008c.

calidad de agua impide separar la magnitud de los problemas atribuibles a ésta, de otros efectos, los cuales se suman para aumentar el riesgo en un determinado sector.

En el futuro, en las zonas urbanas de México se agravará el problema de abastecimiento de agua en relación directa con el aumento de la población, así como por el cambio climático y la variabilidad climática. Las razones principales estarán ligadas al abatimiento de los niveles de los acuíferos (al disminuir la recarga y aumentar la evapotranspiración), y la reducción en los caudales de los cuerpos superficiales (INE 2009a, 2008c). Para atender tal problema las ciudades debieran operar en esquemas de ciclo cerrado, lo que significa que el agua se reutiliza y recicla; capturar agua de lluvia; atenuar mediante infraestructura de drenaje los picos de tormentas, y tratar las descargas para reintegrarlas al ambiente (INE 2008c).

En otro estudio se muestra un ejemplo de cómo el problema de disponibilidad de agua se agravaría rápidamente en el Estado de Morelos. Bajo cambio climático, en combinación con factores de desarrollo socioeconómico y la alteración del medio ambiente, se proyecta una situación con menos disponibilidad de agua, principalmente en la región oriente del estado, afectando de manera importante las diversas actividades económicas de la región, entre las que destacan la agricultura, fruticultura y el sector industrial. Es importante resaltar que el manejo sustentable de los bosques en la parte norte del estado contribuirá, de manera significativa, en la disponibilidad futura del agua (INE 2006b).

Lo anterior constituye un claro ejemplo de cómo la amenaza de cambio climático requiere ser considerada en las actividades de planificación y desarrollo, para atender los problemas relacionados con la disponibilidad del agua.

### **Estrategias de adaptación en el sector hídrico**

Es evidente que a la luz de los resultados presentados de diversos estudios, la identificación de las causas de la vulnerabilidad es un punto de partida para el diseño y desarrollo de estrategias y acciones de adaptación al cambio climático.

A nivel nacional y local, la forma actual de administración del agua transita para enfrentar los retos del cam-

bio climático en términos de la confiabilidad del suministro, del riesgo de inundaciones, de la protección de la salud, la agricultura, la energía y los ecosistemas acuáticos. Las primeras señales de problemas de suministro a la sociedad han sido claras durante una gran parte de 2009, cuando varios estados del país tuvieron que recurrir al racionamiento del agua para enfrentar la sequía asociada con el fenómeno de El Niño.<sup>21</sup>

Como un primer paso para la adaptación de largo plazo se considera información sobre la variabilidad climática y el cambio climático, conjuntamente con factores no climáticos. En este sentido, se requiere considerar dicha información en las soluciones que se estudien para el abasto de agua; incluido el manejo del riesgo con información de pronósticos de tiempo y clima.

Es necesario continuar con el fortalecimiento de la capacidad técnica para entender y usar información meteorológica; desarrollar métodos para la toma de decisiones en términos de probabilidades; fortalecer las instituciones, la normatividad y el mercado; así como fomentar la participación de la sociedad civil en el desarrollo y evaluación de las estrategias y los programas (INE 2009a, 2008c).

### **4.3.4 Sector agrícola**

La agricultura depende esencialmente de factores climáticos como la radiación solar, la lluvia y la temperatura, entre otros.

Resultados de un estudio reciente (INE 2007b) señalan que un incremento en la temperatura ambiental podría intensificar el desarrollo del cultivo del maíz, debido a una mayor tasa de acumulación de calor. Lo anterior favorecería la reducción del ciclo fenológico,<sup>22</sup> aunque con un potencial decremento en la producción al contar

---

21 Condición anómala en la temperatura del océano en el Pacífico tropical del este. Corresponde al estado climático en el que la temperatura de la superficie del mar está 0.5°C o más, por encima de la media del periodo 1950-1979, por lo menos seis meses consecutivos, en la región conocida como "Niño 3" (4°N-4°S, 150°W-90°W), (Magaña 2004).

22 Se refiere a los fenómenos rítmicos de las plantas y de la vegetación, como por ejemplo, periodo de floración, de fructificación, de defoliación, etc. (Rzedowski 1978).

con menos tiempo disponible para absorción de nutrientes, para la intercepción de energía solar y para las actividades metabólicas. Dicha situación podría presentarse para el cultivo de maíz en tres regiones definidas en el estudio como Centro, Chiapas y Jalisco, con afectación potencial en las fases críticas del cultivo, como la floración, la formación o el llenado del grano, en caso de que los incrementos de temperatura coincidan con alguna de éstas. En el Distrito de Riego de Río Fuerte, Sinaloa (075) se estima una reducción promedio en la duración del ciclo fenológico del maíz de otoño-invierno, del 4%, 7% y 13%, para los años 2020, 2050 y 2080, con respecto a las condiciones actuales (Ojeda et al. 2006).

Algunos de los efectos directos del cambio climático en la agricultura de México podrían presentarse de manera diferenciada en algunas regiones, de acuerdo a sus condiciones particulares:

- Cambios en el desarrollo y productividad de los cultivos, por afectaciones en los ciclos fenológicos.
- Incremento en el periodo libre de heladas de las zonas agrícolas, que se traduciría en un mayor periodo útil para el desarrollo de algunos cultivos y aumento en el número de ciclos agrícolas por año.
- Reducción en la superficie cultivable y en los rendimientos generados en zonas de temporal, debido al aumento en la duración e intensidad de la sequía.
- Afectaciones en los distritos de riego del noroeste del país, en cuanto a disponibilidad de agua.
- Reducción en la precipitación y aumento en la temperatura que limitará la producción, en el ciclo primavera-verano en los distritos de riego localizados en las zonas áridas y semiáridas de México.

El coeficiente de cultivo (Kc), que incorpora las características del cultivo y los efectos promedio de la evaporación en el suelo, constituye una herramienta para la planificación y la programación de calendarios básicos de riego.

Los cambios en los valores del Kc del maíz, ante escenarios climáticos, bajo el escenario A2 de emisiones de GEI, al 2020; 2050; y 2080, y el actual, representan un probable desfase con respecto del cambio de los periodos

de máxima demanda hídrica del maíz, como producto del acortamiento en la duración del ciclo fenológico del maíz (Figura IV.13). En los distritos de riego de las zonas áridas de México es importante desarrollar acciones de adaptación, con ajustes en las asignaciones anuales de agua, en la temporada de siembra, en las especies y variedades cultivadas, además de las prácticas de manejo para adaptarse a las condiciones esperadas. Para cultivos perennes, con fecha de siembra típica del ciclo otoño-invierno, los requerimientos de riego pueden aumentar a medida que el cambio climático se intensifique (Ojeda et al. 2006).

### **Efectos económicos del cambio climático en la agricultura**

De acuerdo a Landa et al. (2008), una primera aproximación de los costos del riesgo y desastre climático en agricultura se puede obtener a partir de la relación entre la inversión requerida para la producción de una tonelada de grano y los beneficios que se obtienen con tal producción.

A partir de estudios técnicos se estima que la potencial pérdida económica que un cambio climático tendría en la producción agrícola mexicana puede ir del orden de los 16 a los 22 mil millones de pesos (INE 2007c).

### **Estrategias de adaptación en el sector agrícola**

La reducción en la disponibilidad de agua requerirá un nuevo manejo en los embalses y en la capacidad de los canales para suministrarla en los periodos críticos de los cultivos. La respuesta de la agricultura al cambio climático tendría que incluir medidas de adaptación planificada que consideren acciones coordinadas entre agricultores, asociaciones, universidades, centros de investigación, empresas y gobierno. Las estrategias de adaptación a corto plazo pueden basarse en la modificación o mejora de las prácticas agrícolas actuales. Muchas de ellas son relativamente sencillas como los cambios en las fechas de siembra y en las variedades usadas, rotación de cultivos, y el uso de métodos y sistemas para la conservación de la humedad del suelo.

Sin embargo, es necesario adaptar los sistemas agrícolas a las nuevas condiciones climáticas (INE 2007b).

Es importante fortalecer la estructura de apoyo al campo en materia de riesgo climático, ya que las proyecciones para la mayor parte del país, bajo escenarios de cambio climático muestran reducciones de producción en las zonas más importantes.

Como parte de un estudio (INE 2008a) se evaluó la disponibilidad de agua y diferentes medidas de adaptación ante el cambio climático, estas son; a) tecnificación de riego; b) tecnificación de riego más cambio de cultivo; y c) tecnificación de riego más reducción de áreas de cultivo, en la cuenca del Río Guayalejo, en Tamaulipas, con la participación organizada de actores clave de distritos de riego, municipios y ciudades. Se identificó que es necesario hacer una revisión integral de las políticas de asignación y manejo de los derechos de agua en los distritos de riego. Actualmente y para las próximas décadas, será necesario ajustar esas concesiones de agua, a las condiciones de un clima cambiante.

Con base en lo anterior, existe la necesidad de realizar estudios locales del impacto del cambio climático en las demandas hídricas de las zonas de riego con los patrones de cultivos actuales, con diferentes fechas de siembra,

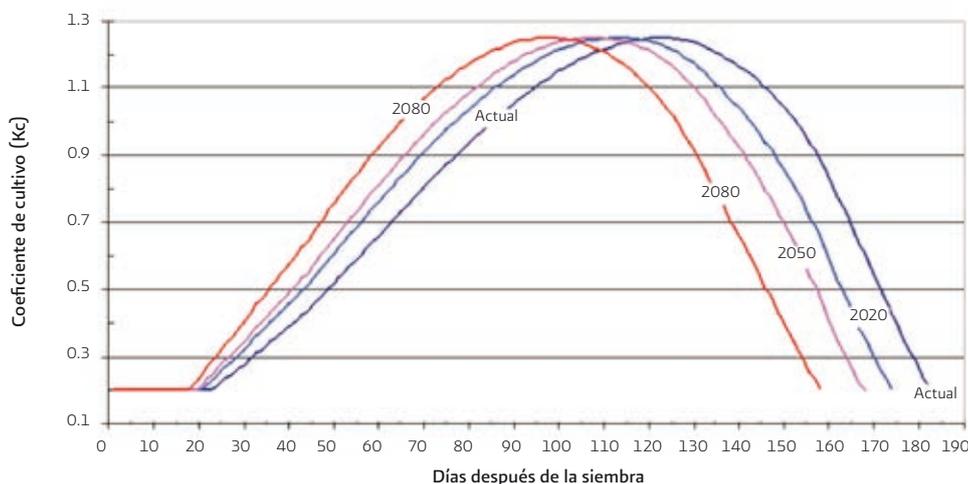
ciclos agrícolas y proyecciones climáticas esperadas. Será necesario un análisis integral de la variabilidad espacial y temporal de las demandas hídricas agrícolas a nivel de cuenca, considerando los cambios en los patrones climáticos esperados para cada una de las zonas de riego en nuestro país.

### Uso de la información climática en el seguro agrícola

En México, el uso limitado de información climática entre productores hace que esta actividad, principalmente la de temporal, quede totalmente expuesta a las variaciones del clima. Existen ejemplos recientes que indican que dicha circunstancia ha llevado a graves pérdidas en el sector; el retraso del periodo de lluvias en el verano de 2005 y 2009 provocó sequías agrícolas, por lo que se requiere considerar los resultados de modelos de pronóstico del clima.

El uso de diagnósticos y pronósticos climáticos, representa una práctica de gran utilidad en la planificación de las actividades agrícolas. Los primeros consisten en una evaluación de las condiciones medias del clima, incluyendo la determinación de condiciones regionales

Figura IV.13. Variación del coeficiente de cultivo (Kc), bajo cambio climático a partir de fecha de siembra 15 de noviembre, en el distrito de riego de Río Fuerte, Sinaloa (075).



Nota: El coeficiente de cultivo (Kc) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

Fuente: Ojeda et al. 2006.

poco propicias para el desarrollo de cultivos. Los pronósticos, por otra parte, proyectan las probabilidades de que condiciones desde poco a muy favorables se presenten en una región (ej. lluvia fuera de un rango crítico). Para AGROASEMEX, la agencia de seguros agrícolas más grande de México, el conocimiento de la variabilidad climática es contemplado en la definición de sus políticas de aseguramiento en agricultura de temporal.

Los costos de pago de seguro para AGROASEMEX cuando el clima es anómalo, como en el 2005, son altos y por lo mismo se impulsa desde esa institución una cultura de aprovechamiento de información climática. Esta acción será cada vez más necesaria, pues la variabilidad del clima aumentará bajo cambio climático y por ello, el uso de la información de pronóstico es esencial, principalmente en cultivos de temporal.

En Guanajuato y Querétaro, en la región del Bajío, la temporada de lluvias inicia normalmente a mediados de junio y finaliza en octubre. Sin embargo, existen años extraordinarios donde el período de lluvia puede prolongarse, reducirse o ser discontinuo, con etapas secas intermedias. En general, la agricultura de temporal, principalmente de maíz, se da en regiones donde las probabilidades de satisfacer un mínimo de lluvias estacionales son medias y altas, en el sur y suroeste del Bajío. La parte centro es una región con altas probabilidades de que no se satisfagan los requerimientos hídricos mínimos para el cultivo de maíz de temporal (Figura IV.14), aunque aún ahí se practica. Estos cálculos pueden realizarse para cada etapa fenológica del maíz (Landa et al. 2008).

En modo de pronóstico, se pueden usar las proyecciones estacionales o mensuales de lluvia y estimar las probabilidades de que la precipitación no alcance los valores umbral, necesarios para tener un mínimo de éxito en la cosecha. Los datos de rendimientos o de siniestros pueden utilizarse para establecer cuál es un valor de riesgo y de rendimiento mínimo aceptable (INE 2007a).

Como en cualquier otro problema de gestión de riesgo, la decisión de cuál es un valor de riesgo "intolerable" queda determinada por el experto del sector en consideración, el administrador del seguro agrícola o el agricultor.

Es claro que el esquema de toma de decisiones final requiere de incorporar la confianza, el nivel de acierto de

los pronósticos estacionales, o las relaciones entre el clima regional y condiciones La Niña y El Niño Oscilación del Sur (ENOS), para poder fijar los valores críticos de probabilidad sobre los cuales se tome una decisión. En el corto plazo se comienza a considerar de mayor importancia el pronóstico para la planificación de las actividades agrícolas y de los costos de primas en el seguro agrícola.

### 4.3.5 Sector ganadero

Este sector presenta una respuesta rápida ante los efectos de la sequía y otras variaciones climáticas (INE, 2008a). Para analizar los efectos del cambio climático puede considerarse el coeficiente de agostadero (CA)<sup>23</sup> con el fin de evaluar la variación en la disponibilidad de alimentos para el ganado, en especial la de los pastos.

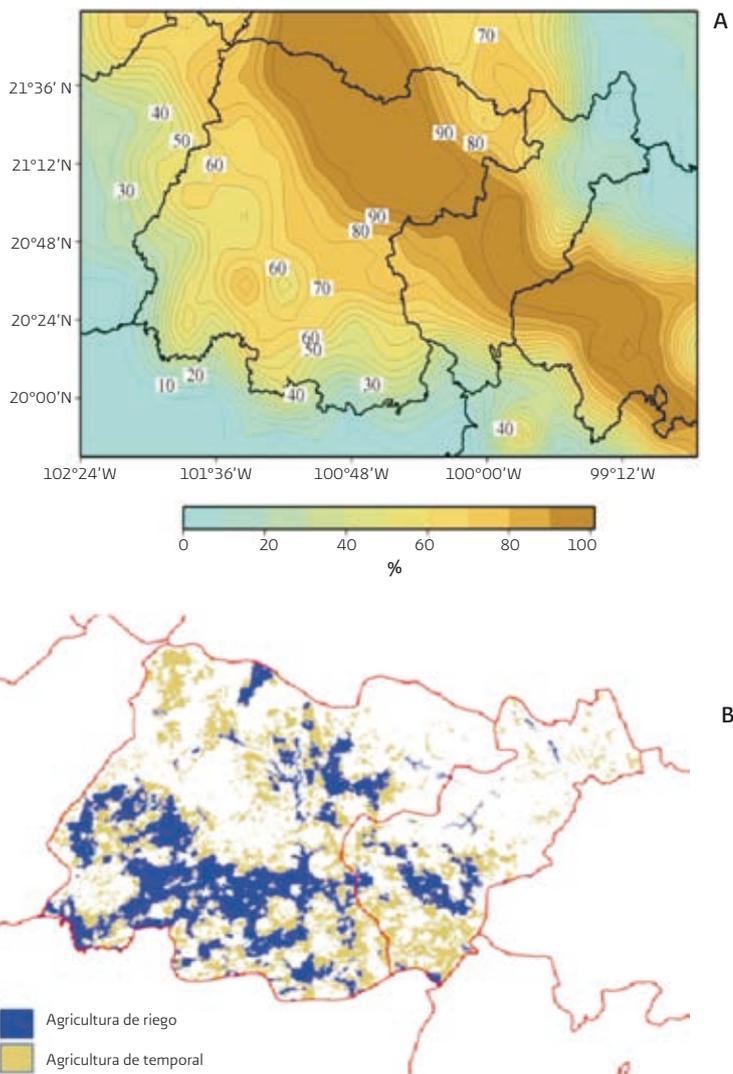
Los resultados del CA indican que con cambio climático se incrementaría la superficie con condiciones menos favorables para el desarrollo de la ganadería, principalmente para la Península de Yucatán y los estados del norte del país, lo cual traería consigo importantes modificaciones en la cantidad de animales que pueden soportar los ecosistemas. Lo anterior se relaciona con la intensificación de la evapotranspiración en las comunidades vegetales, lo que influye directamente en su desarrollo y capacidad de generar materia seca disponible para el ganado.

Una aproximación para establecer si un animal o grupo de animales es o no afectado por el clima se da en términos de los valores del índice de temperatura y humedad (ITH), un indicador de confort para los rumiantes. Para el caso de la ganadería bovina en Veracruz se consideran como valores límites máximos de confort animal el rango de 71 a 74 del ITH. Entre abril y octubre es posible que se presenten, en el centro de Veracruz, situaciones que afecten el confort animal bajo escenarios de cambio climático (Figura IV.15). Se esperaría que en los meses de primavera y verano la

---

23 Coeficiente de agostadero: superficie requerida para sostener una unidad animal al año, en forma permanente y sin deteriorar los recursos naturales, se expresa en hectáreas por unidad animal al año.

Figura IV.14. A) Probabilidad de que se tengan lluvias por debajo de 450 mm, acumuladas entre junio y octubre, consideradas como mínimas necesarias para el cultivo de maíz de temporal en la región centro del país. B) Tipo de agricultura practicada.



Fuente: INE 2007a.

temperatura presente los mayores incrementos, con lo cual, el ganado podría pasar la mayor parte del tiempo en estado de estrés intenso.

Es importante realizar evaluaciones más detalladas sobre los impactos y la vulnerabilidad del sector ganadero ante el cambio climático, con la participación activa de los ganaderos y los encargados de política, para desarrollar estrategias y acciones de adaptación. Para mantener la viabilidad de la producción ganadera, ante

una reducción de la fuente de alimentos del ganado, será necesario invertir recursos económicos para compensar lo que la naturaleza ya no podrá ofrecer de manera natural.

### 4.3.6 Sector pesquero

El aumento en la temperatura del Océano Pacífico mexicano, como resultado del calentamiento global, se presentará

como una extensión de la alberca de agua cálida,<sup>24</sup> lo que de hecho ocurre durante el fenómeno de El Niño, lo que afectaría las corrientes marinas limítrofes, la estratificación de la columna de agua en el océano y el afloramiento de agua productiva, desde la parte baja de la termoclina,<sup>25</sup> que se presenta en el Golfo de California, en la costa oeste de Baja California, en las costas de Nayarit, Jalisco y en el Golfo de Tehuantepec (INE 2008a).

Afectaciones en el afloramiento de agua productiva resultarían en un decremento en la biomasa de zooplankton, en una reducción de la riqueza de nutrientes y la consecuente afectación en la distribución de organismos. Esto se puede traducir en un cambio en la estructura de las comunidades de peces e invertebrados. Con océanos más cálidos, se prevé que habría un descenso de especies de aguas frías y aumentaría la presencia de especies tropicales.

Aunque la mayoría de las especies de peces relacionados con arrecifes de coral están viviendo cerca de su límite térmico, parece que pequeños aumentos en la temperatura influyen en el reclutamiento e incrementan el índice de desarrollo de las larvas de peces; sin embargo, la estructura del arrecife y su salud pueden ser afectadas. Estos beneficios van a ser contrarrestados por el descenso en la producción de huevos y el incremento en la mortalidad de los embriones ante altas temperaturas, reduciendo entonces el número de larvas que entran a la fase pelágica.<sup>26</sup>

El aumento en el nivel del mar modificará la salinidad en las lagunas y su característica estuarina, con lo que se afectaría los hábitats en los que la gran variedad de peces de interés económico pasan alguna fase de su ciclo de vida. Muchas de las lagunas actuales irán incorporándose al mar y las zonas estuarinas se desplazarán aguas arriba de los ríos. Detener y revertir el deterioro

ambiental de los ecosistemas costeros y marinos es sin duda un propósito importante a considerar en cualquier programa de reducción de la vulnerabilidad de la actividad pesquera ante el cambio climático y el desarrollo de medidas de adaptación. Ante una posible disminución de la precipitación anual, el manejo de las presas será fundamental para mantener los gastos ecológicos mínimos necesarios para preservar los ecosistemas estuarinos y lagunares.

Existen estrategias y programas que si se adoptan con mayor rigor y se amplían podrían ser instrumentos útiles para conservar y recuperar los ecosistemas costeros y marinos. A nivel internacional se puede mencionar el Código de Conducta para la Pesca Responsable y los programas nacionales relacionados con éste, así como la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la Ley de Pesca. El decreto de Áreas Naturales Protegidas (ANP) marinas que ya incluyen arrecifes coralinos es una de las estrategias de política ambiental más importantes. Actualmente, existen 13 ANP en zonas con arrecifes de coral, nueve de ellas localizadas en el Golfo de México y el Mar Caribe y cuatro en la costa del Pacífico. También, dentro del marco de la Convención de Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR) se han protegido zonas con arrecifes de coral, de manglar, pastos marinos y humedales en general.

El enfoque precautorio en el manejo de las pesquerías, la protección de algunas especies deterioradas, la captura de nuevas especies, y una mejor educación técnica, administrativa, organizativa y social del sector pesquero serán indispensables para enfrentar los retos del cambio climático que ya se empiezan a combinar con problemas ambientales y socioeconómicos preexistentes, que en muchos casos son generadores de vulnerabilidad (INE 2008a).

### 4.3.7 Sector forestal

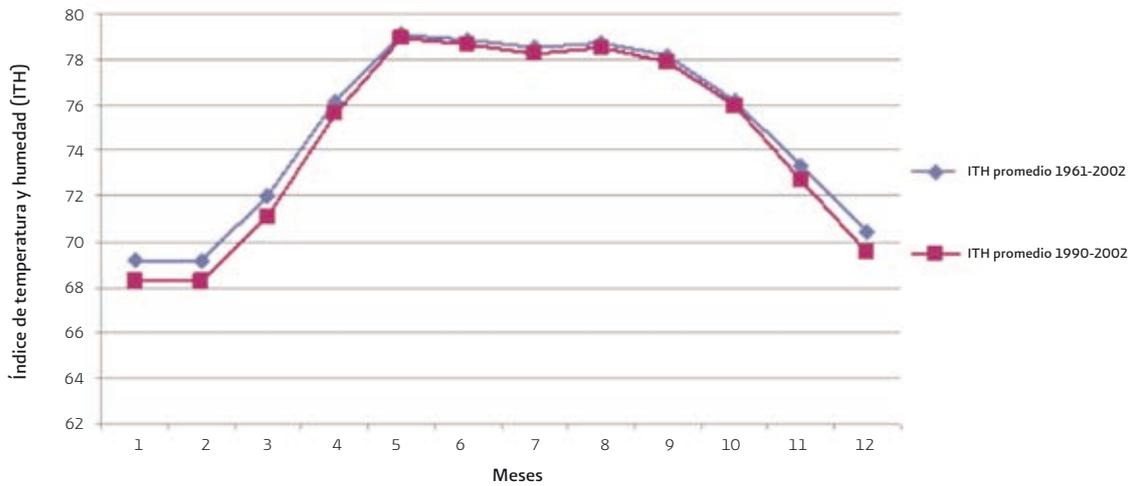
En México existe una gran diversidad de tipos de vegetación terrestre natural, éstos ocupan una superficie de alrededor de 140 millones de hectáreas (Mha), equivalente al 73% de la superficie nacional. Los ecosistemas con el mayor porcentaje de la superficie con cubierta vegetal

24 La alberca de agua cálida es una zona del océano donde se registran temperaturas superficiales iguales o superiores a 28°C. Una de éstas se presenta frente a las costas de Michoacán y Guerrero.

25 Termoclina: capa intermedia (también llamada zona de transición) de los océanos que se extiende hasta 1500 m. Divide a las aguas superficiales menos densas y menos salinas de las aguas de profundidades más frías, densas y salinas (Dajoz 2002).

26 Fase pelágica: etapa del ciclo de vida de algunos peces posterior a la larval en la zona de mar abierto superficial.

Figura IV.15. Promedio de la expresión del índice de temperatura y humedad (ITH) retrospectivo histórico 1961- 2002 y 1999-2002, correspondiente al centro de Veracruz.



Fuente: INE 2008a.

son los matorrales xerófilos (41%), los bosques templados (24%) y las selvas (23%).

En el país, la tendencia de cambio de los ecosistemas terrestres a otros usos del suelo presenta una desaceleración en los últimos años. Sin embargo, la conversión de terrenos forestales hacia otros usos se mantiene como la causa principal del cambio de uso del suelo y de la consecuente deforestación (Cuadro IV.5).

El Plan Estratégico Forestal para México 2025 (SEMARNAT, 2001) presenta un diagnóstico del sector forestal, en el cuál se incluyen diversos factores que se catalogan como problemas para el manejo forestal: a) el aprovechamiento del recurso forestal no es el óptimo; b) los altos costos del manejo forestal sustentable; c) la tala ilegal; d) la falta de interés de los productores al manejo sustentable, y e) su promoción limitada.

### Distribución potencial de especies forestales

Un efecto directo del cambio climático es el potencial aumento de la evapotranspiración, lo que genera, dependiendo de la fisiología de cada especie forestal, estrés hídrico, además pueden presentarse otros factores indirectos como son mayor incidencia de plagas y enferme-

dades, aumentos en el potencial de incendios forestales y disminución en la polinización, entre otros.

En un estudio reciente (INE 2008a) se seleccionaron 12 especies forestales, distribuidas en tres zonas climáticas (Cuadro IV.6), y se evaluó la distribución potencial por especie para el escenario base y ante escenarios de cambio climático.

Considerando requerimientos ambientales (tipo de suelo, temperatura y precipitación), se caracterizaron cuatro categorías de aptitud potencial para la presencia de las doce especies: a) no apto; b) marginal; c) moderado; y d) apto, para condiciones actuales y bajo cambio climático (Figura IV.16).

Los principales resultados del análisis de la distribución potencial de especies forestales individuales bajo cambio climático, considerando el escenario A2 de emisiones de GEI, al horizonte de tiempo 2050, con respecto al escenario base, son:

- Especies de zona templada. Las mayores afectaciones se presentarían para *Pinus cembroides* y *Pinus pseudostrobus*, al aumentar la extensión de superficie bajo la categoría “no apto”. En la región centro-norte de México se incrementaría la extensión de superficie

no apta para la distribución de especies templadas, sin embargo debido a las condiciones particulares del centro del estado de Chihuahua, se tendrían incrementos de superficie con aptitud “moderada” y “marginal”, las cuales suplantarían la categoría “no apto”.

- Especies de zona semiárida. Se reduciría la superficie con aptitud natural para *Acacia farnesiana*. El noreste de México y la Península de Baja California presentarían los mayores incrementos en la superficie no apta para la distribución potencial de especies semiáridas, en tanto que en la región sur del altiplano mexicano aumentaría la aptitud.
- Especies de zona tropical. La situación tiende a polarizarse, mientras que algunas registrarían potenciales incrementos en la superficie, con cierto grado de aptitud favorable, como el caso de la caoba, el ramón y la teca, en otras, como el cedro rojo, se presentaría un incremento en la superficie con categoría “no apto”. Los estados de Veracruz, Tabasco y el suroeste de Campeche son las regiones donde se darían incrementos en superficie con categoría “no apto” para la presencia de especies tropicales, mientras que en las zonas altas del estado de Sonora se podría presentar incrementos en la aptitud para la distribución de la mayoría de este tipo de especies.

Los cambios más notables se observan en el norte del país, con potenciales reducciones en la superficie cubierta por los bosques de coníferas y el incremento de la probabilidad de ocurrencia de condiciones favorables para la selva seca.

Al comparar los resultados de la variación en la superficie con diferentes grados de aptitud para la distribución de especies forestales individuales, considerando los escenarios B2 y A2 de emisiones de GEI, se encontró que por lo regular se mantiene el patrón de distribución, sin embargo son menores las variaciones para la mayoría de las especies forestales seleccionadas bajo el escenario B2, que es de menos emisiones de GEI, en comparación con A2.

Ante la diversidad de posibles situaciones se requiere fomentar evaluaciones estatales, regionales y/o locales para obtener un mayor detalle de los po-

sibles impactos que el cambio climático, en combinación con el cambio de uso de suelo, presentaría en las especies de interés forestal. Dichas proyecciones acordes con la realidad de los bosques, en combinación con las estrategias para atender los factores que se catalogan como problemas para el manejo forestal, contribuirían a las decisiones sobre aprovechamientos sustentables, reforestación, agroforestería y mercados forestales nacionales acordes a cada uno de los posibles escenarios futuros.

## **Afectaciones relacionadas con plagas forestales**

El incremento de temperatura y precipitación ha favorecido el aumento en el ciclo de vida de las plagas forestales, especialmente en bosques templados y selvas. Bajo cambio climático se podrían presentar hasta tres ciclos adicionales de vida al año, con respecto a las condiciones actuales (INE 2007d).

En un estudio se encontró que del total de 82 plagas registradas en México, son de importancia por su amplia distribución en el territorio 33 y de menor importancia 49 plagas. Las especies de insectos de mayor relevancia por las afectaciones en los bosques naturales de México son: los descortezadores, defoliadores y barrenadores, los cuales han afectado entre 10 mil ha a 20 mil ha anuales de superficie forestal, aunque se reconocen más grupos de plagas y patógenos que afectan los bosques (INE 2007d).

Los resultados del mismo estudio sobre la superficie con la distribución potencial de plagas en bosques, ante incrementos de 1°C y 2°C, indican que: a) en elevaciones de 1,500 a 2,500 msnm, con un incremento de 1°C, la incidencia de plagas económicamente importantes podría afectar del 10% al 30% de la superficie total del ecosistema y, b) si la elevación es de 2,501 a 3,300 msnm, con un incremento de 2°C, incidencia de las plagas podría aumentar entre 30% y 40% (Figura IV.17). Asimismo, para el caso de las selvas: a) en elevaciones de 0 a 1,000 msnm, con un incremento de 1°C, la potencial incidencia de plagas se presentaría entre el 20% y 30%, respecto a la superficie total del ecosistema; y b) para elevaciones de

Cuadro IV.5. Cambio de uso del suelo de 1993 a 2002.

Formación vegetal	Superficie 1993 Mha	Superficie 2002 Mha	Variación en superficie Mha
Bosque	34.46	33.51	-0.956
Selva	34.23	32.11	-2.118
Matorral	59.06	58.09	-0.968
Otras asociaciones	16.41	15.99	-0.425
Subtotal vegetación natural	144.16	139.69	-4.466
Usos agropecuarios	40.52	44.46	3.938

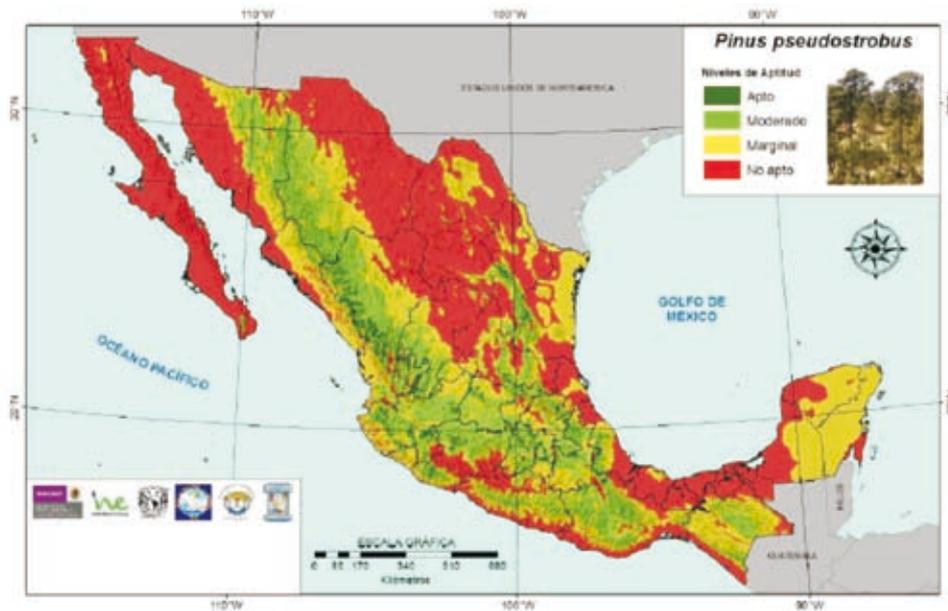
Fuente: CONAFOR 2008.

Cuadro IV.6. Distribución potencial de especies forestales en tres zonas climáticas.

Zona climática	Especies forestales
Templada	<i>Abies religiosa, Pinus ayacahuite, Pinus patula, Pinus cembroides, Pinus durangensis, Pinus pseudostrobus, Cupresus lindleyi</i>
Tropical	<i>Cedrela odorata, Swietenia macrophylla, Brosimum alicastrum, Tectona grandis, Leucaena leucocephala</i>
Semiárida	<i>Agave lechuguilla, Prosopis laevigata, Yucca filifera, Acacia farnesiana</i>

Fuente: INE 2008a.

Figura IV.16. Categorías de aptitud para la distribución potencial de *Pinus pseudostrobus* para el escenario base.



Fuente: INE 2008a.

1,001 a 1,500 msnm, con un incremento de 2°C, se presentaría una distribución potencial de las plagas del 40% al 50% de la superficie total de las selvas (INE 2007d).

A partir del cruce de información de variables de interés (temperatura, humedad, altitud, tipo de vegetación, tipo de plaga) se encontró en el mismo estudio que los bosques registrarían afectaciones por plagas del 7% al 11% de la superficie total del ecosistema, y las selvas del 13% al 35% de su superficie, al aumentar la temperatura en 1°C y 2°C, respectivamente; ésto señala cuan vulnerables son dichos ecosistemas ante las plagas forestales, derivado de un cambio climático.

Para evaluar con mayor profundidad los impactos del cambio climático en la incidencia y afectaciones por plagas en ecosistemas forestales, se requiere: a) generar inventarios geo-referenciados de las plagas en predios forestales; b) identificar cambios locales en la fenología de las plagas y su relación con sus tolerancias climáticas particulares; c) caracterizar y evaluar el papel del suelo como facilitador y condicionante de la resistencia y dispersión de las plagas; y d) relacionar las condiciones locales del clima y su variabilidad estacional y anual con la presencia de plagas.

### **Efectos económicos del cambio climático en los ecosistemas**

El costo de los incendios forestales, que se agravarían bajo cambio climático, corresponde al costo de combatirlos y al valor del recurso perdido, lo que equivale a poco más de 20 mil pesos por hectárea, calculado con datos de 2004, sin tomar en cuenta el costo de lesiones y decesos humanos. Si se consideran las condiciones del año 1998, en que se presentó un fenómeno intenso de El Niño, como un escenario probable de cambio climático, el costo de los incendios forestales sería de 17 mil millones de pesos por año, aproximadamente. Cabe destacar que los valores estimados no incluyen las pérdidas de servicios ambientales y biodiversidad, el impacto inmediato sobre la producción agrícola, la afectación futura de la productividad de la tierra, el costo directo e indirecto a las comunidades afectadas, ni los costos de su reubicación.

A partir de las metodologías consideradas en un estudio para determinar el valor de algunos bosques con características específicas, como el de la mariposa monarca, se estimó que los beneficios de la explotación forestal son de 667 pesos/ha, mientras que el valor de uso (valor recreativo) para los visitantes del sitio es de 928 pesos/ha. Por otra parte, se determinó que el valor de existencia del bosque es de \$ 6,840 a \$15,640 por ha (INE 2007c).

### **4.3.8 Biodiversidad**

El número total de especies conocidas<sup>27</sup> en México es de 108,519, de las cuales, aproximadamente dos terceras partes corresponden a animales y la fracción restante a plantas y hongos (CONABIO 2009a); por lo que es la cuarta nación en cuanto a riqueza de especies, además de combinar esa elevada diversidad biológica con una gran riqueza cultural (CONABIO 2009b).

La biodiversidad y los ecosistemas del país manifiestan síntomas de un impacto antropogénico, que ha sido agudo en el último medio siglo. La deforestación, sobreexplotación y contaminación de los ecosistemas, la introducción de especies invasoras y el cambio climático son causas directas de la pérdida de capital natural (CONABIO 2009c).

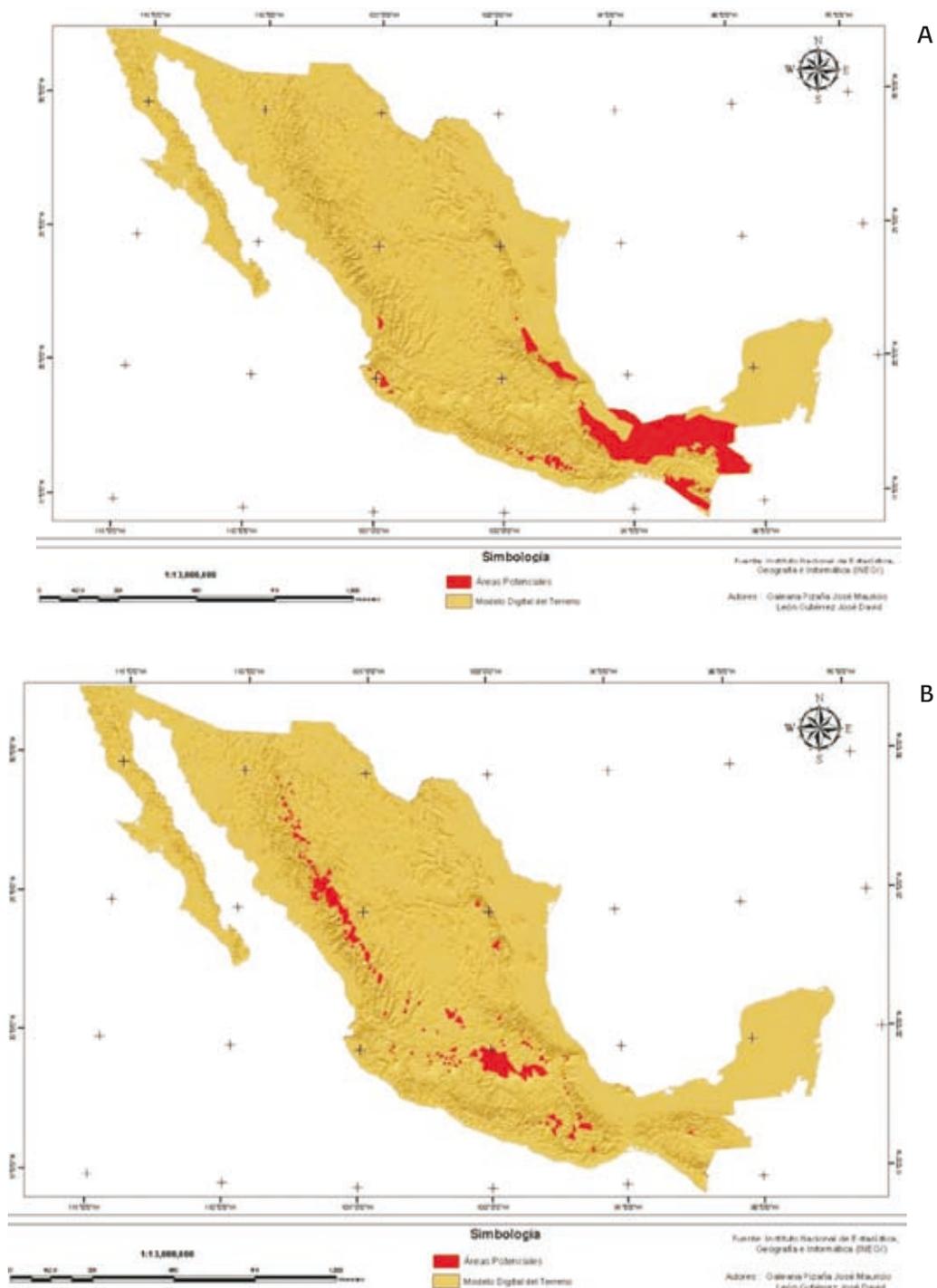
Esta última causa, coincide con lo mencionado en el Cuarto Informe de Evaluación del PICC (2007), donde se documentan evidencias, alrededor del mundo, de los efectos observados estadísticamente significativos en los sistemas naturales, que no se explican con la variabilidad natural sino que se relacionan con el calentamiento global del planeta y que se añaden al impacto directo de pérdida de especies debido al cambio de uso del suelo.

Sin embargo, en México la información acerca de los efectos del cambio climático sobre diferentes elementos

---

27 La expresión "especies conocidas" se refiere a las especies descritas o que cuentan con un nombre científico, y el número total se basa en la suma de especies por grupo para las que existen datos publicados. Consultado en el Modulo de Consulta Temática de la SEMARNAT, [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_BIODIVO2\\_01&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_BIODIVO2_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce).

Figura IV.17. Mapa de la distribución potencial de las plagas en (A) bosques y (B) selvas, bajo un escenario de incremento de 2° C.



Fuente: INE 2007d.

de la biodiversidad está en proceso de desarrollo (véase la sección 4.2.3).

## Distribución potencial de especies de mamíferos

En un estudio reciente, se analizaron los potenciales impactos del cambio climático en 61 especies de mamíferos, distribuidas en nueve zonas bioclimáticas, al 2050 bajo escenarios A2 y B2 de emisiones de GEI (INE 2008a), los principales resultados son:

- Se reduciría la distribución, entre 80 y 100%, de cuatro especies de mamíferos relacionados con ecosistemas de bosques de coníferas y de latifoliadas: *Romerolagus diaza* (conejo de los volcanes), *Lepus flavigularis* (liebre), *Orthogeomys grandis* (tuza o rata de campo) y *Megadontomys thomasi* (ratón).
- Se ampliaría el área de distribución, en más del doble con respecto a la histórica, de dos especies de mamíferos, relacionadas con zonas bioclimáticas de selvas húmedas y subhúmedas: *Cabassous centralis* (Armadillo cola de trapo) y *Vampyrum spectrum* (Gran falso murciélago vampiro).

En general, para mediados del presente siglo se esperaría que 30 de las 61 especies de mamíferos analizadas pierdan 50% o más del área de su distribución actual. Por lo menos para nueve especies se reduciría en más de 80% el área de distribución, con respecto a la histórica: *Romerolagus diazi*, *Lepus flavigularis*, *Orthogeomys grandis*, *Megadontomys thomasi*, *Megasorex gigas*, *Sylvilagus cunicularius*, *Lepus callotis*, *Cratogeomys merriami* y *Cynomys ludovicianus*, todas ellas endémicas o cuasi-endémicas de México, por lo que estarían en inminente peligro de extinción.

La necesidad de las plantas por encontrar condiciones adecuadas para su desarrollo y crecimiento llevará a migración, la que será limitada en gran medida por la distribución espacial de las áreas de disturbio humano, de las barreras físicas (ríos, montañas, carreteras y asentamientos humanos) y de la competencia entre especies. En este sentido, se han iniciado algunos estudios den-

tro de la Red de Investigación de Estudios Ecológicos de Largo Plazo (LTER, por sus siglas en inglés), enfocados en analizar: los cambios en la distribución de especies arbóreas que habitan regiones montañosas de Chiapas (Golicher et al. 2008); los efectos del cambio climático en la distribución de dos especies de salamandras pleurodóntidas: *Pseudoerycea cephalica* y *P. leprosa* (Parra et al. 2005) las variaciones genéticas de poblaciones de *Pinus oocarpa* a través de gradientes altitudinales en los bosques subtropicales de Michoacán, y el efecto de la sustitución de cultivos de aguacate considerando cambio climático (Sáenz et al. 2006).

La respuesta geográfica de las especies ante cambio climático presenta algunos patrones muy claros relacionados con las zonas bioclimáticas y los tipos de vegetación que les corresponde, por tanto es necesario: a) evaluar los sistemas de áreas protegidas, con el fin de tomar medidas puntuales que atenúen el posible efecto del cambio climático en los patrones de distribución de las plantas y animales; y b) analizar los efectos del cambio climático a escala nacional y local, con énfasis en las comunidades vegetales como unidades discretas, pero que incluyan el vasto número de especies, a partir de modelos estadísticos que consideren la distribución potencial de las mismas en condiciones actuales y de cambio climático.

## Nuevas aproximaciones al tema biodiversidad y cambio climático

El manejo de ecosistemas basado en la resiliencia<sup>28</sup> es una aproximación novedosa para la cual es necesario incluir nuevas métricas sobre los procesos y dinámica de los ecosistemas. Si la resiliencia es sobrepasada el sistema se vuelve vulnerable a los efectos de una perturbación (ej. cambio climático). Bajo esta perspectiva es importante entender aquellos factores que dan forma a la vulnerabilidad, para desarrollar medidas que incrementen la resiliencia y faciliten la adaptación. La definición de indicadores de vulnerabilidad no debe concebirse a nivel nacional sino integrarse con las experiencias locales y re-

---

<sup>28</sup> Resiliencia se refiere a la velocidad con la que un ecosistema perturbado regresa a su estado original (Allaby 2005).

gionales, basada en estudios de caso. Dichos indicadores deben ser probados sobre eventos climáticos del pasado reciente, como una analogía de las posibles condiciones en el futuro (CONABIO 2009c).

En evaluaciones de impacto y vulnerabilidad ante el cambio climático se debe tomar en cuenta el concepto de grupos funcionales, a nivel de grandes asociaciones de especies. El considerar los efectos del cambio climático especie por especie dificulta la toma de decisiones en materia de conservación y protección, ya que los esfuerzos pueden enfocarse a unas cuantas y no a un conjunto amplio que garantice la conservación del hábitat en un plazo más largo.

A nivel internacional, la aproximación de escenarios de nichos ecológicos con modelos de distribución de especies ha avanzado hacia la identificación de funciones de distribución de probabilidad, a través del ensamble tanto de escenarios de cambio climático como de escenarios de distribución de nicho. Esto significa un avance en materia de biodiversidad y cambio climático que habrá que explorar para México.

Se debe llevar a cabo una revisión del concepto de conservación, bajo cambio climático; evaluar el funcionamiento de corredores biológicos; e identificar estrategias para la delimitación de áreas de conservación y para la formación de nuevos corredores que faciliten la migración de especies en peligro o bajo algún estatus de conservación. Para lo anterior, es necesario considerar los esfuerzos institucionales para la identificación de nuevos espacios potenciales de conservación en México ante las amenazas adicionales a la conservación de la biodiversidad, como son el cambio de uso del suelo y la desertificación (CONABIO, CONANP, PRONATURA, TNC, FCF y UANL 2007).

## Ecosistemas costeros

Los impactos en ecosistemas costeros están asociados a las zonas de humedales.<sup>29</sup> Los humedales son ecosis-

temas de alta productividad, ya que son zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y marinos. Tienen importancia nacional ya que en éstos se desarrollan actividades pesqueras, agrícolas, ganaderas, turísticas, de extracción petrolera y transformación petroquímica; además funcionan como amortiguadores de los impactos de fenómenos hidrometeorológicos extremos en las costas. Albergan una amplia biodiversidad y son fuente y sumidero de GEI.

El grado de presión que ejercen las actividades humanas en los humedales es la principal amenaza; por cambios en la hidrología, relacionados con las presas y la deforestación, vinculada con la expansión de las actividades agropecuarias y el desarrollo de infraestructura urbana e industrial (incluyendo al turismo). A lo anterior se agregan los cambios futuros en las condiciones climáticas, ya que los humedales están expuestos al aumento del nivel del mar, cambios diferenciados en la precipitación y la temperatura, modificación en la salinidad de los cuerpos de agua, penetración de las cuñas salinas y reducción de los aportes fluviales.

Se estima que con un incremento de 1 m del nivel medio del mar habría pérdidas de superficies de humedal para las costas del Pacífico Sur, las costas de la Península de Baja California, el Caribe y el Golfo de México.

Ante un potencial incremento en la intensidad de huracanes, en condiciones de cambio climático, se reducirían las tallas promedio de los diámetros del bosque de manglar debido a que estarían sujetos a impactos con periodos menores a 25 años, afectando la distribución de las estructuras forestales del manglar hacia tallas menores. Esto se ha observado en San Blas y Marismas Nacionales (Nayarit) donde, recientemente, por el efecto de los huracanes de los últimos 15 años, los manglares de mayor altura prácticamente han desaparecido (INE 2008b).

El efecto más importante del aumento en la intensidad de los huracanes es la erosión de playas y dunas, proceso crítico en la Riviera Maya en Quintana Roo, donde en algu-

---

29 Humedales: de acuerdo con la definición de la Convención de RAMSAR, los humedales comprenden extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régi-

---

men natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

nos puntos han desaparecido, quedando los manglares expuestos a la erosión directa por el oleaje, con una pérdida superior a los 100 metros de manglar a lo largo de la costa. La misma situación, aunque en menor intensidad, se ha detectado en el Pacífico de México y Golfo de California donde diversas islas de barrera presentan lugares en que el oleaje del mar atraviesa la barra, con potencial de abrir una nueva boca como se ha observado en la península de Lucenilla, Ensenada del Pabellón (Sinaloa) (INE 2008b).

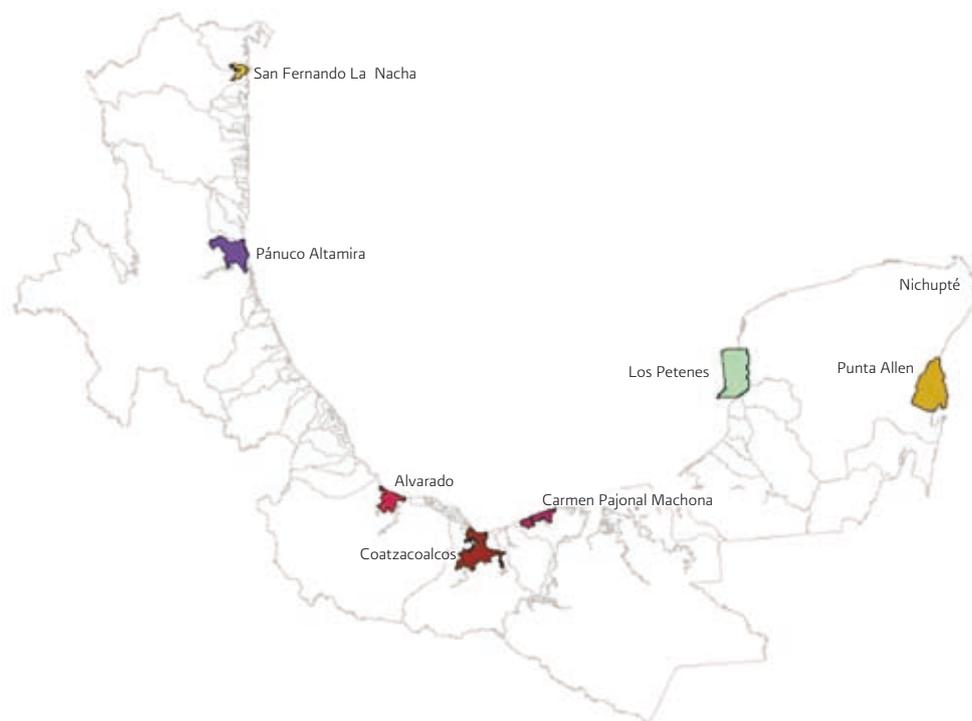
### Adaptación a los impactos del Cambio Climático en Humedales Costeros del Golfo de México

Ante la problemática descrita en el apartado anterior, entre 2007 y 2008 se llevó a cabo la preparación del proyecto "Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México", el cual

surge de la voluntad del Gobierno de México para hacer frente al cambio climático, y fomentar la formación y el fortalecimiento de capacidades para la adaptación. Dicho proyecto fue coordinado por el Instituto Nacional de Ecología de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y la Universidad Autónoma Metropolitana, con el apoyo financiero del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés), a través del Banco Mundial y también con la asistencia técnica de este último (INE 2009b).

El proyecto es resultado de un trabajo interdisciplinario de especialistas, con participación de actores locales clave, cuyo objetivo fue identificar y proponer potenciales medidas de adaptación para su instrumentación en el corto plazo, con el fin de atender la alta vulnerabilidad proyectada para la zona costera ante las variaciones esperadas en el clima para el presente siglo. Los resultados fueron plasmados en la publicación:

Figura IV.18. Ubicación de los humedales piloto en el Golfo de México.



Fuente: INE 2008d.

*Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México* (INE 2009b). Esta obra describe uno de los primeros esfuerzos en el mundo para evaluar la vulnerabilidad integral de los humedales costeros en México ante el cambio climático y desarrollar medidas específicas para su instrumentación, sugeridas para ocho humedales piloto y sus cuencas asociadas a lo largo de la costa del Golfo de México y Mar Caribe, identificados en el proyecto como muy vulnerables (Figura IV.18). Los resultados más relevantes se describen a continuación.

#### Proyecciones de cambio climático y cambio de uso de suelo

El modelo regional del Simulador de la Tierra de Japón, bajo el escenario A1FI de emisiones de GEI, señala que la precipitación anual cambiará muy poco hacia finales del presente siglo en la región de estudio, y que quizá los mayores cambios ocurrirán en la península de Yucatán. Aunque se trata de un solo modelo, las proyecciones, en términos de probabilidades, del clima regional desarrolladas con otros métodos, apuntan en la misma dirección (INE 2009b; Vergara et al. 2007).

Tanto los MCGs como el Simulador de la Tierra de Japón y el PRECIS proyectan los siguientes cambios para 2100:

- Los humedales del norte del Golfo de México enfrentarán incrementos de temperatura, de 1°C a 4°C; reducción en lluvias, de hasta 10%; incremento en evaporación, de 5% a 15%; nortes, huracanes, tormentas más intensas, y aumento del nivel del mar.
- Los humedales del centro del Golfo de México enfrentarán incrementos de temperatura, de 1°C a 4°C; variaciones en lluvias, de -5% a +10%; nortes y tormentas más intensas, y aumento del nivel del mar.
- Los humedales del Caribe de México enfrentarán incrementos de temperatura, de 1°C a 3°C; reducción en lluvias, de hasta 10%; huracanes, nortes y tormentas más intensas, y aumento del nivel del mar.

La existencia de los humedales depende de un frágil equilibrio que mantiene el balance hídrico adecuado entre las diversas etapas del ciclo hidrológico; y el cambio de uso del suelo es la variable que más afecta este balance. Al respecto se concluye:

- En el período 1976–2000, las principales causas de cambio fueron: la conversión a pastizales; la actividad de agricultura de temporal; y la expansión de los asentamientos humanos.
- La proyección para los próximos 20 años se asocia a la deforestación por actividades agropecuarias y el crecimiento urbano, con lo cual se reducirían áreas con diferentes tipos de selva, desaparecerían los manglares y aumentarían áreas con vegetación rala, como los pastizales.

En el cuadro IV.7 se resumen las tendencias de cambio de variables de relevancia en la región del Golfo de México, bajo escenarios A2 y B2 de emisiones de GEI.

#### Estrategias de adaptación

Se identificaron y priorizaron las principales amenazas bajo cambio climático para cada uno de los ocho humedales piloto, se agruparon según similitudes en cuatro grupos, y se priorizaron las estrategias de adaptación con respecto a las amenazas principales, de tal modo que las medidas de adaptación pudieran articularse a través de éstas (Cuadro IV.8). Las medidas fueron elegidas a través de un proceso de selección, y con participación de actores locales clave, con base en los siguientes criterios: replicabilidad, capacidad institucional, alta probabilidad de éxito y relación costo-efectividad.

### 4.3.9 Sector salud humana

En las últimas décadas México ha generado y recibido los beneficios de una mejoría en las condiciones de salud. El mejor ejemplo de ello se observa en la esperanza de vida al nacimiento, ya que en la segunda mitad del siglo XX este indicador pasó de 47 años, en 1950, a 75 años, en el

2000, y se mantiene hasta 2009 (<http://cuentame.inegi.org.mx/impresion/poblacion/esperanza.asp>). El perfil demográfico es causa y consecuencia del perfil epidemiológico del país, sin embargo, muchos problemas persisten, lo que podría verse agravado por el cambio climático.

Se han desarrollado estudios para contribuir a que el sector salud se prepare a la adaptación a los impactos del cambio climático, para lo cual se consideró el avance presentado en la Tercera Comunicación Nacional.

## Diagnóstico y proyección de enfermedades diarreicas agudas y dengue

### Diagnóstico en la región olmeca

En un estudio reciente se presenta un diagnóstico, a nivel municipal, del impacto de las variaciones en la temperatura y la precipitación en la incidencia semanal de dengue e Infección Respiratoria Aguda (IRAs) en la po-

Cuadro IV.7. Escenarios A2 y B1 en la región de influencia de los humedales costeros del Golfo de México y las tendencias esperadas en las variables de 2010 a 2030.

Variables	Tendencia	Escenario A2 de emisiones de GEI	Tendencia	Escenario B1 de emisiones de GEI
Población		Aumento de la población a tasas acumulativas a partir de 1990, de 15% en 2010, 22% en 2030		Aumento moderado de la población a tasas acumulativas a partir de 1990, de 14% en 2010, 19% en 2030
Indicadores de salud (esperanza de vida, acceso a servicios médicos, educativos, pobreza y marginación)		Se trataría de una situación <i>business as usual</i> . Históricamente, los estados del sur de México tienen altos índices de marginación y pobreza, que no se reducirían dramáticamente en al menos treinta años		Rápido crecimiento en los servicios de salud pública y educativa en la zona, reducción del índice de marginación y de la pobreza extrema en 10%
Producto Interno Neto Ecológico municipal		Sectores en declive: la agricultura y la manufactura (Tamaulipas y Veracruz) Sectores en ascenso: el petróleo y el turismo (Campeche y Quintana Roo)		Sectores clave favorecidos con políticas emergentes: agricultura y silvicultura Reducción de la producción petrolera e incremento sostenido del turismo ambientalmente sustentable
Temperatura		Aumento de la temperatura de 1.5 a 2°C.		Aumento de la temperatura de 1.5 a 2°C
Precipitaciones		Disminuyen en la zona		Siguen su tendencia histórica sin cambios
Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente		Crecimiento alto de emisiones superior al registrado en el país, que puede llegar a los 0.64 kilogramos de CO <sub>2</sub> equivalente por peso del PIB en 2030		Crecimiento medio. En el país, la tendencia fue de 0.34 kilogramos de CO <sub>2</sub> equivalente por peso del PIB en 2002

Fuente: INE 2009b.

**Cuadro IV.8. Amenazas y estrategias de adaptación en sitios piloto que agrupan ocho humedales del Golfo de México, identificados como muy vulnerables ante el cambio climático.**

Grupo	Sitios	Amenazas principales	Criterio	Estrategia de adaptación
1	Río San Fernando-Laguna La Nacha  Río Pánuco Altamira	1. Sequía  2. Eventos extremos de calor	Aumento de temperatura del orden de 1°C a 2°C por cada treinta años	Manejo del recurso agua Información climática (sistema de alerta temprana)
2	Río Papaloapan-Laguna de Alvarado  Río Coatzacoalcos-Laguna El Colorado	1. Aumento en el nivel del mar  2. Inundaciones (tormentas)	Ciclo hidrológico más intenso	Medidas (obras) estructurales urbanas y rurales. Manejo del recurso agua  Información climática (sistema de alerta temprana)
3	Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona  Los Petenes	1. Eventos extremos de calor  2. Inundaciones (tormentas, huracanes)	Aumento de temperatura del orden de 1°C a 2°C por cada treinta años	Información climática (sistema de alerta temprana) Prevención de incendios Mantener e incrementar los esquemas de conservación
4	Sistema Lagunar Nichupté (Cancún)  Sistema Lagunar Boca Paila (Punta Allen)	1. Huracanes.  2. Aumento en el nivel del mar	El aumento en la temperatura de superficie lleva a mayor inestabilidad y con ello existe una mayor probabilidad de que los huracanes que se formen sean de mayor intensidad.	Información climática (sistema de alerta temprana) Adecuar normas de construcción Mantener e incrementar los esquemas de construcción

Fuente: INE 2009b.

blación en general; y de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) en niños menores de 5 años, en la región olmeca del Estado de Veracruz, para el periodo 1995-2005 (INE 2007e).

Los resultados mostraron que: a) en las EDAs existe una asociación positiva con el incremento en la temperatura máxima; y b) en el dengue la relación se da con la temperatura mínima y temperatura superficial del mar (TSM). En los municipios Las Choapas y Jesús Carranza se presentó un aumento entre los casos de EDAs de 22% y 3% e IRAs de 2% y 0.10%, respectivamente por cada aumento de 1°C en la temperatura máxima, con respecto a la temperatura media máxima. El efecto de

esta asociación es en la misma semana o una semana de rezago. En cuanto al Dengue, se encontró un aumento en los casos de esta enfermedad en cinco municipios, destacando el de Mecayapan donde por cada grado centígrado de aumento en la temperatura mínima aumentados dos veces el riesgo de casos de dengue.

### Proyecciones a escala municipal

En otro estudio se evaluaron las tasas de incidencia de dengue y EDAs, a nivel municipal para todo el país, con datos de línea basal de temperatura y precipitación en el período 1960-2000, y la proyección ante escenarios de

cambio climático al 2030, bajo el escenario A2 de emisiones de GEI y considerando los MCGs: HADLEY, GFDL y ECHAM. Los principales hallazgos del análisis de morbilidad promedio anual por dengue y por EDAs, desde 1998 hasta 2005, a escala de municipio, para todo el país, son los siguientes: por cada incremento/reducción en un grado centígrado, aumentan/disminuyen los casos en 4% y 5%, respectivamente, y por cada 10 mm de cambio en la precipitación, varían los casos en un 2% y 5%, respectivamente (INE 2008e).

En términos generales, las proyecciones al 2030 (Cuadro IV.9) muestran que los casos anuales de dengue y EDAs, que podrían atribuirse al cambio climático, pueden incrementarse en 5%, aproximadamente.

Los resultados de riesgo de dengue y EDAs son más evidentes cuando se consideran cambios de temperatura y precipitación mensual; por ejemplo para 2030, en el mes de septiembre se tendría un mayor riesgo, principalmente en algunos estados del sureste del país.

### **Diagnóstico en la frontera México-Estados Unidos**

Hasta hace poco el dengue era considerado una enfermedad de zonas tropicales, con una baja incidencia en la frontera entre México y el estado norteamericano de Texas; sin embargo, esto está cambiando debido a una variedad de factores, incluyendo las variaciones en la precipitación y la temperatura. En este contexto, se evaluaron, a lo largo de una década de observaciones, los vínculos entre el microclima, las variables relacionadas al fenómeno de El Niño y los cambios en el reporte semanal de casos de dengue en el área de Matamoros, Tamaulipas, en la frontera norte de México.

Los resultados del estudio (Brunkard et al. 2008) mostraron que la incidencia de casos de dengue aumentó 2.6% una semana después de cada evento con incremento de 1°C en la temperatura máxima semanal. Cada aumento de 1°C en la TSM en la región de estudio fue seguida, 18 semanas después, por un aumento de 19.4% en la incidencia de casos de dengue.

### **Riesgo a la salud y respuestas en Yucatán**

A partir de un análisis cualitativo realizado por Few et al., (2008), basado en opiniones (entrevistas), sobre riesgo a la salud por extremos climáticos ante la presencia de ciclones tropicales en el estado de Yucatán, se encontró que se ha dado un cambio notable durante la fase de preparación ante los ciclones tropicales, así mismo, las acciones de atención a la emergencia son más eficaces.

La implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SIAT) ante huracanes por parte del SINAPROC, desde el año 1999, ha tenido resultados notables en materia de seguridad de la vida. Hoy en día, las estructuras y planes institucionales coordinan esfuerzos con el sector salud y organizaciones de la sociedad civil en diversas escalas geográficas. Por ejemplo, durante la fase de emergencia (evacuación) se ha puesto énfasis a los servicios médicos, dando como resultado la ausencia de brotes de enfermedades que normalmente suceden a los ciclones tropicales.

De los resultados obtenidos, se derivan algunos lineamientos que sugieren consolidar los esfuerzos orientados a la promoción de la salud preventiva, así como a la educación en materia de salud, considerando que resulta de vital importancia la difusión de la información y la incorporación de las comunidades en los planes de prevención y emergencia.

### **Efectos económicos del cambio climático en el sector salud**

A partir del diagnóstico de los efectos del incremento de un 1°C en la temperatura, se estimó que la incidencia del paludismo, dengue y enfermedades infecciosas gastrointestinales aumenta en 1.1%, 1.75% y 1.07%, respectivamente. Para calcular los impactos económicos de dichas enfermedades bajo cambio climático, se consideraron los datos de incidencia de enfermedades a nivel nacional y los costos respectivos por morbilidad, para el año 2005. A partir de la información anterior se estimó que con un incremento de 2°C, las pérdidas por la presencia de casos adicionales de morbilidad para las tres enfermedades sería de 319 mil pesos, 29.5 millones de pesos y 144 millones de pesos, respectivamente (INE 2007c).

La estimación de impactos económicos en el sector salud, se traduciría en un desembolso adicional aproximado de 45 billones de pesos<sup>30</sup> para el sector, bajo el escenario A2 para el período 2008-2050 (INE 2008c).

### Recomendaciones para el sector salud

En México, la información sobre los impactos del clima en salud humana sigue siendo escasa, y son pocos los estudios que toman en cuenta los efectos del cambio climático y los factores que influyen en la transmisión de patógenos, incluyendo las migraciones humanas, las medidas de salud pública en algunas regiones, y el incremento de la resistencia de vectores y parásitos; sin embargo, con los hallazgos actuales se cuenta con elementos que muestran que este sector requiere consideración especial en los próximos años, que lleve a identificar qué aspectos de la salud de los mexicanos están en riesgo con el fin de establecer prioridades de acción.

Con el fin de enfrentar los impactos del cambio climático en la salud de la población mexicana, es importante que: a) se tome conciencia de la importancia del clima en el sector salud; b) se genere información a partir de sistemas de vigilancia epidemiológica de enfermedades relacionadas con el cambio climático; c) se fortalezcan los programas estatales con indicadores epidemiológicos; y d) se realicen evaluaciones de riesgo para entender las condiciones climatológicas y ambientales que favorecen la transmisión de enfermedades emergentes y re-emergentes en diferentes regiones del país, que consideren los factores que influyen, como son los sociales, demográficos, económicos, ambientales y los propios del evento en salud, que determinan la vulnerabilidad de la población y del propio sector. Además, se propone el desarrollo de sistemas de alerta temprana que incluya a los grupos con alta vulnerabilidad y que ayude a facilitar las intervenciones en salud pública a partir de problemas ambientales.

---

<sup>30</sup> Billones se refiere a millones de millones.

## 4.3.10 Gestión del riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos extremos

### Vulnerabilidad del estado de Tabasco

Los estados de la región de la franja del Istmo de Tehuantepec, en el sur de México, donde se ubica la cuenca Grijalva-Usumacinta, registran las lluvias más intensas de nuestro país (entre 2,000 y 3,000 mm/año). Derivado de lluvias intensas, en las últimas décadas han ocurrido en la zona, desastres de gran magnitud que afectaron de manera importante diversos sectores socioeconómicos en una región con alto índice de pobreza y rezago.

Aunado a lo anterior, la región sur de México está entre las zonas con mayor deforestación en el país, lo cual aumenta el escurrimiento y disminuye la infiltración de la lluvia, principalmente en eventos de precipitación intensa. La deforestación lleva a mayor desgaste del suelo, aumentando el transporte de sedimento y el azolvamiento del lecho de los ríos, reduciendo su capacidad para transportar grandes volúmenes de agua e induciendo inundaciones más frecuentes (Figura IV.19).

Un ejemplo de desastre, resultado de la conjunción de los factores mencionados, fue la inundación en el estado de Tabasco en octubre de 2007, que tuvo un costo estimado de 31.8 mil millones de pesos. En la figura IV.19 se presentan los registros de lluvias en la estación de Villahermosa, Tabasco, que están relacionadas con situaciones de inundación en la región, particularmente en los años 1980, 1988, 1999 y 2007. Cabe mencionar que en 2008 se presentó una inundación que no se relaciona directamente con la lluvia registrada en el sitio, lo cual lleva a suponer que es relevante prestar atención a la cantidad y frecuencia de las lluvias, y la situación del manejo del recurso hídrico y el medioambiente en la cuenca media y alta para evaluar la vulnerabilidad en la cuenca baja, donde se encuentra la mayor parte del estado de Tabasco. Por lo anterior, un diagnóstico de la vulnerabilidad a lluvias intensas, que bajo cambio climático podrían ser más recurrentes en la cuenca del Grijalva-Usumacinta, se vuelve necesario para proponer estrategias de adaptación (figura IV.20). Se desarrollan proyectos en la región

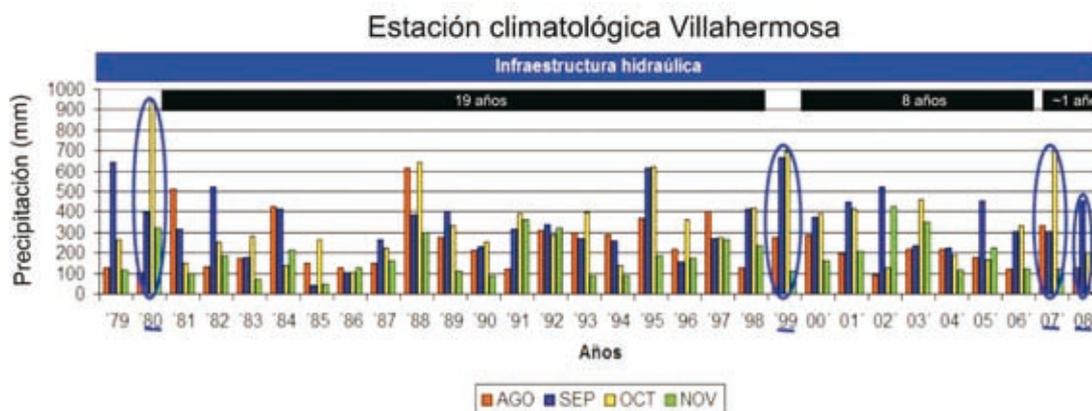
Cuadro IV.9. Comparación de casos basales de dengue y diarreas con la estimación de los casos proyectados al 2030 bajo condiciones de cambio climático, con el escenario A2 de emisiones de GEI, a escala municipal para México.

Casos promedio basales		Casos atribuidos al cambio climático en el 2030 para diferentes MGG			% incremento de casos con Índice de Confianza 95%		
(1998 a 2005)		ECHAM	GFDL	HADLEY	ECHAM	GFDL	HADLEY
Dengue	19,716.25	813.6	1,623.4	851.4	4.13 (3.9, 4.4)	8.23 (7.9, 8.6)	4.32 (4.0, 4.6)
EDAs	8,818,921	431,982	421,401	426,173	4.90 (4.6, 5.2)	4.78 (4.5, 5.1)	4.83 (4.5, 5.1)

Nota: los valores entre paréntesis representan el rango de incertidumbre.

Fuente: INE 2008e.

Figura IV. 19. Precipitación media mensual en la estación climatológica de Villahermosa, Tabasco.



Nota: Con círculos azules se identifican eventos de inundación.

Fuente: INE 2008f.

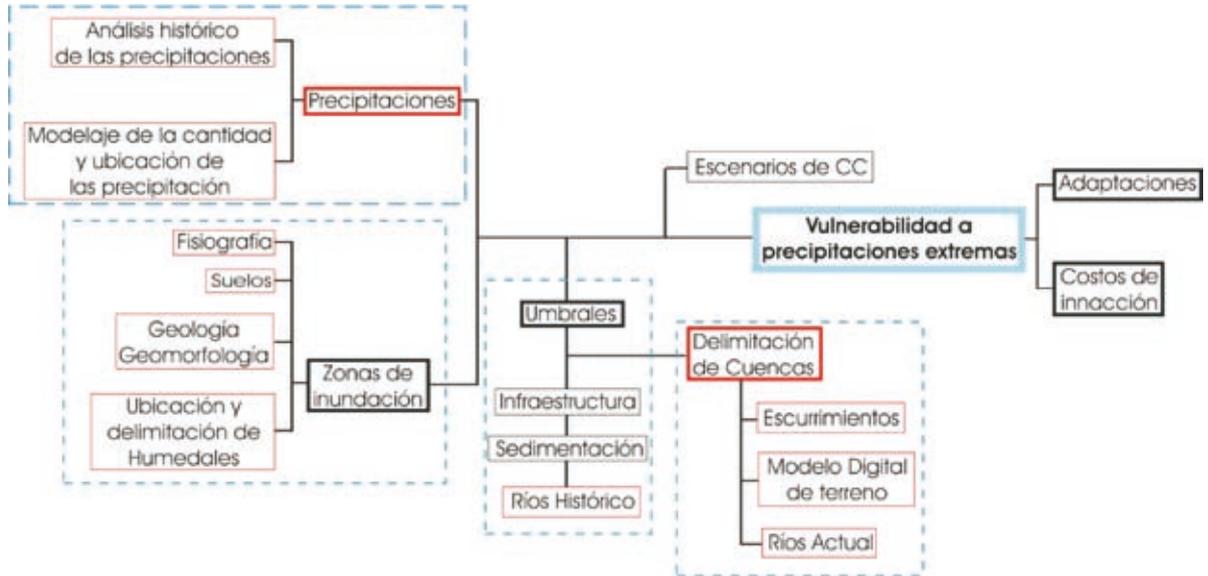
para generar capacidades de adaptación y estar preparados ante la tendencia a desastres de inundación más frecuentes que pudieran ocurrir en Tabasco.

En un estudio actual se tomó como base el polígono máximo de inundación en Tabasco, correspondiente a la combinación de las áreas afectadas por inundación en 2007 y 2008, con lo cual se tiene una primera aproximación de la vulnerabilidad del estado ante inundaciones (figura IV.21), la cual aumenta con la presencia de eventos atípicos de lluvia, con casi el 90% del estado en vulnerabilidad media, como sucedió con la inundación del 2007 (INE 2008f).

En el mismo estudio, a partir del diagnóstico de vulnerabilidad del estado, se sugieren acciones para apoyar el proceso de adaptación ante lluvias extremas entre las que se tiene:

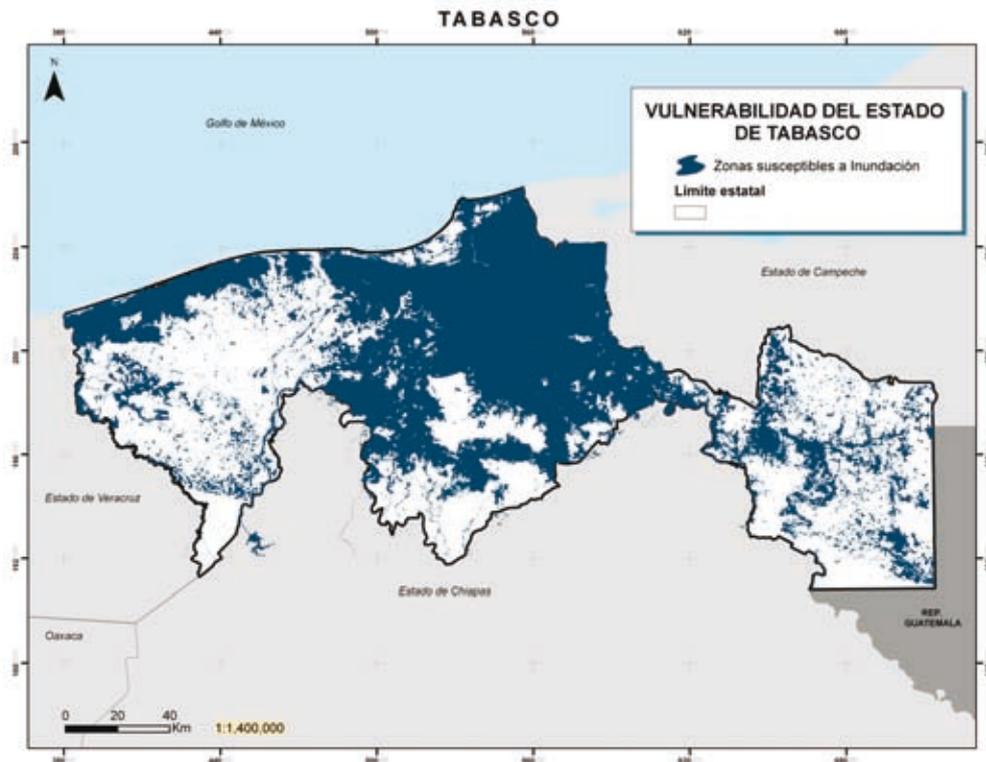
- Evaluación de la infraestructura hidráulica construida en el estado (bordes e infraestructura de control, entre otros) con la geología del territorio y la dinámica de su hidrología superficial.
- Evaluación de la dinámica de la hidrología superficial en relación a los meandros muy pronunciados que reducen la velocidad de las avenidas que causan inundaciones.
- Revisión y evaluación de la infraestructura construida (carreteras, caminos y ductos, entre otros) en relación a eventos de lluvia extrema y la interrupción de flujos.
- Reforestación de la cuenca (alta y baja) con especies locales para reducir erosión, azolvamientos, sedimentación, y fomentar la captación y la infiltración de lluvia.

Figura IV.20. Metodología para el análisis de tendencia de lluvias extremas.



Fuente: INE 2008f.

Figura IV.21. Mapa de vulnerabilidad por inundación en el estado de Tabasco.



Fuente: INE 2008f.

- Revisión del desarrollo urbano en zonas vulnerables y reubicación.
- Recuperación de vasos reguladores y zonas verdes en las manchas urbanas que sirvan de captación de agua.
- Protección de ecosistemas naturales e implementación estricta de la normatividad en las zonas protegidas.
- Incorporar infraestructura de adaptación al cambio climático en las construcciones futuras.
- Promoción de accesos seguros a las carreteras en caso de eventos extremos.
- Reforzamiento de pendientes para minimizar la erosión y deslizamientos en las partes altas.

Los costos relacionados a desastres de origen hidrometeorológico han provocado retrocesos en las capacidades de desarrollo local y la postergación de proyectos prioritarios. El financiamiento para apoyar la recuperación ante estos eventos involucra actores públicos de diferentes niveles de gobierno y privados. En algunos casos el Gobierno Federal junto con el local ha asumido una elevada proporción del costo con apoyo de la comunidad internacional.

Los costos estimados por la CEPAL en relación al evento de inundación del 2007, el más grave ocurrido históricamente en el estado, se presentan en resumen en el cuadro IV.10. Es muy probable que las acciones de prevención habrían requerido menos dinero. Es necesario iniciar trabajos de adaptación en la región, pues la prevención paga al menos al 6 X 1 con respecto de la atención a la emergencia (INE 2008f).

### **Estrategias de protección civil y gestión de riesgo hidrometeorológico ante el cambio climático**

En un estudio reciente (INE 2008g) se analizaron las líneas de acción que vinculan la adaptación al cambio climático con la reducción del riesgo de desastres de origen hidrometeorológico en las políticas públicas en México, y presenta estrategias de protección civil y gestión del riesgo hidrometeorológico ante el cambio climático. Se analizaron los programas relativos a la

adaptación al cambio climático como son la Estrategia Nacional ante Cambio Climático, el Programa Especial de Cambio Climático (versión para consulta pública), la guía para elaboración de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático y el Programa Veracruzano de Acción ante el Cambio Climático (véase el capítulo VI). Asimismo, se revisó el Programa Nacional de Protección Civil y los Programas Estatales de Protección Civil, documentos conceptuales, artículos científicos e informes de política pública.

Para reducir pérdidas económicas y humanas, se requiere diseñar e implementar medidas y estrategias de adaptación al cambio climático que reduzcan la vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, con una visión de largo plazo. La sociedad y en mayor medida la población más vulnerable a los fenómenos hidrometeorológicos extremos podría beneficiarse de las estrategias de protección civil que contribuyan a aumentar su resiliencia ante las lluvias extremas e inundaciones y a reducir sus impactos.

La comunidad del cambio climático y la comunidad de la gestión del riesgo de desastres en México están coordinadas por diferentes secretarías que tiene que ver con problemas comunes, como el de la degradación ecológica y la seguridad ambiental; la primera por la SEMARNAT y la segunda por la Secretaría de Gobernación (SEGOB). La premisa fundamental que sirvió de guía para el desarrollo del estudio es la siguiente: "...la reducción del riesgo de desastres de origen meteorológico es una condición fundamental para la adaptación al cambio climático y viceversa". Se torna urgente desarrollar marcos de referencia y acción que ayuden a articular conceptual y metodológicamente la comunidad del cambio climático con la comunidad de la gestión del riesgo de desastres y por ende a reorganizar la toma de decisiones. Para tal efecto, se analizaron los obstáculos existentes en ambas comunidades para posteriormente pensar en oportunidades y posibilidades de articulación.

Los principales resultados del estudio señalan que: el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) es un instrumento financiero de apoyo a regiones afectadas por desastres, puede crear condiciones para que los proyectos del Fondo de Prevención de Desastres (FOPREDEN) sean

más eficientes y eficaces. Por ejemplo, el apoyo en restauración de sistemas de saneamiento ambiental e hidráulica urbana puede ser un primer paso para que el manejo de las lluvias extremas sea el óptimo. Lo mismo puede pensarse para el mantenimiento de carreteras y caminos rurales. Es importante fomentar la sinergia del FONDEN con las tareas de conservación forestal llevadas a cabo por las dependencias correspondientes de los tres niveles de gobierno, en el sentido de establecer estrategias de intercambio de información y de comunicación sobre áreas y comunidades rurales y urbanas afectadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos y apoyadas por el FONDEN (INE 2008g).

En lo que respecta a FOPREDEN, las acciones de identificación y reducción del riesgo planteadas son claramente medidas de política pública que reducen el riesgo en particular a fenómenos hidrometeorológicos extremos. Tal es el caso de los sistemas de alerta temprana y la integración de sistemas e infraestructura para mejorar la respuesta ante emergencias y desastres. El tema del cambio climático y la prioridad en su atención que actualmente se da en la Administración Pública Federal y en las estatales representa una gran oportunidad para que el FOPREDEN promueva la elaboración e implementación de proyectos de reducción del riesgo hidrometeorológico que considere la variabilidad climática y el cambio climático como una variable muy importante y es una gran oportunidad para que los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (véase sección 6.5.1) promue-

van líneas de acción que articulen aquellos proyectos de reducción al riesgo hidrometeorológico planteados por protección civil. Los proyectos conjuntos de adaptación al cambio climático-reducción del riesgo a fenómenos hidrometeorológicos extremos pueden beneficiarse del apoyo financiero del FOPREDEN.

### 4.3.11 Energía

En un estudio técnico (INE 2007f) se evaluaron las variaciones en la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables (solar, minihidráulica, eólica y geotérmica), ante los impactos del cambio climático. En él se estimó que la demanda por consumo eléctrico doméstico en la República Mexicana sería mayor con cambio climático, hacia mediados del presente siglo, al menos en 40%, con respecto a la actual (Figura IV.22). Lo anterior se atribuye al: a) incremento en el número de días con temperaturas máximas, que obligará a aumentar la demanda por climatización, inclusive en regiones que actualmente no la utilizan; y b) aumento del consumo doméstico en zonas urbanas, debido a la presencia de años anómalamente calurosos.

Los resultados más relevantes de dicha evaluación, extensivos a las fuentes de generación de energía convencional, son:

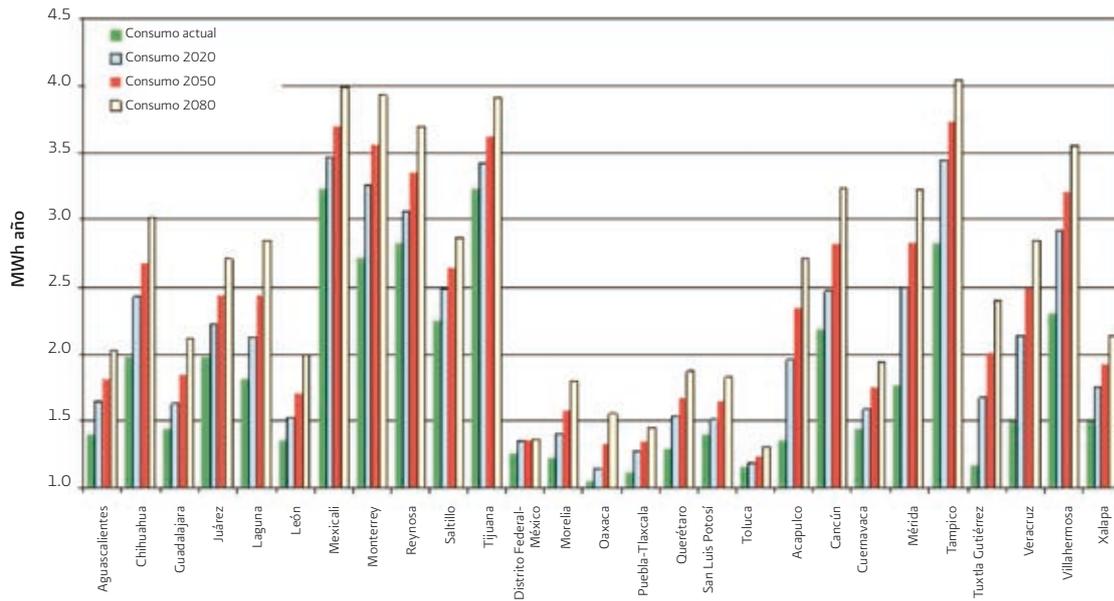
- Se proyecta que en el norte del país se modificaría el potencial de energía solar, actualmente se pre-

**Cuadro IV.10. Costos económicos de la inundación de 2007 en Tabasco.**

Total por sector productivo	Total daños + pérdidas (millones de pesos 2007)	Porcentaje
Agricultura	8,912.50	27.96
Otros sectores productivos	10,546.60	33.09
Total sectores sociales	5,973.56	18.74
Total infraestructura	5,681.90	17.83
Medio ambiente	162.50	0.51
Daños y pérdidas de las mujeres	46.80	0.15
Atención a emergencias	547.40	1.72
Total general	31,871.26	100.00

Fuente: INE 2008f.

Figura IV.22. Consumos eléctricos por usuario (MWh/año) para diversas ciudades, proyectados para las climatologías 2020's, 2050's y 2080's.



Fuente: INE 2007f.

senta una disponibilidad importante en dicha región; mientras que las de máximos nublados (el sur y sureste de México), sobre todo en la época de lluvias (verano), verán disminuido el potencial. Lo anterior se estimó a partir de las variaciones que se presentarían en la cantidad de radiación global media mensual ( $Q_g$ , en  $W/m^2$ ). Bajo condiciones de cambio climático al 2025 se puede tener en promedio una anomalía positiva de radiación solar (Figura IV.23); mientras que para el 2050, ésta sería negativa.

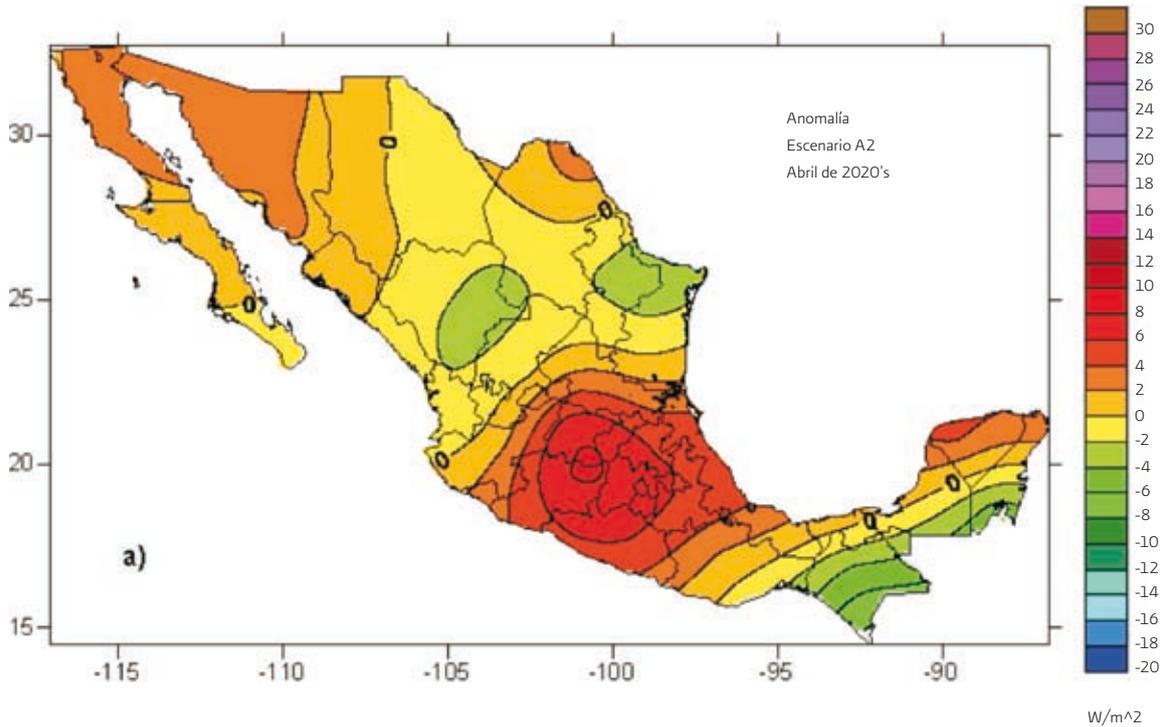
- En el caso de las plantas termoeléctricas, el cambio climático, sobre todo temperatura y humedad del aire, podrían ocasionar algunas variaciones en la eficiencia de las centrales y en su potencia máxima ante condiciones extremas en verano.
- Los períodos intensos de precipitación e inundaciones afectan de manera directa la operación de las centrales hidroeléctricas y aumentan los costos de operación por mantenimiento.
- Los fenómenos hidrometeorológicos extremos (huracanes y frentes fríos) ocasionarían que las

instalaciones en el Golfo de México operen parcialmente durante la presencia de dichos fenómenos, además debe considerarse el impacto directo en líneas de transmisión que cada año aumentará.

- Existen instalaciones en zonas costeras que serían altamente vulnerables ante dos situaciones, inundaciones y elevación del nivel del mar, por ejemplo las centrales termoeléctricas Tuxpan II y III.

El cambio climático puede afectar el desempeño de las instalaciones energéticas, debido a incrementos en la temperatura del aire y del nivel del mar; y a variaciones en la intensidad de los vientos, lluvias, humedad relativa y radiación solar; entre otros. Por ejemplo, los daños en PEMEX por el impacto del huracán Emily, en 2005, se calcularon en 4,484 millones de pesos y se derivaron de la suspensión de las actividades de la empresa durante dos días, por lo que se prevé que dichas actividades podrían ser vulnerables ante el cambio climático.

Figura IV.23. Anomalías de la radiación global media mensual ( $Wm^{-2}$ ) para el escenario A2 durante abril, en 2020's.



Fuente: INE 2007f.

Ante dichas situaciones se recomienda: a) revisar los patrones de diseño de las instalaciones; b) considerar en estudios de factibilidad la variación de parámetros meteorológicos bajo condiciones de cambio climático; y c) contar con monitoreo y pronóstico meteorológico y climatológico para apoyar a los administradores de las instalaciones energéticas.

#### 4.3.12 Turismo

México es uno de los principales destinos del turismo internacional y es uno de los países en que más destaca la actividad, en materia de ingresos. Es previsible que México permanezca dentro del rango de los quince países más importantes en el sector, debido a la derrama económica que éste representa (Nava 2008).

De acuerdo con Nava, la información estadística de los últimos años demuestra que destinos de playa, par-

ticularmente los más importantes para el turismo de internación:<sup>31</sup> Cancún, Cozumel y Los Cabos, se encuentran cada vez más amenazados por los efectos del cambio climático. La erosión costera en la Riviera Maya podría ser mayor ante fenómenos extremos más intensos (huracanes), la cual no podría ser subsanada permanentemente trayendo arena de otras zonas costeras, por los efectos negativos que se provocarían en los ecosistemas cercanos. Lo que sucede en esa región es ejemplo claro para insertar consideraciones de los impactos relacionados con el cambio climático en la planificación y diseño de políticas públicas para regular la construcción de hoteles en ecosistemas costeros y en la zona de dunas en riesgo ante cambio climático.

<sup>31</sup> Se refiere aquellos visitantes extranjeros que rebasan la franja fronteriza o que directamente llegaron al país a cualquiera de las ciudades o destinos turísticos del interior (SECTUR 2006).

Con respecto al incremento en la elevación del nivel del mar, es mayor el grado de vulnerabilidad en el que se encuentra la región de Cancún y Cozumel en comparación con la de Los Cabos (para mayor información revisar sección 4.3.2).

En una evaluación se identificó que en destinos turísticos del norte de México, como Los Cabos, La Paz, Loreto, Bahía de Los Ángeles, Puerto Peñasco, Guaymas, Mazatlán, la Riviera Nayarita y la Bahía de Banderas, se presentarían afectaciones relacionadas con la disponibilidad de agua ya que se estima una situación de presión crítica del recurso en las proyecciones de cambio climático al 2030, que se suman a la sobreexplotación y salinización de acuíferos (INE 2008c).

En el mismo estudio se realizó una estimación de impactos económicos en el sector turismo, que se traduce en pérdidas por un menor dinamismo de esta actividad, cercanas a 5.8 billones de pesos en el escenario A2 y de 1.8 billones de pesos para el escenario B2, en el período 2008-2050. Lo anterior se estimó a partir de las hipótesis planteadas para los escenarios A2 y B2, ajustadas a la circunstancias de México.

La política de playas limpias, el ahorro de agua y energía, y la conciencia sobre el valor de los servicios ecosistémicos deberá comunicarse e instrumentarse de mejor forma entre turistas y proveedores de servicios turísticos, para convertir a este sector de la economía en ejemplo de participación por mantener los destinos de turismo en México.

### 4.3.13 La economía del cambio climático en México

A fin de contribuir a una mejor comprensión del cambio climático, de sus efectos e implicaciones desde una perspectiva económica, y para proponer opciones en política pública para hacerle frente, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y la SEMARNAT, con el apoyo financiero del Reino Unido y el Banco Interamericano de Desarrollo, encomendaron a la UNAM la elaboración del estudio “La Economía del Cambio Climático en México” (SEMARNAT-SHCP, 2009) circunscrito a los costos económicos del cambio climático

en México. El estudio se realizó bajo la coordinación de la Facultad de Economía de la UNAM y se nutrió de la experiencia y conocimiento de destacados investigadores mexicanos, así como de estudios de instituciones nacionales e internacionales.

Una de las principales conclusiones del estudio se relaciona directamente con las políticas públicas:

Los costos de una acción eficaz y eficiente para combatir el cambio climático son muy inferiores a los daños económicos que podemos evitar y a las potencialidades de crecimiento económico y desarrollo que podemos conseguir. Esto significa que actuar con decisión y oportunidad en esta materia es una excelente inversión pública. En el mismo estudio se hace una evaluación de los costos de la mitigación de emisiones de GEI, que se menciona en la sección 5.6.1, del capítulo V.

El estudio reconoce en materia de adaptación que:

1. El cambio climático tiene y tendrá impactos significativos y crecientes con patrones de cambio no experimentados previamente en la economía mexicana. Los impactos esperados se acentúan en sistemas humanos y naturales en los que se guarda una relación con el clima, tales como el sector agropecuario, el sector hídrico, el cambio de uso de suelo, el turismo, la infraestructura y la salud de la población, entre otros. Existen además efectos negativos significativos que no tienen un valor económico directo, pero que son inaceptables, como la pérdida de biodiversidad. Las consecuencias económicas del cambio climático para México, son ciertamente heterogéneas por regiones e incluso podrían observarse ganancias temporales en algunas de ellas. No obstante, las estimaciones muestran que las consecuencias económicas negativas superan a las ganancias temporales en el largo plazo y que existen límites de tolerancia.

En la síntesis del estudio se mencionan los costos estimados de la inacción ante el cambio climático para los sectores: agrícola, agua, uso de suelo, biodiversidad y turismo internacional, en relación al PIB nacional actual, para el año 2050 y 2100 bajo tres escenarios de emisiones de GEI (A2, A1B y B1) y para

tres tasas de descuento<sup>32</sup> (0.5%, 2% y 4%). Por citar un ejemplo, se estima que el sector agua podría tener pérdidas para el año 2050, bajo el escenario A2 de emisiones de GEI, de 7.59%, 4.02% y 2.20% del PIB, considerando la tasa de descuento de 0.5%, 2% y 4%, respectivamente; y para el año 2100, bajo el mismo escenario y tasas de descuento, se esperarían pérdidas por 18.85%, 9.41% y 4.5% del PIB.

2. La evidencia disponible muestra que los procesos de adaptación, que ya están en curso en el país, son importantes para reducir los impactos climáticos pero se requiere reforzarlos para enfrentar los límites climáticos proyectados.
3. La construcción de una estrategia de adaptación y mitigación de emisiones de GEI en México incluye la necesidad de utilizar diversos instrumentos en forma continua con una visión a largo plazo. Resulta indispensable reconocer la importancia de construir una estructura de precios relativos consistente con un desarrollo sustentable. Una estructura de precios adecuada resulta fundamental para controlar un consumo excesivo, para una mejor administración de los recursos y para apoyar la innovación y la difusión de la tecnología.

Al respecto de este estudio, el titular de la SHCP, señaló que con esta obra se espera alentar a una mayor conciencia entre los mexicanos, acerca de los riesgos y consecuencias del cambio climático originado por el ser humano, que estimule nuevas investigaciones y que propicie una seria reflexión, acerca del abanico de opciones que tienen los gobiernos para enfrentar este fenómeno y convertirlo en oportunidad para un desarrollo sostenible. Asimismo indicó que algunos mecanismos potenciales para actuar en esta materia son mediante regulaciones y normas de control, con inversiones directas en infraestructura ambiental y en la rehabilitación de ecosistemas, promoviendo inversiones público-privadas de carácter ecológico, utilizando los mercados, a través de eliminación de subsidios perversos, estableciendo impuestos y

---

32 Tasa de descuento: es una medida financiera que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro.

cargas en relación al daño ambiental; otorgando subsidios focalizados y creando mercados; garantizando derechos de propiedad con programas de compensación, permisos y derechos negociables; adquiriendo productos verdes, estableciendo fondos e inversión ambiental; y efectuando pagos por la generación de servicios al ecosistema (Fuente: Sala de prensa del Gobierno Federal).<sup>33</sup>

### 4.3.14 Integración Intersectorial

El cambio climático es un fenómeno cuyas causas y consecuencias se vinculan con prácticamente todos los sistemas naturales, los sectores socioeconómicos y los grupos poblacionales. Por lo tanto, se está favoreciendo la atención en forma transversal en ambos sentidos: horizontal y vertical. El primero, entre entidades semejantes en responsabilidad y jerarquía, por ejemplo las Secretarías de Estado; el segundo, entre instancias que, con o sin relación jerárquica entre ellas, pueden considerarse partes del mismo conjunto, como los tres órdenes de Gobierno. Es fundamental considerar el papel de la sociedad organizada, con enfoque de género, y del sector privado, por lo que se inicia el desarrollo de los mecanismos de participación social en espacios tanto de discusión como de definición de políticas relacionadas con el cambio climático.

En la coordinación y planeación intersectorial para la adaptación, la administración de los recursos hídricos y el manejo de los riesgos se podrían considerar como ejes transversales, ya que impactan en el funcionamiento y las políticas de otras áreas como son energía, turismo, salud, seguridad alimentaria, y la conservación de la naturaleza, entre otras. Al mismo tiempo, es importante considerar las relaciones que existen entre los diferentes sectores, por ejemplo, para hacer frente a los desastres, el sector salud se interrelaciona con el de comunicaciones y transportes, energía y agua; ya que se debe prever afectaciones en caminos y carreteras, o la falta de servicios básicos como agua y electricidad, que pueden reducir la capacidad de atención de los servicios médicos, ante la variabilidad y el cambio climático.

---

33 <http://www.presidencia.gob.mx/prensa/?contenido=45541>.

Un elemento esencial para afrontar el cambio climático es la asignación de recursos específicamente destinados a la elaboración e instrumentación de planes de acción concreta y directamente enfocados a fortalecer las capacidades, los mecanismos y los programas de adaptación, aunado con un proceso continuo de desarrollo de capacidades para la adaptación entre los actores e instituciones involucradas.

## Bibliografía

- Allaby, M. 2005. *Dictionary of Ecology*. Tercera edición. Oxford University Press. 480 pp.
- Brunkard, J. M., E. Cifuentes, S. J. Rothenberg. 2008. Assessing the roles of temperature, precipitation, and ENSO in dengue re-emergence on the Texas-Mexico border region. *Salud pública de México* 50(3):227-234.
- CICC. 2007. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 157 pp.
- CONABIO. 2009a. Portal Biodiversidad Mexicana: ¿Cuántas especies hay? Disponible en: [<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp.html>] Consulta octubre de 2009.
- . 2009b. *Capital Natural de México, Síntesis. Conocimiento Actual, Evaluación y Perspectivas de Sustentabilidad*. CONABIO, México. 67 p.
- . 2009c. *Capital Natural de México, Volumen II. Estado de la Conservación y Tendencias de Cambio*. CONABIO, México. 818 p.
- , CONANP, TNC, PRONATURA, FCF, UANL. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, PRONATURA, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 128 pp.
- CONAFOR. 2001. *Programa Estratégico Forestal 2025*. Comisión Nacional Forestal, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: [http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/subsecciones/normateca/PEF\\_2025.pdf](http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/subsecciones/normateca/PEF_2025.pdf)
- . 2008. *Programa institucional 2007-2012*. Comisión Nacional Forestal. México.
- CONAGUA. 2008. *Estadísticas del Agua en México 2008*. Comisión Nacional del Agua-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 233 pp.
- Dajoz, R. 2002. *Tratado de Ecología*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 616 p.
- Few, R., A. Mercado, B. Graizbord, y L. Albornoz. 2008. Climatic hazards, health risk and response. Case study 4: Yucatán, Mexico. Research report, University of East Anglia, Norwich, UK. pp. 58
- Golicher, D., L. Cayuela, M. Alkemade, J. Rob, M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial. 2008. Applying climatically associated species pools to the modelling of compositional change in tropical montane forests. *Global Ecology and Biogeography* 17: 262–273.
- INE. 2006a. México, *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 211 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2006b. Análisis de la vulnerabilidad y capacidad de adaptación al cambio climático en los sectores más relevantes del Estado de Morelos. Estudio desarrollado por: Sierra, R., A. Bolongaro, V. Torres, A. Zoilo, J. D. Ramírez, S. Uribe, F. J.J. Castillo, R. Lagunas, J. F. Suárez, N. Sotelo, B. Velasco y C. B. Monsalvo, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, para el Instituto Nacional de Ecología. 187 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2007a. Pronóstico climático estacional regionalizado para la República Mexicana como elemento para la reducción de riesgo y para la identificación de opciones de adaptación al cambio climático y para la alimentación del Sistema: Cambio Climático por Estado y por Sector. Estudio desarrollado por: Magaña V. y E. Caetano, del Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, para el Instituto Nacional de Ecología. 41 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2007b. Determinación de períodos de sequía y lluvia intensa en diferentes regiones de México ante escenarios de cambio climático. Estudio desarrollado por: Prieto R., M. Montero, J. Sánchez y W. Ojeda, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, para el Instituto Nacional de Ecología. 101 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.

- . 2007c. Estudio sobre economía del cambio climático en México. Estudio desarrollado por: Ibararán M. E. y M. Rodríguez, de la Universidad Iberoamericana de Puebla, para el Instituto Nacional de Ecología. 70 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2007d. Comportamiento y distribución de las plagas de importancia económica en el sector forestal ante un Cambio Climático en México. Estudio desarrollado por: Hernández, T., J. A. B. Ordóñez, J. M. Galeana, J. D. León y A. L. Reyes, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias y la Facultad de Ciencias, UNAM, para el Instituto Nacional de Ecología. 69 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2007e. Estudio piloto sobre escenarios de riesgos en salud asociados al cambio climático en regiones seleccionadas de México. Estudio desarrollado por: Riojas H., M. Hurtado, G. Litai, R. Santos y J. L. Texcalac, del Instituto Nacional de Salud Pública, para el Instituto Nacional de Ecología. 65 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2007f. Escenarios de energía renovables en México bajo cambio climático. Estudio coordinado por: Gay C., A. Tejeda, G. Cuevas y C. O. Rivera, de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Veracruzana y el Instituto de Ecología A. C., para el Instituto Nacional de Ecología. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2008a. Generación de escenarios de cambio climático a escala regional, al 2030 y 2050; evaluación de la vulnerabilidad y opciones de adaptación de los asentamientos humanos, la biodiversidad y los sectores ganadero, forestal y pesquero, ante los impactos de la variabilidad y el cambio climáticos; y fomento de capacidades y asistencia técnica a especialistas estatales que elaborarán programas estatales de cambio climático. Estudio coordinado por C. Gay y C. Conde, del Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM para el Instituto Nacional de Ecología.
- . 2008b. Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global y fenómenos hidrometeorológicos extremos. Estudio coordinado por Vázquez B. A., del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, para el Instituto Nacional de Ecología. 330 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2008c. Evaluación de la afectación de la calidad del agua en cuerpos superficiales y subterráneos por efecto de la variabilidad y el cambio climático y su impacto en la biodiversidad, agricultura, salud, turismo e industria. Estudio desarrollado por: Leal T., D. V. Millán, C. G. Méndez y C. A. Servín, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, para el Instituto Nacional de Ecología. 105 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2008e. Análisis de los posibles impactos en la salud humana asociados a los escenarios de cambio climático para el territorio mexicano. Estudio desarrollado por: Riojas H., M. Hurtado, G. Litai, R. Santos y J. L. Texcalac, del Instituto Nacional de Salud Pública para el Instituto Nacional de Ecología. 65 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2008f. Evaluación de la vulnerabilidad de los estados del sureste de México ante lluvias extremas debidas a la variabilidad y el cambio climático: Tabasco, estudio de caso. Estudio coordinado por Gama L. M., de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, para el Instituto Nacional de Ecología. 141 pp.
- . 2008g. Estrategias de protección civil y gestión de riesgo hidrometeorológico ante el cambio climático. Estudio desarrollado por: Aragón-Durand F., para el Instituto Nacional de Ecología. 97 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2009a. Cambio climático y recursos hídricos: desarrollo de una política nacional de investigación y desarrollo tecnológico. Estudio desarrollado por: Jiménez B., del Instituto de Ingeniería de la UNAM, para el Instituto Nacional de Ecología. 182 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . 2009b. *Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México*. J. Buenfil (ed.). 2 vols. INE, México. Vol. I. 377 pp. Vol. II. 487 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- . PNUD. 2008. Impactos sociales del cambio climático en México. Ana Rosa M. y Javier Urbina (eds.). México D.F. 72 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.
- Landa, R., V. Magaña y C. Neri. 2008. *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. SEMARNAT-UNAM, México. 133 pp.
- Magaña, V. 2004. *Los impactos de El Niño en México*. Universidad Autónoma de México, Secretaría de Educación Pública, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología,

- Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario, México. 229 pp.
- Meehl, G. A., T. F. Stocker, W. D. Collins, P. Friedlingstein, A. T. Gaye, J. M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J. M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, L. G. Watterson, A. J. Weaver & Z.-C. Zhao, 2007: Global Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, EUA.
- Nakicenovic, N., O. Davidson, G. Davis, A. Grübler, T. Kram, E. Lebre La Rovere, B. Metz, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, A. Sankovski, P. Shukla, R. Swart, R. Watson, Z. Dad, 2000: Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Summary for Policymakers.
- Nava, C. 2008. Turismo Internacional de playa y cambio climático. *Revista de la Facultad de Derecho de México* LVIII(250).
- Ojeda, B. W., P. Martínez y L. Hernández. 2006. Repercusiones del cambio climático en la agricultura de riego. En: *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México*. Capítulo 9. IMTA, México.
- Parra-Olea, G., E. Martínez-Meyer y G. Pérez-Ponce de León. 2005. Forecasting Climate Change Effects on Salamander Distribution in the Highlands of Central Mexico. *Biotropica* 37(2): 202-208.
- PECC. 2009. Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. *Diario Oficial de la Federación*. Tomo DCLXXI Número 21. México, D. F., 28 de agosto de 2009. 128 pp.
- PICC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 996.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México. 432 pp.
- Sáenz-Romero, C., R. Guzmán-Reyna, G. Rehfeldt. 2006. Altitudinal genetic variation among *Pinus oocarpa* populations in Michoacán, Mexico: Implications for seed zoning, conservation, tree breeding and global warming. *Forest Ecology and Management* 229(1-3) 340-350.
- SECTUR. 2006. Turismo de Internación 2001-2005. Visitantes Internacionales hacia México. 15 pp. Disponible en: [http://datatur.sectur.gob.mx/pubbyrep/cargas\\_manuales/DE/Turln05.pdf](http://datatur.sectur.gob.mx/pubbyrep/cargas_manuales/DE/Turln05.pdf).
- SEMARNAT. 2009. Modulo de Consulta Temática. Dimensión Ambiental, Biodiversidad, Diversidad de Especies. Disponible en: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_BIODIVO2\\_01&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_BIODIVO2_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce). Consultado en octubre de 2009.
- Semenov, M. A., R. J. Brooks, E. M. Barrow y C. W. Richardson. 1998. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climate. *Climate Research* 10: 95-107.
- SHCP, SEMARNAT. 2009. Síntesis de *La economía del cambio climático en México*. L. M. Galindo (coord.). México. 81 pp.
- SMN. 2009. Comunicado del 4 de agosto de 2009. El mes de julio de 2009, segundo más seco del periodo 1941-2009. México, D.F. 3 pp.
- Thuiller W., B. Lafourcade, R. Engler y M. Araujo. 2009. BIOMOD: a platform for ensemble forecasting of species distributions.
- Vergara W., E. Pérez, M. Méndez, V. Magaña, F. Martínez, G. Ruiz y E. Palacios. 2007. Visualizing future climate in Latin America: Results from the Application of the Earth Simulator. Latin America and Caribbean Sustainable Development Working Paper 30. The World Bank, EUA.
- Zermeño, D. 2008. Análisis probabilístico de escenarios escalados de precipitación y temperatura bajo cambio climático en México. Tesis de maestría. 88 pp.

## Programas sectoriales

- CONAGUA. 2008. *Programa Nacional Hídrico 2007-2012*. Comisión Nacional del Agua, Plan Nacional de Desarrollo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 163 pp.

- PND. 2007. *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República, 2007. 323 pp.
- SAGARPA. 2007. *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 96 pp.
- SEGOB. 2007. *Programa Sectorial de Gobernación 2007-2012*. SEGOB, México. 49 pp.
- . 2008. *Programa Nacional de Protección Civil 2008-2012*. Sistema Nacional de Protección Civil, SEGOB, México. 19 pp.
- SEMARNAT. 2007. *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007-2012*. SEMARNAT, México. 172 pp.
- , SHCP. 2009. *Síntesis: La Economía del Cambio Climático en México*. L. M. Galindo (coord.). México. 281 pp.
- SENER. 2007. *Programa Sectorial de Energía 2007-2012*. Secretaría de Energía. México. 52 pp.
- SS. 2007. *Programa Nacional de Salud 2007-2012 por un México sano: construyendo alianzas para una mejor salud*. México. 188 pp.
- SCT. 2007. *Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México. 41 pp.

# V. Programas para mitigar el cambio climático

## Antecedentes

El presente capítulo contiene los esfuerzos más representativos que México ha realizado en materia de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en sectores clave de la actividad nacional en el periodo 2006-2009.

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 1990-2006 (véase Capítulo II), señala que las emisiones de GEI crecieron 2% anual, en tanto, el Producto Interno Bruto (PIB) del país creció en promedio 3% anual y la población nacional a una tasa de 1.5%. A pesar del incremento de las emisiones por un mayor consumo de combustibles fósiles entre 1990 y 2006, éstas han crecido a una tasa menor que la economía, por lo que existen indicios de desacoplamiento entre el crecimiento económico y las emisiones.

México reconoce que es importante llevar a cabo acciones que contribuyan a los esfuerzos de la comunidad internacional en materia de mitigación de emisiones de GEI. En este sentido, el gobierno de México, presentó el *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012* (PECC),<sup>1</sup> a través del cual busca demostrar que es posible mitigar las emisiones de GEI sin comprometer el proceso

de desarrollo. El Programa considera cuatro componentes fundamentales para el desarrollo de una política integral para coadyuvar a resolver el problema global: Visión de largo plazo, mitigación, adaptación, y elementos de política transversal.

En una visión de largo plazo, México asume el objetivo indicativo o meta aspiracional de reducir en 50% sus emisiones de GEI al 2050, con relación a las emitidas en el año 2000, lo que podría contribuir a un escenario de estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera, a un nivel no superior a 450 ppm de CO<sub>2</sub> eq, compatible con un límite del incremento de la temperatura superficial promedio entre 2°C y 3°C, y una convergencia flexible hacia un promedio global de emisiones per cápita de 2.8 toneladas de CO<sub>2</sub> eq en 2050.

En esta trayectoria deseable de reducción, las emisiones mexicanas tendrían que descender paulatinamente después de la segunda década de este siglo, hasta alcanzar el nivel indicado en 2050; aproximadamente 340 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq.

El cumplimiento del PECC a finales de la presente administración se traduciría en una reducción de emisiones en 2012 de 51 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq (Cuadro V.1), con respecto al escenario de línea base al mismo año proyectado en 786 millones de toneladas CO<sub>2</sub> eq, como resultado de acciones desarrolladas en los sectores relacionados con la generación y uso de energía, agricultura, bosques y otros usos del suelo, y desechos (Figura V.1).

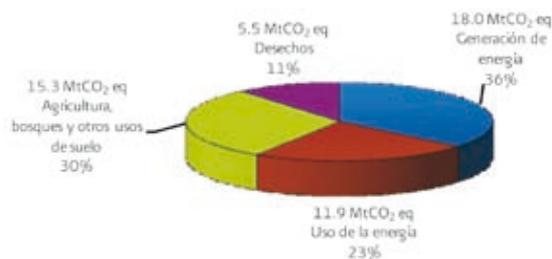
<sup>1</sup> [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5107404&fecha=28/08/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5107404&fecha=28/08/2009) consultado el 12 de octubre de 2009.

Cuadro V.1 Meta de reducción de emisiones de GEI por categoría y subcategoría, PECC 2009-2012.

Subcategorías	Metas de mitigación (MtCO <sub>2</sub> eq)			
			Acumulado	
	2008-2012	2012	del 2012	%
<b>Generación de energía</b>	<b>51.78</b>	<b>18.03</b>	<b>18.03</b>	<b>35.6</b>
Petróleo y gas	40.83	10.33	10.33	20.4
Electricidad	10.95	7.70	18.03	35.6
<b>Usos de la energía</b>	<b>22.21</b>	<b>11.87</b>	<b>29.90</b>	<b>59</b>
Transporte	11.35	5.74	23.77	46.9
Sector residencial, comercial y municipios	8.80	5.53	29.30	57.8
Industria	1.82	0.52	29.82	58.9
Administración Pública Federal	0.25	0.08	29.90	59
<b>Agricultura, bosques y otros usos del suelo</b>	<b>46.46</b>	<b>15.29</b>	<b>45.19</b>	<b>89.2</b>
Agricultura	2.52	0.95	30.85	60.9
Ganadería	2.14	0.91	31.76	62.7
Bosques	30.20	9.96	41.72	82.4
Frontera forestal agrícola	11.60	3.48	45.19	89.2
<b>Desechos</b>	<b>8.58</b>	<b>5.46</b>	<b>50.65</b>	<b>100%</b>
Disposición de residuos sólidos urbanos	7.56	4.44	49.63	98
Descargas y tratamientos de aguas residuales	1.02	1.02	50.65	100
<b>Total</b>	<b>129.03</b>	<b>50.65</b>	<b>50.65</b>	<b>100%</b>

Fuente: PECC 2009.

Figura V.1 Reducción de emisiones de GEI por categoría al 2012 (PECC).



Fuente: PECC 2009.

A continuación se presentan las acciones encaminadas al cumplimiento de las metas de desarrollo sustentable del *Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012*, que de manera directa o indirecta contribuyen a reducir

las emisiones de GEI en sectores prioritarios, así como investigaciones relevantes en la materia.

## 5.1 Sector energía

De acuerdo con el INEGI 1990–2006, la categoría energía es la de mayor contribución, particularmente la subcategoría transporte, seguida por la generación eléctrica, el consumo propio de la industria energética y la industria de la manufactura y construcción.

En este periodo el consumo de combustibles fósiles y biomasa en México creció 34.2%, de 4,306 PJ a 5,780 PJ. De forma proporcional, las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) aumentaron 34.4%, de 275.3 MtCO<sub>2</sub> a 370 MtCO<sub>2</sub> en 2006.

Al considerar la contribución de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), las emisiones equivalentes de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>eq) se incrementaron 37.5%, de 278.3

millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq a 382.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, para el mismo periodo.

En 2006, el consumo de gasolinas y de gas natural representaron la mayor contribución a las emisiones de GEI de la categoría energía con el 26 y 25%, respectivamente; seguido por el diesel y el combustóleo, que aportan el 14 y 13%, respectivamente. Se observa una reducción del consumo de combustóleo respecto a los años previos, principalmente por la sustitución de gas natural en la generación eléctrica.

En México, la Secretaría de Energía (SENER) es responsable de conducir la política energética del país a fin de garantizar el suministro de energéticos que requiere el desarrollo nacional.

La SENER agrupa a las entidades paraestatales coordinadas en los siguientes subsectores:

- I. Subsector Electricidad: Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- II. Subsector Hidrocarburos: Petróleos Mexicanos (PEMEX) y sus organismos subsidiarios.
- III. Subsector Tecnología Energética: a) Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE); b) Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), y c) Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

La entidad encargada de regular las actividades energéticas en México, es la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

Entre 2006 y 2008, la SENER a través de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, antes Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, CONAE), implementó diversos programas institucionales de ahorro de energía; entre los más importantes se encuentra el Programa de Normalización en Eficiencia Energética, que ha permitido la comercialización de más de 8 millones de sistemas, equipos y productos, lo que impulsa la transformación de mercados hacia otros más eficientes en el uso de la energía.

En 2008, con la aplicación de 18 Normas Oficiales Mexicanas (NOMs), 16 vinculadas con el consumo de energía eléctrica y dos con procesos térmicos, se registraron ahorros equivalentes a 15,775 GWh, lo que se traduce

en un ahorro energético de 70.97 PJ y emisiones evitadas de 12.8 MtCO<sub>2</sub>eq. De igual manera, la aplicación de las normas de eficiencia térmica reflejaron un ahorro de 6 millones de barriles equivalentes de petróleo (BEP), 35.16 PJ y la mitigación de 1.97 MtCO<sub>2</sub>eq (CONUEE 2009).

Por otra parte, la aplicación de los programas de ahorro de energía en instalaciones industriales, comerciales y de servicios públicos reflejó en el periodo 2006-2008 un ahorro de 15.7 millones de BEP, evitando la emisión de 8.6 MtCO<sub>2</sub>eq (CONUEE 2009).

Las cifras preliminares para el primer semestre de 2009 dan como resultado de las acciones de eficiencia energética un ahorro de 12,558 GWh, equivalentes a 10.2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas<sup>2</sup>. Esta cifra considera las acciones de normalización de eficiencia energética, las efectuadas en instalaciones industriales, comerciales y de servicios públicos, el Programa de Horario de Verano y las correspondientes al sector doméstico (SENER 2009).

El Programa de Horario de Verano (FIDE 2009), en el periodo 2006-2008, evitó la emisión de 4.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. En el periodo de la aplicación del programa 1996-2008 evitó la instalación de una capacidad promedio de 799 MW y la emisión de 20.5 MtCO<sub>2</sub> (FIDE 2009a).

### 5.1.1 Programa sectorial de energía 2007-2012

El *Programa Sectorial de Energía* (PROSENER) 2007-2012 fue elaborado con base en el *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*.

El PROSENER 2007-2012, señala en su "Objetivo IV.1. Mitigar el incremento en las emisiones de GEI, acciones que buscan desvincular el crecimiento económico de la generación de GEI, mediante procesos de producción y patrones de uso de energía más eficientes, así como menos dependientes de combustibles fósiles".

### 5.1.2 Marco regulatorio

El marco creado para dar certidumbre jurídica a las acciones de mitigación se enfoca en un mejor aprovecha-

---

<sup>2</sup> Información proporcionada por CONUEE, 2009.

miento de la energía, la transición energética hacia fuentes de energía renovables y tecnologías limpias para la generación de electricidad, y la reducción de emisiones de GEI. En este sentido, se instauraron los siguientes instrumentos publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en el periodo 2007–2009 (Cuadro V.2).

### Normalización de la eficiencia energética

En el periodo 2007-2009 se publicaron cuatro normas en materia de eficiencia energética (Cuadro V.3).

### Interconexión para fuentes de energía renovable

- A través de lo establecido en el modelo de Contrato de Interconexión (SENER, 2009) para Fuente de Energía Solar a Pequeña Escala, emitido por la CRE, se permite que en casas habitación y comercios pe-

queños, se genere energía eléctrica aprovechando la energía solar, con la posibilidad de interconectarse al Sistema Eléctrico Nacional (SEN). El suministrador podrá diversificar su parque de generación. Publicado el 27 de junio de 2007 en el DOF (CRE, 2009).

- Se realizaron modificaciones al modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable, a través de las cuales se da la posibilidad a permisionarios de autoabastecimiento de entregar energía eléctrica a instalaciones de municipios, entidades federativas o del gobierno federal. Publicado el 9 de julio de 2007 en el DOF (CRE 2009a).

### 5.1.3 Principales programas de mitigación

A continuación se presentan las acciones más relevantes del sector energético en materia de eficiencia energética y energías renovables:

Cuadro V.2 Instrumentos publicados en el DOF en el periodo 2007-2009.

Instrumento	Publicado en el DOF
Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	28 de noviembre de 2008
Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	11 de septiembre de 2009
Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética	28 de noviembre de 2008
Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	28 de noviembre de 2008
Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos	1 de febrero de 2008
Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos	18 de junio de 2009

Fuente: SENER 2009.

Cuadro V.3. Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética 2007–2009.

Norma	Materia que regula
NOM-004-ENER-2008	Bombas y conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia
NOM-021-ENER/SCFI-2008	Acondicionadores de aire tipo cuarto
NOM-017-ENER-2008	Lámparas fluorescentes compactas (LFCs) autobalastadas
NOM-019-ENER-2009	Máquinas tortilladoras mecanizadas

Fuente: SENER 2009.

## Secretaría de Energía<sup>3</sup>

### Programa especial para el aprovechamiento de energías renovables<sup>4</sup>

Su objetivo general es promover el aprovechamiento de energías renovables, a través de objetivos particulares y metas, así como las acciones necesarias para alcanzarlas.

Los objetivos específicos para impulsar las fuentes de energía renovable en el país, planteados en el Programa para el año 2012 son:

- Alcanzar el 7.6% en la capacidad instalada, sin contar proyectos hidroeléctricos con capacidad mayor a 30 MW: a) eólica: 4.3%, b) minihidráulica: 0.77%, c) geotérmica: 1.65%; biomasa y biogás: 0.85%.
- Alcanzar entre el 4.5% y 6.6% en la generación eléctrica total: a) eólica: 1.74-2.91%, b) minihidráulica: 0.36-0.61%, c) geotérmica: 2.19-2.74%; biomasa y biogás: 0.19-0.32%.
- Proveer electricidad con renovables a 2,500 comunidades rurales contempladas en el Proyecto de Servicios Integrales de Energía.

### Programa de sustitución de equipos electrodomésticos para el ahorro de energía

Este programa, que inició en marzo de 2009 a nivel nacional, es conocido coloquialmente como “Cambia tu viejo por uno nuevo”, y consiste en el otorgamiento de apoyos por parte del Gobierno Federal para la sustitución de refrigeradores y aires acondicionados con diez o más años de uso, por equipos nuevos ahorradores de energía y altamente eficientes, así como la destrucción conforme a la normatividad ambiental de los equipos reemplazados.

- Beneficios para el gobierno: reducir las erogaciones

---

<sup>3</sup> SENER 2009a.

<sup>4</sup> Publicado el 6 de agosto de 2009 en el DOF, como mandato de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

por el subsidio a la energía, así como por los costos de capacidad y energía evitados gracias a la sustitución.

- Beneficios ambientales: se espera ahorrar energía eléctrica por 7,871 GWh entre 2009 y 2012, por la sustitución de casi dos millones de refrigeradores y equipos de aire acondicionado, lo que en conjunto, con la sustitución de 47.2 millones de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas u otras de mayor eficiencia equivale a 4.73 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq en el mismo periodo (PECC 2009).

A través de este programa se han sustituido más de 100 mil electrodomésticos al 31 de agosto de 2009 (SENER 2009).

### Programa de electrificación rural

El “Proyecto Servicios Integrales de Energía” tiene como objetivo impulsar proyectos de electrificación rural con base en energías renovables en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz. Éste dotará de electricidad a 50 mil viviendas en el periodo 2008-2012. Para ello, se utilizan diversas tecnologías incluyendo celdas fotovoltaicas, turbinas eólicas, plantas micro-hidráulicas, pequeñas plantas generadoras con biomasa y sistemas híbridos de energía renovable-diesel.

El proyecto aportará a las localidades piloto capacitación para el desarrollo de actividades productivas relacionadas con la energía y coadyuvará con la formación de estructuras interinstitucionales para el desarrollo de proyectos de electrificación rural con energías renovables, asegurando así la réplica de proyectos piloto en las comunidades aledañas. Comenzó su etapa de implementación en septiembre de 2008. Los recursos para su desarrollo están integrados por fondos estatales y municipales, una donación del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés), y un préstamo del Banco Mundial.

### Proyecto de energías renovables a gran escala

El Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala (PERGE) tiene como meta reducir las emisiones de GEI, así como de contaminantes locales y facilitar el desarrollo de proyectos de energía renovable. Actualmente esta

iniciativa apoya la ejecución del proyecto eoloelectrico La Venta III, con una capacidad de 101 MW, así como diversas actividades y estudios enfocados en lograr un mejor aprovechamiento de las energías renovables interconectadas al SEN.

El PERGE recibió un donativo del GEF, a través del Banco Mundial, con el que se dará apoyo, en una primera etapa, a La Venta III y a actividades de asistencia técnica.

Conforme a las estrategias establecidas en el PROSENER 2007-2012, la CFE incluyó en sus planes de expansión un conjunto de plantas eólicas a instalarse en la zona de La Ventosa, Oaxaca. En 2007, la CFE inició operaciones de la primera planta eólica de gran escala en México con una capacidad de 85 MW.

Conforme a la CRE, al 31 de julio de 2009 se habían otorgado 17 permisos de generación de energía eléctrica a través de viento, de los cuales 12 se encontraban en fase de construcción, tres por iniciar obras y dos en operación.

### **Captura y secuestro de carbono**

Se ha iniciado la investigación sobre la captura y secuestro de carbono, ya que México cuenta con importantes potenciales de captura de carbono en el subsuelo, particularmente en mantos petroleros, y se están identificando los nichos de oportunidad en el contexto de su participación como miembro del Foro de Liderazgo para la Captura de Carbono (Carbon Sequestration Leadership Forum).

### **Petróleos Mexicanos**

En el periodo 2001-2008, PEMEX incrementó 31.7% sus emisiones al pasar de 40.1 a 54.9 MtCO<sub>2</sub> al año (Figura V.2). En 2008, el aumento se debió a la emisión de gas amargo con alto contenido de nitrógeno en Cantarell, por mantenimiento de equipos de compresión; a una mayor producción y a fallas operativas en instalaciones costa afuera de Pemex Exploración y Producción (PEP).

PEMEX genera cerca de 8.2% de las emisiones de GEI del país; de las cuales el 64% proviene de la combustión industrial y el 31% de los gases enviados a los quemadores (PEMEX 2008).

Para enfrentar el problema anterior PEMEX está por implementar una estrategia de mitigación de emisiones de GEI que se centra en proyectos de eficiencia energética, cogeneración, reducción de venteo y de quema de gas, aprovechamiento de CH<sub>4</sub>, recuperación mejorada de hidrocarburos y secuestro geológico de carbono.

En materia de mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub>, PEMEX a través de Pemex Exploración y Producción (PEP) realiza un proyecto para que a finales de 2009 se elimine la quema del venteo de gas en el complejo Cantarell mediante la reinyección de gas amargo con alto contenido de nitrógeno al yacimiento. La inversión del proyecto es de 2,700 millones de dólares. Así mismo, Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) lleva a cabo un proyecto de cogeneración de 300 MW, que empezará a operar en 2011 y reducirá anualmente 1.2 MtCO<sub>2</sub> (PEMEX 2009).

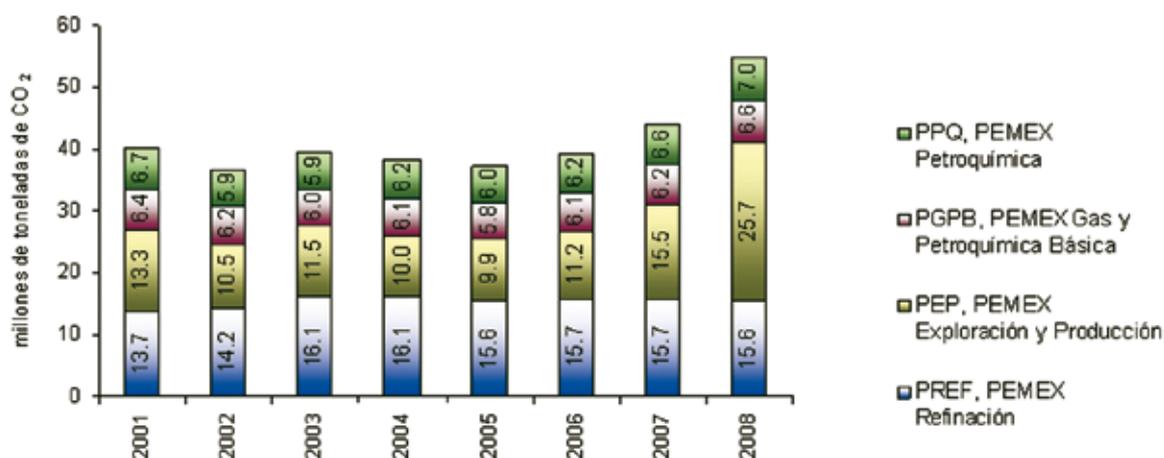
A partir de 2006, el Gobierno Federal a través de la SENER y PEMEX ha realizado diversos esfuerzos para que la oferta energética del país sea menos intensiva en emisiones de GEI. Se han desarrollado las siguientes acciones (SENER 2009a):

### **Proyectos de reducción de emisiones de GEI bajo el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto**

Actualmente PEMEX tiene suscritas algunas cartas de intención con el fin de obtener bonos de carbono. En 2008 por otra parte, se identificaron diversos proyectos que potencialmente pueden cumplir con los requisitos de MDL en las áreas de eficiencia térmica, eléctrica, operativa y cogeneración (Cuadro V.4) y se inició la elaboración de los Documentos de Diseño del Proyecto (PDD, por sus siglas en inglés) para ser considerados como proyectos MDL con un potencial de reducción de 373 ktCO<sub>2</sub> al año (véase apartado 5.6.9).

PEMEX desarrolla un proyecto de cogeneración a gran escala en el Complejo Procesador de Gas Nuevo PEMEX, Tabasco, con capacidad para suministrar 55% de la demanda de vapor y la totalidad de energía eléctrica del complejo, así como portear la potencia eléctrica excedente, por 260 MW, a otros centros de trabajo de PEMEX. Asimismo, comprende la construcción de una

Figura V.2 Emisiones de CO<sub>2</sub> de PEMEX 2001-2008.



Fuente: PEMEX 2008.

Cuadro V.4 Reducción de emisiones de GEI de los proyectos MDL potenciales de PEMEX.

Organismo	Tipo de proyecto	Reducción estimada tCO <sub>2</sub> eq/año
PEP	Cogeneración, recuperación de emisiones fugitivas	257,000
PGPB	Eficiencia energética, cogeneración.	484,289
PREF	Eficiencia energética, emisiones fugitivas, eficiencia en sistema de vapor	1,627,980
PGPB	Cogeneración	962,456
Total		3,331,725

Fuente: PEMEX 2008.

planta de cogeneración con capacidad de 300 MW de electricidad y 800 toneladas-hora de vapor que permitirá reducir emisiones de GEI en alrededor de 940 ktCO<sub>2</sub>eq. Este proyecto se construye a partir de 2009 y se terminará en 2012 (PEMEX, 2009a).

A través del Programa Metano a Mercados (M2M) se han realizado diversos estudios de prefactibilidad de proyectos de tecnología para captura y aprovechamiento de CH<sub>4</sub> (véase apartado 5.6.7), y mediciones en campo con el fin de integrar un inventario de emisiones de GEI, y evaluar la eficiencia energética de los proyectos. Los datos obtenidos han sido utilizados para llevar a cabo me-

jas operativas y proyectos para la reducción de emisiones. El Cuadro V.5 muestra una relación de los proyectos realizados por PEMEX en el período 2006-2008 con el apoyo de dicho programa.

### Comisión Federal de Electricidad<sup>5</sup>

La CFE estableció el Programa Institucional de Cambio Climático (PICAC), con la finalidad de presentar pro-

<sup>5</sup> La CFE es una empresa pública que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica.

**Cuadro V.5. Acciones del Programa Metano a Mercados en PEMEX 2006-2008.**

Complejo	Acción
CPG* Ciudad PEMEX	Medición de emisiones fugitivas en planta Criogénica I y en compresores con sellos húmedos, utilizado como soporte para la elaboración de un proyecto MDL
CPGs Cactus, Ciudad PEMEX y Nuevo PEMEX Ductos de transporte de gas PGPB	Identificación de emisiones fugitivas en plantas de proceso y en sectores de ductos de Orizaba, Veracruz; y Monterrey, Nuevo León
CPG Ciudad PEMEX	Medición de emisiones de CH <sub>4</sub> después de la sustitución de sellos húmedos por sellos secos en compresores
CPGs Cactus, Ciudad PEMEX y Nuevo PEMEX	Medición de emisiones fugitivas posterior a su reparación
CPG Nuevo PEMEX CPG Poza Rica CPG Burgos	Medición de emisiones de CH <sub>4</sub> y diagnóstico energético

\* Complejo o centro procesador de gas.

Fuente: PEMEX 2008.

**Cuadro V.6 Emisiones evitadas de CO<sub>2</sub> por el uso de tecnologías renovables en CFE.**

Años	Tipo de tecnología, generación anual (GWh)			Generación total anual (GWh)	Emisiones anuales evitadas (tCO <sub>2</sub> )
	Hidroeléctrica	Geotermoeléctrica	Eoloeléctrica		
2006	30,305	6,685	45	37,035	24,628,300
2007	27,042	7,404	248	34,694	23,071,801
Total	57,347	14,089	293	71,729	47,700,101

Nota: Se consideró un factor de emisión de 0.665 tCO<sub>2</sub>/MWh generado en el servicio público de electricidad.

Fuente: CFE 2009.

puestas de proyectos considerando los requerimientos de MDL del Protocolo de Kioto y participar en mercados internacionales de carbono.

En los años 2006 y 2007 se evitó la emisión de 47.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a partir de la operación de centrales con fuentes renovables (Cuadro V.6).

### Infraestructura eléctrica para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía

Dentro de los esfuerzos del Gobierno Federal para fomentar el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, se encuentran los siguientes proyectos de infraestructura eléctrica:

- La Venta II se ubica en la región del sur del Istmo de Tehuantepec en el estado de Oaxaca, al norte del poblado La Venta, municipio de Juchitán; tiene una capacidad de generación de 85 MW, integrada por 98 aerogeneradores de una capacidad individual de 850 kW. La inversión fue de 114.5 millones de dólares. El proyecto representa para la CFE la comercialización potencial de 200 ktCO<sub>2</sub> anuales. En el primer período de evaluación (junio 2007 a junio 2008) obtuvo una reducción de 154 ktCO<sub>2</sub>eq.
- La capacidad geotermoeléctrica de México en 2007 fue de 959.5 MW, con la cual se generó 3.2% de los 232,552 GWh que se produjeron a nivel nacional en ese año. El campo geotérmico de Cerro Prieto, el segundo más grande del mundo,

produce el 49.5% de la electricidad que se distribuye en la red de Baja California, que es un sistema aislado del SEN.

- Se incrementó la capacidad de generación geotermoelectrica con los proyectos Cerro Prieto V por 100 MW, Los Humeros II 7X3, por 46 MW y Los Humeros II 2X25, con 21 MW.
- Producción de vapor con energía solar para la central termoelectrica Puerto Libertad, en el estado de Sonora.
- Modernización y repotenciación de 12 unidades de generación eléctrica de nueve centrales hidroeléctricas.
- Proyecto hidroeléctrico La Yesca, en los límites entre los estados de Nayarit y Jalisco, con una capacidad de 750 MW.
- La CFE firmó un convenio con empresas privadas para la primera etapa de la Temporada Abierta (TA), periodo en el cual un permisionario ofrece toda o parte de la capacidad de su sistema, en este caso de reserva de capacidad y transmisión de energía eléctrica generada por proyectos eólicos de autoabastecimiento en el Istmo de Tehuantepec. Las empresas firmantes tienen una capacidad comprometida a instalar de 1,985 MW, misma que entrará paulatinamente en operación en el periodo 2008-2010.
- Con el propósito de impulsar la capacidad de generación eoloelectrica del país, en el periodo 2009-2011 se tiene considerada la entrada en operación de cinco proyectos eólicos adicionales, los cuales tendrán una capacidad de 101.4 MW en promedio cada uno, estimando una reducción de emisiones entre 900 mil y un millón de toneladas de CO<sub>2</sub>eq al año.
- Al 2006, la capacidad instalada acumulada de módulos fotovoltaicos fue de 17.6 MW, con una generación de energía eléctrica aproximada de 9.6 GWh, empleada para electrificación rural, comunicaciones, señalamientos y bombeo de agua (SENER 2007).

Con la finalidad de fomentar la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables, se han evaluado proyectos bajo el concepto de energías alternativas, los cuales tienen la finalidad de cumplir el compromiso de

26% de la capacidad instalada del SEN, establecido en el PROSENER 2007-2012.

### **Acciones realizadas por el Instituto de Investigaciones Eléctricas**

El IIE trabaja conjuntamente con la CFE en materia de eficiencia energética y optimización de los procesos de generación, transmisión, y distribución de la energía eléctrica. En la evaluación y aprovechamiento de energías renovables realiza actividades que incluyen: el desarrollo de tecnologías adecuadas a las condiciones del país para el aprovechamiento de energías renovables incluyendo solar, eólica, mini-hidráulica, geotérmica y biomasa; y evaluación del recurso renovable del país con alta resolución.

Colabora con la CFE en el establecimiento de un sistema de control de inventarios de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y en la aplicación de procedimientos de inspección de equipos en los que el gas no se descarga a la atmósfera, sino que se almacena para utilizarse nuevamente.

Trabaja en el desarrollo y adaptación de tecnologías de separación de CO<sub>2</sub> de los gases de combustión, teórica y experimentalmente, que permiten evaluar la combustión de energéticos fósiles y el comportamiento de los procesos de oxcombustión.

### **Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico<sup>6</sup>**

En 2008, el PAESE implementó el monitoreo remoto del consumo de energía en proyectos de ahorro de energía con la finalidad de verificar los avances en los mismos; y en 2009 la certificación en la norma institucional para el uso eficiente de la energía en el ámbito laboral y familiar a trabajadores de la CFE.

El PAESE fomentó la aplicación de sistemas de alta eficiencia en acondicionamiento ambiental, ilumina-

---

<sup>6</sup> El Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE), impulsa proyectos de ahorro y uso eficiente de energía en inmuebles e instalaciones de la CFE.

ción y sistemas electromotrices; destacando el proyecto Modificación a la Estación de Gas de la Central Ciclo Combinado Chihuahua, con el cual se dejan de operar tres compresores de gas, permitiendo el ahorro de 47,316 BEP anuales, además de una reducción aproximada de 14 ktCO<sub>2</sub> (PAESE 2009).

En el período 2006 a 2008 se desarrollaron 154 proyectos en inmuebles e instalaciones de la CFE con un beneficio de 38,116 tCO<sub>2</sub> evitadas (Cuadro V.7).

### **Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía<sup>7</sup>**

Entre 2006 y 2008, la SENER, a través de la CONUEE, implementó programas institucionales de ahorro de energía, reportando ahorros en consumo de energía eléctrica y térmica, así como emisiones evitadas de GEI por los siguientes conceptos (CONUEE 2009):

#### **Programa de Normalización**

Las normas oficiales mexicanas de eficiencia energética (NOM-ENER) regulan los consumos de energía de aparatos y sistemas que requieren de ésta para su funcionamiento, permiten el ahorro de energía a través de especificaciones técnicas de observancia obligatoria, cuyo costo-beneficio es favorable, y han probado ser el instrumento más eficaz para reducir el consumo de energía. En apego a ellas se comercializan más de 8 millones de sistemas, equipos y productos. Actualmente están vigentes 19 normas de eficiencia energética, relacionadas directamente con el consumo de energía eléctrica y procesos térmicos (Cuadro V.8).

---

7 En noviembre de 2008 se constituye la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), antes CONAE, con la publicación de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Tiene por objeto promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico, en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

### **Programa de Ahorro de Energía en Instalaciones Industriales, Comerciales y de Servicios Públicos**

El objetivo de este programa es el desarrollo de proyectos relacionados con la eficiencia energética en las instalaciones industriales, comerciales y de servicios de los sectores público y privado del país, diseñadas para atender las necesidades propias de la micro, pequeña y mediana empresa; las grandes industrias y comercios intensivos en el consumo de energía, las instalaciones públicas de estados y municipios, así como las del propio Gobierno Federal (Cuadro V.9).

### **Programa de Ahorro de Energía en la Administración Pública Federal**

El sector público opera un programa de ahorro de energía para reforzar y ampliar las acciones de eficiencia energética dentro del propio sector, el cual aplica a inmuebles, a las flotas vehiculares e instalaciones industriales.

Este programa permite una reducción de 30% en el consumo de energía eléctrica en inmuebles de uso de oficina, lo que equivale a un consumo anual de 80.8 kWh/m<sup>2</sup> comparado con uno de 118.6 kWh/m<sup>2</sup> de no aplicarse el programa.

Con el fin de reducir los niveles de consumo de energía eléctrica en edificios de la Administración Pública Federal (APF), la CONAE, ahora CONUEE, inició desde 1999 la operación del programa de ahorro de energía eléctrica. En 2008, los ahorros reportados por la implementación del Programa en inmuebles fueron del orden de 223 GWh (Cuadro V.10).

### **Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua**

El Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua (PROCALSOL) tiene por objetivo impulsar la utilización masiva de esta tecnología en México. La meta para el 2012 es la instalación de 1.8 millones de m<sup>2</sup> de paneles solares.

Se estima que en 2008 se generaron 5.6 PJ de energía útil para el calentamiento de agua de albercas y usos en hoteles, clubes deportivos, casa habitación, hospitales e industrias.

**Cuadro V.7 Proyectos de eficiencia energética 2006-2008 del PAESE.**

	2006	2007	2008	Total
Proyectos	43	55	56	154
Ahorro generado (kWh)	15,767,438	29,970,323	11,409,562	57,147,323
Barriles equivalentes de petróleo (BEP)	42,000	85,000	36,000	163,000
<b>Toneladas evitadas de emisiones</b>				
Bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	10,516	19,990	7,610	38,116
Monóxido de carbono (CO)	17	31	11	59
Oxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	122	214	75	411
Oxido de nitrógeno (NO)	46	81	29	156
Partículas	110	196	70	376
Hidrocarburos (HC)	150	267	95	512

Fuente: PAESE 2009.

**Cuadro V.8 Impacto de las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética 2006-2008.**

<b>Normalización de la eficiencia. Ahorro eléctrico</b>			
Concepto	2006	2007	2008
Ahorro GWh/año	16,065	17,963	15,775
Ahorro PJ	57.83	64.67	56.79
Emisiones evitadas ktCO <sub>2</sub> eq	13,070	14,615	12,835
<b>Normalización de la eficiencia térmica</b>			
Ahorro kBEP/año	4,644	5,268	6,000
Ahorro PJ	27.21	30.87	35.16
Emisiones evitadas ktCO <sub>2</sub> eq	1,527	1,732	1,972

Factores de emisión CONUEE: electricidad, 0.81357 tCO<sub>2</sub>/MWh; gas natural 56.100 tCO<sub>2</sub>/TJ; gas LP 63.067 tCO<sub>2</sub>/TJ; diesel 74.067 tCO<sub>2</sub>/TJ.

Fuente: CONUEE, 2009.

### **Guías para el ahorro de energía en la pequeña y mediana empresa**

Entre las guías para ahorro de energía que proporciona la CONUEE para estimar potenciales de ahorro de energía o de consumos esperados se encuentran las siguientes: Guía para la estimación de pérdidas de energía térmica;

Guía para el uso eficiente de la energía en hoteles; Administración de la energía; Beneficios del aislamiento térmico en la industria; Bases para el ahorro de energía en calderas y sistemas de vapor; Eficiencia en calderas y combustión; Guía para ahorrar energía en sistemas de aire comprimido; Proceso de identificación de oportunidades de ahorro de energía; Medición y registro de la energía en las pequeñas y

medianas empresas; Motores eléctricos; Recuperación de calor de proceso; Tipos de trampas de vapor; y Tratamiento de agua para su utilización en calderas.

## **Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica<sup>8,9</sup>**

### **Proyectos de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica**

#### Industria

A través de este programa se incentiva la eficiencia energética de diversas ramas industriales, se realizan diagnósticos energéticos con los cuales se comprueba la factibilidad técnica y rentabilidad económica de los proyectos. Incluyen la aplicación de medidas para la adquisición e instalación de equipos y sistemas de alta eficiencia; que permiten optimizar el uso de la energía eléctrica y procesos industriales.

#### Comercios y servicios

El FIDE apoya con financiamiento y asesoría técnica a usuarios con demanda superior de 100 kW (como hoteles, restaurantes, comercios, tiendas departamentales, planteles educativos, edificios y otros servicios), orientados a la adquisición de equipos de alta eficiencia para sistemas de iluminación, aire acondicionado y refrigeración.

#### Micro y pequeñas empresas

Con este programa se aplican medidas de eficiencia en comercios y servicios con demanda inferior a 100 kW e industrias con demanda menor a 300 kW. FIDE otorga asistencia técnica a todos los usuarios que requieren

optimizar sus equipos y procesos con recursos económicos propios, lo que considera el establecimiento de programas integrales de optimización energética, esquemas de organización específicos a nivel empresa y en grupos corporativos.

#### Servicios municipales

Se apoya a los municipios del país, fundamentalmente en iluminación, bombeo de agua e instalaciones electromecánicas de edificios o predios de propiedad municipal.

### **Programas de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica**

#### Programa de Financiamiento para el Ahorro de Energía Eléctrica Residencial

La CFE y el FIDE pusieron en marcha este programa, mediante el cual se financia la sustitución de refrigeradores y acondicionadores de aire por equipos modernos y eficientes, así como la aplicación de aislamiento térmico de viviendas.

#### Programa de alumbrado residencial

Este programa de cobertura nacional promueve la sustitución de focos convencionales por Lámparas Fluorescentes Compactas (LFCs) ahorradoras en el sector residencial.

#### Programa de vivienda sustentable

Este programa incentiva a los desarrolladores de vivienda de interés social para incluir medidas de ahorro de energía en sus construcciones nuevas; entre ellas: diseños ex profeso para LFCs, aires acondicionados, refrigeradores de alta eficiencia y ventanas de doble vidrio.

#### Sello FIDE

Mediante el sello FIDE se promueve la certificación de equipos, materiales y tecnologías que garantizan un alto grado de eficiencia en el consumo de electricidad y una vida útil

---

<sup>8</sup> El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) es un organismo público-privado que tiene como finalidad ofrecer asesoría, asistencia técnica y financiamiento para proyectos y programas específicos para el ahorro y uso eficiente de la electricidad, a los sectores industrial, comercial y de servicios, y doméstico; a micro y pequeñas empresas, así como a municipios.

<sup>9</sup> FIDE 2009.

Cuadro V.9 Impacto de los programas de ahorro de energía en instalaciones industriales, comerciales y de servicios públicos 2006-2008.

Eficiencia energética en instalaciones y flotas vehiculares de la Administración Pública Federal y en el sector privado			
Concepto	2006	2007	2008
Ahorro kBEP/año	6,921	4,760	4,033
Ahorro PJ	40.55	27.89	23.63
Emisiones evitadas ktCO <sub>2</sub> eq	4,258	2,184	2,131

Factores de emisión CONUEE: electricidad, 0.81357 tCO<sub>2</sub>/MWh; gas natural 56.100 tCO<sub>2</sub>/TJ; gas LP 63.067 tCO<sub>2</sub>/TJ; diesel 74.067 tCO<sub>2</sub>/TJ.

Fuente: CONUEE 2009.

Cuadro V.10 Ahorro obtenido con el programa de eficiencia energética en la APF.

Concepto	MW	GWh	ktCO <sub>2</sub>	Edificios registrados
2006	39	212	172.5	1,425
2007	41	221	179.8	1,534
2008	41	223	181.4	1,572

Factores de emisión CONUEE: electricidad, 0.81357 tCO<sub>2</sub>/MWh; gas natural 56.100 tCO<sub>2</sub>/TJ; gas LP 63.067 tCO<sub>2</sub>/TJ; diesel 74.067 tCO<sub>2</sub>/TJ.

Fuente: CONUEE 2009.

superior a la de sus equivalentes convencionales, obteniendo beneficios adicionales al pagar menos por el consumo y disminuyendo los costos de mantenimiento y reposición.

#### Programa de difusión

FIDE cuenta con el Programa de Educación para el Uso Racional y Ahorro de Energía Eléctrica (EDUCAREE), que está orientado a la enseñanza de los niños y a propiciar el uso eficiente de la electricidad en el hogar. Además tiene un programa de radio llamado "La Fórmula para el Ahorro de la Energía Eléctrica" que se transmite semanalmente, en la frecuencia 103.3 FM en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

#### Programa de Horario de Verano

El Horario de Verano inició en 1996 y se estableció por Decreto Presidencial el 1 de marzo de 2002. Éste se implantó para tener un mayor aprovechamiento de la luz solar durante los meses de mayor insolación, obteniendo un

desplazamiento en el tiempo de los usos de energía eléctrica en la industria, el comercio, las casas habitación y en el alumbrado público; logrando disminuir la demanda máxima horaria; reduciendo el consumo de energía eléctrica del SEN en horas pico y las necesidades de inversión.

En 2008 este programa permitió el ahorro de 1,230 GWh (Cuadro V.11). Asimismo, hizo posible evitar el consumo de 2.7 millones de BEP y 1.54 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (Cuadro V.12).

## 5.1.4 Investigaciones

### Modelación de posibles escenarios tecnológicos para la mitigación de GEI en México. "Mapas Tecnológicos"

El INE financió y coordinó dicho estudio, realizado por el IMP en 2007, cuyo objetivo fue el desarrollo de mapas tecnológicos para los principales sectores de emisión de GEI y su impacto en las emisiones nacionales en el corto, mediano y largo plazos.

Para la modelación de los escenarios tecnológicos se utilizó el modelo LEAP (Long- Range Energy Alternatives Planning System), con el que se proyectó la demanda de energía, se estimó el balance nacional de la energía, las emisiones de GEI por consumo de combustibles fósiles en el escenario base, y se generaron escenarios de mitigación al año 2030.

El escenario base supone un crecimiento anual del Producto Interno Bruto (PIB) de 3.8%; los escenarios alternos consideran un crecimiento alto del PIB de 4.3%, y un crecimiento bajo de 2.6%. Los escenarios alternos consideran un crecimiento en concordancia con la Prospectiva del Sector Eléctrico 2006–2015. El estudio considera una línea de tiempo de 2002 a 2030.

En el periodo 2002-2030, el escenario base estima que aumentarán las emisiones de GEI debidas a la transformación y uso de energía en 127%, y que la intensidad de las emisiones se reducirá de 0.76 a 0.6 kg CO<sub>2</sub>eq/USD (Dólares a precios constantes de 1993).

El estudio considera la instalación hipotética de reactores nucleares de generación III+ entre los años 2015 y

2030. Para el 2030 considera una capacidad instalada de generación eólica de 6,000 MW; y una generación minihidráulica de 2,300 MW.

El estudio concluye que las principales opciones de mitigación se encuentran en: 1) una mayor penetración de energía renovable en la generación eléctrica, con la introducción de la tecnología de gasificación con captura de carbono; 2) las opciones relacionadas con el transporte, incluyendo la introducción de normas de eficiencia energética, uso de mayor cantidad de diesel e introducción de vehículos híbridos; 3) las acciones de ahorro de energía de la CONUEE; 4) la reducción en la intensidad energética industrial incluyendo el aumento de eficiencia en la refinación; y 5) la cogeneración y el aumento de eficiencia en la transmisión eléctrica.

Con las medidas de mitigación evaluadas, se estima un potencial de mitigación anual de 96.9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq por año en el período 2002-2030 con respecto a la línea base de referencia del estudio (Cuadro V.13).

**Cuadro V.11 Ahorro de energía y demanda eléctrica por programas y proyectos del FIDE 2006-2008.**

Proyecto/programa	Ahorro de energía eléctrica 2006–2008 (GWh)				Ahorro en capacidad de energía eléctrica 2006–2008 (MW)			
	2006	2007	2008	2006-2008	2006	2007	2008	2006-2008
Industria	123	26	40	189	9.9	4.2	3.3	17.4
Comercios y servicios	20	12	17	49	0.9	3.1	1.4	5.4
Servicios municipales	34	6	7	47	2.3	1.2	0.8	4.3
Micro y pequeñas empresas	15	9	12	36	1.9	3.3	1.8	7.0
Otras acciones implementadas derivadas del apoyo técnico		709	1,116	1,825		56.8	222.6	279.4
Lámparas	150	98	83	331	11.5	20.0	17.5	49.0
Residencial (PFAEE)	1,085	1,083	838	3,006	22.3	0.0	2.1	24.4
Vivienda eficiente	4	7	6	17	1.5	0.8	0.1	2.4
Horario de Verano	1,131	1,278	1,230	3,639	931	822	816	2,569
<b>Total</b>	<b>2,562</b>	<b>3,228</b>	<b>3,349</b>	<b>9,139</b>	<b>981</b>	<b>911</b>	<b>1,066</b>	<b>2,958</b>

Fuente: FIDE, 2009.

Cuadro V.12 Barriles equivalentes de petróleo y emisiones evitadas de CO<sub>2</sub> por la implementación de proyectos y programas del FIDE 2006-2008.

Proyecto/programa	Barriles equivalentes de petróleo evitados en generación (Miles BEP)				Emisiones Evitadas de CO <sub>2</sub> (Miles de toneladas de CO <sub>2</sub> )			
	2006	2007	2008	2006-2008	2006	2007	2008	2006-2008
Industria	220	46	72	338	82	17	27	126
Comercios y servicios	36	21	31	88	13	8	12	33
Servicios municipales	61	10	13	84	23	4	5	32
Micro y pequeña empresa	26	16	22	64	10	6	8	24
Otras acciones implementadas derivadas del apoyo técnico	0	1,267	1,993	3,260	0	474	745	1,219
Lámparas	268	175	149	592	100	65	56	221
Residencial (PFAEE)	1,936	1,934	1,497	5,367	724	723	560	2,007
Vivienda eficiente	8	12	11	31	3	5	4	12
Horario de verano	2,754	3,100	2,720	8,574	1,427	1,609	1,546	4,582
<b>Total</b>	<b>5,309</b>	<b>6,581</b>	<b>6,508</b>	<b>18,398</b>	<b>2,382</b>	<b>2,911</b>	<b>2,963</b>	<b>8,256</b>

Fuente: FIDE, 2009

### Diseño conceptual, instrumentación y puesta en marcha de funcionalidades para la actualización de la página WEB de desarrollo sustentable; cambio climático y atención a sitios contaminados<sup>10</sup>

Este estudio fue elaborado en 2008 por el IMP para PEMEX, con el objetivo de proporcionarle soporte técnico para el diseño conceptual, instrumentación y puesta en marcha de un sistema de información de sitios contaminados; y realizar la interfase a la página de internet de PEMEX.

Se desarrolló una calculadora de emisiones de GEI para las operaciones en toda la cadena de valor de la industria petrolera, que está disponible en la página de in-

ternet de PEMEX. Esta herramienta permite realizar una estimación preliminar y la elaboración de propuestas de proyectos para la reducción de emisiones.

Adicionalmente, como parte del proyecto se desarrolló una herramienta para estimar la huella de carbono de una familia en México de acuerdo al uso de energía eléctrica en diferentes tipos de utensilios (focos, refrigeradores, etc.), gas natural o licuado, uso de vehículo particular o transporte público, y viajes en avión. Con esta calculadora, disponible en la página electrónica de PEMEX, los usuarios pueden ver cuál sería el impacto de sus acciones de ahorro de energía, tanto en su casa como en el transporte, medido en emisiones evitadas de GEI. El portal también incluye una sección para niños, que de manera interactiva explica el fenómeno del cambio climático (disponible en: <http://desarrollosustentable.pemex.com>).

<sup>10</sup> IMP 2009.

Cuadro V.13 Reducción potencial de emisiones acumuladas y anuales de GEI del sector energético en el periodo 2002-2030.

Opción	Reducciones acumuladas 2002-2030 (MtCO <sub>2</sub> eq)	Reducciones anuales promedio 2002-2030 (MtCO <sub>2</sub> eq)
Visión 2030 (30 % renovables, 13% nuclear, 11% gasificación)	750.5	26.8
Transporte eficiente, diesel e híbridos	599.8	21.4
Cogeneración industrial y PEMEX	429.0	15.3
Medidas de ahorros de energía CONUEE y FIDE	322.2	11.5
Reducción de la intensidad energética industrial	303.6	10.8
Aumento de la eficiencia de transmisión eléctrica	137.8	4.9
Reducción de quema de gas	76.1	2.7
Aumento de eficiencia en refinación	48.4	1.7
Iluminación eficiente	44.1	1.6
Generación centralizada en Cantarell	1.7	0.1
Total	2,713.2	96.9

Fuente: IMP 2009.

## Disminución de emisiones de carbono en México

Este estudio fue elaborado en 2008 por el IMP para el Banco Mundial. El objetivo fue identificar políticas, programas y proyectos que puedan mitigar las emisiones de GEI del sector eléctrico. Evalúa los costos y beneficios de posibles opciones de mitigación en el sector eléctrico mexicano al 2030.

El estudio evalúa nueve medidas de mitigación y su costo neto en el año 2030. Se estima que para entonces, el potencial de reducción de emisiones de las medidas evaluadas sea de 162 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (Cuadro V.14).

### Análisis de ciclo de vida: caso de estudio Refinería Miguel Hidalgo<sup>11</sup>

Este estudio fue concluido a finales de 2006 por el IMP, y su objetivo fue determinar las consecuencias ambientales futu-

ras a nivel regional y global, inducidas por diferentes escenarios de crecimiento de la zona industrial de Tula, Hidalgo, utilizando mediciones ambientales en campo y el empleo de modelos numéricos de calidad del aire y de ciclo de vida.

El proyecto generó una metodología para estimar las emisiones atmosféricas de contaminantes criterio y de GEI a lo largo del ciclo de vida de la producción de petrolíferos, tales como combustóleo, gasolina, diesel y turbosina. Se hizo una primera estimación de los factores de emisión de GEI por unidad de energía en todo el ciclo de vida de cada uno de éstos.

### Primera etapa. Análisis de fluidos a inyectar en procesos EOR (recuperación mejorada), fuentes de suministro, transportación e impacto ambiental en campos del Activo Cinco Presidentes<sup>12</sup>

El estudio, concluido en 2008, tiene como objetivo identificar, caracterizar y cuantificar las fuentes de CO<sub>2</sub> y gases de combustión que pueden utilizarse en la recu-

<sup>11</sup> IMP 2009.

<sup>12</sup> IMP 2009.

Cuadro V.14 Beneficio de las opciones de mitigación al 2030.

Intervenciones	Reducción de emisiones en 2030 (MtCO <sub>2</sub> /año)	Beneficio neto de mitigación (US\$/tCO <sub>2</sub> eq)
Aumento de la eficiencia en transmisión y distribución eléctrica	6.2	19.3
Generación con biogás	5.4	-0.6
Generación eólica	23.0	-2.6
Generación minihidráulica	8.8	-9.4
Generación geotérmica	48.0	-11.7
Cogeneración en PEMEX	26.7	28.6
Cogeneración en la industria	6.5	15.0
Generación con biomasa forestal	35.1	2.4
Generación con 20% biomasa forestal en plantas de carbón	2.4	-7.3
Total	162.1	

Fuente: IMP 2009.

peración terciaria de petróleo crudo en las cercanías del Activo Integral Cinco Presidentes, en Huimanguillo, Tabasco. El potencial anual de reducción de emisiones es de 1 millón de toneladas de CO<sub>2</sub>.

### Tratamiento de gases de efecto invernadero por tecnología dbd-corona.

Este proyecto fue realizado por el ININ, con el objetivo de determinar teórica y experimentalmente las condiciones óptimas de remoción de GEI mediante un reactor que aprovecha la elevada densidad de energía obtenida por la combinación de las descargas de barrera dieléctrica (dbd) y de corona, efectuando un estudio profundo de la degradación de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>.

Con base en los resultados experimentales se creó un nuevo reactor de barrera dieléctrica y corona así como un prototipo que puede ser usado en vehículos automotores.

### Formulación de lineamientos de política en materia de eficiencia energética en sectores clave de la economía mexicana para el Programa Especial de Cambio Climático

En 2007, el INE financió y coordinó dicho estudio realizado por el Centro Mario Molina (CMM), cuyo objetivo fue asesorar a la SEMARNAT en el análisis y formulación de los lineamientos de política en eficiencia energética para formular metas específicas como insumos para el PECC, analizar el estado actual de la eficiencia energética en los principales sectores de la economía mexicana, presentar recomendaciones técnicas para mejorar el desempeño energético de sectores clave, aportar elementos para establecer metas cuantificadas de mejora e identificar algunas oportunidades de mitigación de emisiones de GEI.

Entre las medidas propuestas se encuentran: para el sector transporte, introducción de vehículos ligeros a diesel, híbridos, biocombustibles; para el sector eléctrico, incremento de la eficiencia térmica de las termoeléctricas a base de combustóleo, aprovechamiento de energías renovables, eficiencia de las líneas de transmisión y distribución; para el sec-

tor petrolero, incremento en la eficiencia de generación de electricidad en plataforma, reducción de emisiones de CH<sub>4</sub> a la atmósfera, y programa de mantenimiento de ductos y compresores.

## Estudios del Centro Mario Molina

El Centro ha enfocado sus esfuerzos a dos áreas fundamentales para México: la Calidad del Aire y el Cambio Climático. En materia de Cambio Climático ha examinado medidas orientadas a disminuir las emisiones de GEI asociadas al consumo de energía, a través de los estudios mencionados en el Cuadro V.15.

## Propuesta para ampliar la mitigación de gases de efecto invernadero en el sector eléctrico de México

En 2009, la empresa Energía, Tecnología y Educación, S.C. (ENTE) analizó los potenciales y obstáculos para lograr una mayor eficiencia en el uso final de la electricidad y aprovechar más ampliamente las energías renovables en la generación eléctrica.

El estudio estima un ahorro potencial de 25,000 GWh de electricidad (Cuadro V.16), a través de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía, lo que equivale a 10% del consumo eléctrico esperado en 2017 (ENTE, 2009).

Para lograr los ahorros y reducciones de las emisiones señaladas, se considera que sería necesario invertir, por parte del sector público y como incentivo para la compra de equipos más eficientes, poco más de 54 mil millones de pesos (Cuadro V.17).

Llevar a cabo estas acciones costaría 66 mil millones de pesos a lo largo de doce años hasta el 2020. Esto significa que, en promedio, el programa costaría anualmente poco más de 5.5 mil millones de pesos, que es equivalente a 4.2% de lo que se gasta en subsidios a la electricidad anualmente.

## Análisis integrado de las tecnologías, el ciclo de vida y la sustentabilidad de las opciones y escenarios para el aprovechamiento de la bioenergía en México<sup>13</sup>

En 2008 el INE financió y coordinó dicho estudio, realizado por el Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Se analizó el potencial bioenergético en México, e identificó alternativas tecnológicas clave, ciclos de vida y potencial de mitigación. Se evaluaron los beneficios y las desventajas de las diferentes alternativas tecnológicas para el uso de bioenergía, con énfasis en los impactos a nivel de la producción de los insumos necesarios para su utilización en gran escala, teniendo como principales consideraciones la sustentabilidad del proceso de producción y uso de estas fuentes de energía, así como la generación de emisiones de GEI.

El potencial total para cultivos dedicados a bioenergía es de 790 PJ/año. Sin embargo, éste depende del ciclo de vida de cada cultivo, teniendo por ejemplo el caso específico de la palma de aceite y la *Jatropha*, cuya producción comienza a los 4 o 5 años después de su establecimiento.

## 5.2 Sector transporte<sup>14</sup>

### 5.2.1 Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012

Este Programa constituye un instrumento rector de las actividades de la SCT para dar cumplimiento al PND 2007-2012 y las metas del Programa Nacional de Infraestructura (PNI) 2007-2012.

<sup>13</sup> INE 2008.

<sup>14</sup> A nivel nacional la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) tiene a su cargo la definición de políticas públicas y el diseño de estrategias para la promoción de sistemas de transporte y comunicaciones que contribuyan al crecimiento de la economía y el desarrollo social; ampliando la cobertura y accesibilidad de los servicios.

**Cuadro V.15 Estudios del Centro Mario Molina.**

Estudio	Descripción
Modelación del uso de energía para identificación de oportunidades para reducción de emisiones de GEI y proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)	Este estudio fue elaborado como parte del capítulo México del proyecto "Assisting Developing Country Climate Negotiators through Analysis and Dialogue", para el Centro para Políticas de Aire Limpio, (CCAP, por sus siglas en inglés) en el cual se analizaron los 10 sectores económicos más importantes en México
Asistencia sobre el financiamiento de carbono	Las actividades realizadas fueron: a) promoción del MDL entre los sectores con mayor potencial de mitigación en México; b) desarrollo de un portafolio de proyectos; c) identificación de fuentes de financiamiento; y d) análisis de la operación actual de las instancias nacionales que promueven y administran el MDL. Financiado por el Banco Mundial
Evaluación de las consecuencias económicas del cambio climático en México	Muestra un análisis de las posibles estrategias para reducir las emisiones de GEI en sectores clave. Fue financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo

Fuente: CMM 2009.

**Cuadro V.16 Ahorros estimados en consumo final por sectores y usos finales en 2017.**

Sector/Medidas	Ahorro estimado (GWh)
<b>Residencial</b>	21,661
Iluminación	11,740
Conservación de alimentos	6,862
Acondicionamiento ambiental	3,059
<b>Comercial</b>	1,336
Iluminación	749
Acondicionamiento ambiental	587
<b>Industrial</b>	1,892
Motores eléctricos	1,892
<b>Total</b>	<b>24,889</b>

Fuente: ENTE 2009.

El Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes establece estrategias para coadyuvar con los esfuerzos nacionales en la reducción de emisiones de GEI, entre ellas: la modernización de la gestión del sistema carretero, e implementar medidas para la reducción de emisiones de GEI provenientes de los vehículos de autotransporte.

**Cuadro V.17 Inversiones estimadas para medidas de ahorro de energía.**

Sector	Inversión total miles de millones <sup>1</sup>	Costo de mitigación (US\$/tCO <sub>2</sub> )
Residencial <sup>2</sup>	50,178	-832.2
Comercial y de Servicios	3,445	-360.2
Industrial	461	-552.3
<b>Total</b>	<b>54,081</b>	<b>-1,744.7</b>

1 Se considera una tasa de cambio de 13.5 pesos por US\$.

2 Se considera una tarifa no subsidiada de 2 pesos por kWh.

Fuente: ENTE 2009.

## 5.2.2 Principales programas de mitigación

### Secretaría de Comunicaciones y Transportes

La SCT lleva a cabo diversos programas enfocados al ahorro de energía en el sector transporte (Cuadro V.18).

Cuadro V.18 Programas de mitigación de la SCT.

Programa	Descripción
Programa de chatarrización	Este programa incentiva la renovación del parque vehicular, tanto de la flota de autotransporte federal de carga, como de pasajeros y turismo. Otorga estímulos fiscales a cambio de la unidad obsoleta a retirar de circulación
Acreditación y aprobación de unidades de verificación de emisiones contaminantes que generan los vehículos de autotransporte	La SCT verifica que las emisiones contaminantes de los vehículos de autotransporte federal y privado no excedan los niveles máximos permisibles que establecen las NOMs. Actualmente se cuenta con 159 empresas de verificación distribuidas en todo el territorio nacional
Acreditación y aprobación de Unidades de Verificación tipo A, tipo B y tipo C de las condiciones físico-mecánicas y de seguridad de los vehículos de autotransporte.	La SCT revisa las condiciones físico-mecánicas y de seguridad de vehículos de autotransporte federal y privado que transitan en caminos y puentes de jurisdicción federal
Disminución de las emisiones de GEI a través del Acuerdo Transfronterizo de Carga Internacional	A partir de julio de 2009, los gobiernos de México y Estados Unidos pusieron en marcha el Programa Demostrativo de Autotransporte Transfronterizo de Carga Internacional en el que participarán 100 empresas de cada país

Fuente: SCT 2009a

## Centro de Transporte Sustentable

### Programa de Apoyo Federal al Transporte Urbano Masivo

El Programa para Transporte Masivo (PROTRAM) forma parte del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN). El propósito del PROTRAM es proveer de recursos a ciudades para desarrollar proyectos integrales de transporte público que fomenten una movilidad urbana sustentable; a través de medidas para racionalizar el uso del automóvil privado, y alternativas de transporte público rápido, eficiente, cómodo y accesible. Desde el inicio del programa, 34 ciudades han mostrado interés en obtener recursos a través de este fondo para diferentes etapas: pre-factibilidad, factibilidad e inversión.

El PROTRAM es apoyado técnicamente por el Centro de Transporte Sustentable (CTS), con el objeto de incluir temas ambientales relevantes como la mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> y la reducción de contaminantes criterio.

### Cartera de financiamiento para el Programa de Transporte Limpio

Esta medida coordinada por el CTS es útil para la SEMARNAT en la instrumentación del Programa Nacional Voluntario "Programa Transporte Limpio", cuyos objetivos son: la reducción del consumo de combustible, la disminución de emisiones de GEI y de contaminantes criterio a través de la promoción de mejores prácticas en el transporte de carga y de prácticas de logística. El proyecto contempla las siguientes actividades (CTS 2009):

- Elaboración de una guía de opciones de financiamiento disponible en el mercado nacional e internacional, particularmente para la adquisición de equipos y/o tecnologías que propicien la reducción de emisiones de contaminantes (NOx y PM<sub>10</sub>), GEI y el ahorro de combustible.
- Análisis de la capacidad de inversión de las empresas de transporte de carga de las cuatro categorías que manejan las estadísticas de la SCT: micro, pequeña, mediana y grande.

## 5.2.3 Investigaciones

### **Evaluación de oportunidades de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en medios de transporte masivo de pasajeros en las zonas metropolitanas del Valle de México, Monterrey y Guadalajara.**<sup>15</sup>

En 2008 el INE financió y coordinó dicho estudio, realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, con los objetivos de determinar la línea base, proponer alternativas de sistemas de transporte masivo urbano y suburbano (metro, metrobús, trolebús, tren suburbano, sistemas de transporte rápido, y autobuses a biodiesel) para la reducción de emisiones de GEI; determinar el impacto de la construcción de vialidades alternas; y desarrollar una metodología para la incorporación de las medidas identificadas dentro del MDL Programático.

El estudio estima el consumo de combustibles y las emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) para el año 2006 en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), y 2007 en el caso de las Zonas Metropolitanas de Guadalajara (ZMG) y Monterrey (ZMM); y proyecta diversos escenarios para el año 2020.

Los resultados muestran que bajo el escenario tendencial, las emisiones de GEI asociadas al consumo de energía del sector transporte en las tres zonas metropolitanas pasarán de 31.6 millones tCO<sub>2</sub>eq en 2007 a 58.8 millones tCO<sub>2</sub>eq en 2020.

El potencial de mitigación de emisiones de GEI de las medidas evaluadas en las tres zonas metropolitanas es de 7 millones tCO<sub>2</sub>eq anuales, lo que representa el 12.3% de las emisiones del escenario base del estudio. La implementación de autobuses de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés) representa un 50% de dicho potencial.

Las medidas de mitigación evaluadas para la ZMVM incluyen: el Programa hoy no circula sabatino; la incorporación de transporte escolar; el aumento en la eficiencia de autos nuevos; la incorporación de BRTs, microbuses

y combis para el transporte de pasajeros. En las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey se considera la eficiencia en autos nuevos y la implementación de sistemas BRTs.

### **Hacia la creación de un mercado de emisiones de carbono para la industria automotriz**

Este estudio se encuentra en ejecución por el CTS con fondos de la Alianza de Eficiencia Energética y Energía Renovable (REEEP, por sus siglas en inglés) en México. El proyecto contempla el análisis económico, diseño de mercado y la difusión entre los actores políticos y económicos de los cuales depende su implementación (CTS 2009).

### **Evaluación de los beneficios en la calidad del aire por instrumentación de cambios en el transporte público**<sup>16</sup>

El INE realizó dicho estudio para cuantificar las ventajas ambientales y económicas del sistema Metrobús de la Ciudad de México; evaluar la reducción en las emisiones locales y su impacto en la salud; la disminución de GEI; y la reducción en el tiempo de traslado durante las horas pico a lo largo de la Avenida Insurgentes.

El estudio estima que entre 2005 y 2015, la Línea 1 del Metrobús reduzca 144 toneladas de hidrocarburos totales, 690 toneladas de óxidos de nitrógeno, 2.8 toneladas de partículas finas, 1.3 toneladas de bióxido de azufre anuales y 280 mil toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

### **Estudio sobre la instrumentación de medidas de eficiencia energética y uso de biocombustibles en el sector transporte y su impacto en la calidad del aire en México**<sup>17</sup>

En 2008, el INE realizó y financió este estudio junto con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

---

15 INE 2008a.

---

16 INE 2006.

17 INE 2008b.

y el Laboratorio Nacional de Energía Renovable de dicho país, teniendo como objetivo el análisis costo beneficio de la reducción de emisiones de GEI, y la evaluación del impacto sobre la calidad del aire debido a la instrumentación de un aumento de la eficiencia energética en la flota vehicular de autos nuevos y por el uso de biocombustibles en el sector transporte.

El escenario base del estudio considera lo siguiente: un crecimiento del PIB del 3.5% en promedio anual en el periodo 2008 a 2030; precios relativos de gasolinas, de automóviles, y estructura de las ventas sin cambios; un rendimiento promedio con crecimiento tendencial de 1% anual (a partir de 10.8 km/l).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del consumo de gasolina en 2012, con un margen de probabilidad del 60% se ubicarían en un rango de 114 a 116 millones de toneladas, al 2020 entre 149 y 163 millones de toneladas, y finalmente al 2030, en un nivel de 211 a 245 millones de toneladas.

### **Participación en los Comités de la Asociación Mundial de la Carretera<sup>18</sup>**

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) participa en el Comité A.1 Preservación del Medio Ambiente, que trabaja sobre las estrategias y políticas nacionales para reducir la contribución de los sistemas de transporte carretero al cambio climático; y para la adaptación de los sistemas de transporte ante el cambio climático, incluyendo la infraestructura.

### **Estudios del IMT relacionados con la mitigación de emisiones de GEI**

El Instituto Mexicano del Transporte ha desarrollado estudios de investigación enfocados a la estimación de emisiones que genera el sector transporte en México, tales como los mencionados en el Cuadro V.19.

---

18 IMT 2009.

## **Propuesta de norma de eficiencia energética para vehículos ligeros nuevos a gasolina en México**

El INE, a través de su Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental, elabora una propuesta de norma que regule el incremento del rendimiento en los autos nuevos, cuyo objetivo es aumentar el rendimiento de la flota de vehículos nuevos de 11.8 km/l en 2008 a 18 km/l (129.1 gCO<sub>2</sub>/km) en 2015; se estima que el potencial de reducción de emisiones de GEI sea de 20 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

## **5.3 Desarrollo social**

### **5.3.1 Principales programas de mitigación**

#### **Secretaría de Desarrollo Social**

Las actividades de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) asociadas con la mitigación de GEI abarcan múltiples acciones. En el ámbito urbano las acciones tienen que ver con políticas de desarrollo, vivienda, ordenación del territorio, gestión integral de riesgo de desastre, transporte público y aprovechamiento de residuos sólidos.

#### **Transporte urbano**

La SEDESOL apoyó entre 2007 y 2009 a diversas ciudades en esquemas de reestructuración de transporte y planeación urbana.

A través de estudios, proyectos ejecutivos, capacitación y asistencia técnica se ha buscado reducir tiempos de desplazamiento y reestructurar las rutas de transporte de pasajeros y de carga. Se han hecho planteamientos sobre esquemas de chatarrización y renovación de la flota, estudios de redimensionamiento de la demanda para reducir unidades de transporte en circulación, así como propuestas de acciones sobre movilidad no motorizada.

En el marco del FONADIN se apoyó a 18 ciudades y zonas metropolitanas mayores de 500 mil habitantes en la preparación de estudios y proyectos, evaluando su factibilidad técnica y rentabilidad.

Se otorgó asistencia técnica para la preparación de estudios de transporte y movilidad urbana a 46 ciudades mayores de 100 mil habitantes.

En cooperación con el Banco Mundial se acordó apoyar a cuatro ciudades del país (Monterrey, Puebla, León, y Ciudad Juárez) para la realización de estudios y proyectos de reestructuración y renovación del transporte urbano.

Para ser beneficiarias de estos recursos, las ciudades deben cumplir con el Marco de Salvaguarda Ambiental y Social para el Transporte Urbano (MASTU), elaborado por la SEDESOL, la SEMARNAT y el Banco Mundial.

## Manejo de residuos sólidos

La SEDESOL trabaja en coordinación con la SEMARNAT y los gobiernos locales en proyectos para reducir o eliminar emisiones de GEI en rellenos sanitarios. Entre 2007 y 2009 se dio asistencia técnica para el desarrollo de proyectos que reduzcan las emisiones de GEI con un potencial de mitigación de 909 mil toneladas de CO<sub>2</sub>eq anuales (Cuadro V.20).

Los residuos sólidos urbanos en México tienen un alto contenido de material orgánico. Se estima que en el año 2020 el potencial de reducción de emisiones sea de 18.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

## Sustitución de fogones abiertos por estufas eficientes de leña

La SEDESOL a través de la Unidad de Microrregiones instrumenta dicho programa en los 125 municipios con mayor rezago en el país, graves condiciones de marginación y vocación forestal. La gran mayoría de estos municipios se concentra en los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla y Guerrero. Durante el ejercicio fiscal

**Cuadro V.19. Estudios del Instituto Mexicano del Transporte.**

Estudio	Descripción
Estudio para el uso eficiente del combustible en los vehículos de servicio pesado	Evalúa la aplicación del manejo conocido como conducción técnica, y su consecuente reducción del consumo de combustible y emisiones de los gases de escape.
Estudio acerca de la influencia que tiene la selección de los componentes del tren motriz en el consumo de combustible y en la generación de emisiones.	Desarrolla un método basado en las pruebas reales de desempeño a que puede someterse un vehículo, considerando el régimen óptimo de economía del combustible.
Análisis paramétrico del submodelo efectos ambientales del HDM-4	Evalúa el submodelo ambiental HDM-4 con la finalidad de poder utilizar dicha herramienta en la estimación de emisiones carreteras donde se involucran variables de tránsito, del camino y climáticas.
Estudio Piloto de Emisiones Vehiculares en Carreteras Federales del Estado de Querétaro Basado en el Modelo HDM-4	Estima las emisiones en corredores comerciales y el uso de otras alternativas de transporte para la selección modal de mercancías o pasajeros.
Propuesta metodológica para estimar emisiones contaminantes generadas por la operación vehicular en ciudades en México	La propuesta metodológica planteada estima las emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles, y se basa en los inventarios de emisiones realizados para algunas ciudades de la República utilizando como herramienta al MOBILE versión 6.

Fuente: IMT, 2009

2008, la SEDESOL distribuyó 82,307 estufas eficientes a nivel nacional (Cuadro V.21).

Cifras del PECC 2009-2012 señalan que la sustitución de un fogón tradicional por una estufa eficiente de leña evita la emisión de 2.7 toneladas de CO<sub>2</sub> eq por estufa por año, por lo que los ahorros de las estufas instaladas en 2008 representan ahorros estimados en 222,229 toneladas de CO<sub>2</sub> eq.

### Comisión Nacional de Vivienda<sup>19</sup>

En 2006, el sector residencial en México contribuyó con 20.187 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq, lo que equivale a 4.7% de las emisiones de la categoría de energía, por lo que constituye una ventana de oportunidad en cuanto a mitigación de GEI se refiere (INEGI 2009).

En 2007, la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) publicó el Programa de Vivienda Sustentable, para fomentar una mayor calidad de la vivienda, ofrecer un mayor confort y salud, y garantizar la protección al medio ambiente y a los recursos naturales. Los objetivos del Programa son: a) adecuar la normatividad vigente en materia de vivienda hacia el cuidado del medio ambiente; b) diseñar lineamientos que permitan definir y calificar a una vivienda como sustentable; c) promover el intercambio y transferencia de tecnologías con organismos internacionales; d) fomentar el uso de tecnologías novedosas que garanticen el cuidado al medio ambiente; e) diseñar y desarrollar esquemas de incentivos fiscales dirigidos a los desarrolladores y usuarios de la vivienda, y f) llevar a cabo acciones de difusión para promover el uso de ecotecnologías.

En 2008 se firmó el convenio de colaboración entre la SENER, la SEMARNAT y la CONAVI para coordinar la ejecución del Programa Transversal de Vivienda Sustentable, el cual busca cambiar la conceptualización y las prácticas constructivas de la vivienda en México, al integrar en el diseño de la misma parámetros de sustentabilidad que incluyen: el uso de calentadores solares, lámparas ahorradoras, materiales aislantes para muros y techos, y equipos eficientes de aire acondicionado.

<sup>19</sup> CONAVI 2009.

**Cuadro V.20 Ciudades con proyectos de reducción de emisiones de GEI en rellenos sanitarios 2007-2009.**

Ciudad	Reducción estimada de emisiones en tCO <sub>2</sub> eq/año
Ciudad Juárez, Chihuahua	170,499
Ecatepec, Estado de México	209,353
Durango, Durango	83,000
Monterrey, Nuevo León	177,062
Mérida, Yucatán	106,340
Aguascalientes, Aguascalientes	163,000

Fuente: SEDESOL, 2009; Presidencia, 2009.

**Cuadro V.21 Estufas eficientes de leña instaladas durante 2008.**

Tipo de estufas	Número de estufas instaladas
Estufas artesanales	60,907
Estufas de autoconstrucción	21,400
Total de estufas	82,307

Fuente: SEDESOL 2009.

En términos de la Política Nacional de Vivienda, y de acuerdo a las tendencias demográficas en México, se estima que en el próximo cuarto de siglo se requerirá construir 650 mil viviendas por año, en promedio. Específicamente, la demanda en el período 2007 a 2012 sería de 4 millones.

De acuerdo con las metas establecidas al 2012, se otorgarán 6 millones de créditos de vivienda, de los cuales aproximadamente el 20% deberán aplicarse para viviendas sustentables<sup>20</sup>.

### Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables

En 2008, la CONAVI publicó los "Criterios e Indicadores para Desarrollos Habitacionales Sustentables", con el objetivo de promover la edificación de vivienda conside-

<sup>20</sup> Desarrollo Habitacional Sustentable 2008-2012, CONAVI.

rando de forma integral el entorno, la ubicación, la infraestructura, un diseño urbano ordenado y equilibrado y la selección de materiales de construcción, equipos y tecnologías encaminados al uso eficiente de la energía y el agua.

Entre las medidas propuestas se encuentran: diseño bioclimático, arborización, uso de colores claros en techo y fachadas, materiales constructivos térmicos y aislantes, tecnologías eficientes para la climatización, instalación de LFCs para alumbrados interiores y exteriores e instalación de calentadores de agua con energía solar.

### **Características del paquete básico para el programa de subsidios 2009**

En 2009, la CONAVI estableció las “Características del paquete básico para el Programa de Subsidios 2009” para las viviendas nuevas que se integren al Programa “Esta es tu Casa”. Las características incluyen: criterios prioritarios para la selección del sitio, el uso eficiente de la energía, del agua, el manejo de residuos sólidos y el mantenimiento de la vivienda y las tecnologías.

### **Programa específico para el desarrollo habitacional sustentable ante el cambio climático**

En 2009 la CONAVI presentó dicho programa, el cual establece los lineamientos, normas, criterios y elementos tecnológicos para que en los desarrollos de vivienda se logren reducciones en las emisiones de GEI.

Este programa establece las bases para una metodología programática aplicable a proyectos de vivienda integrados en el mismo, contiene el Documento de Diseño de Proyecto, y procedimientos para estimar la línea base de emisiones, para la medición y monitoreo de consumos y estimación de reducción de las mismas.

Las acciones que abarca la metodología se centran en la reducción del consumo de electricidad, la producción de electricidad a través de fuentes renovables, y la reducción de consumo de gas para calentar agua.

En el 2010 se iniciará la calificación de proyectos que puedan ser integrados al programa de MDL, y en el pe-

ríodo 2011-2012, su consolidación y el inicio de la certificación de reducción de emisiones (CONAVI 2009).

Ecosecurity México desarrolló una metodología para medir la reducción de emisiones de GEI de la vivienda sustentable, y sistemas para su vigilancia y supervisión. Es la primera de su tipo aprobada por la Junta Ejecutiva del MDL.

Esta metodología sirve para cuantificar la reducción de emisiones por medidas de eficiencia energética para desarrollos de vivienda que incorporen distintas combinaciones de elementos tecnológicos: a) iluminación eficiente; b) envolvente térmica; c) calentamiento solar de agua; d) electricidad fotovoltaica; e) aire acondicionado eficiente; y f) sistemas ahorradores de agua. La misma está disponible en: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/AWRS1U9S13QBGT2FX236Z2CVTMH44A/view.html>.

### **Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores<sup>21</sup>**

#### **Hipoteca Verde**

Hipoteca Verde es un esquema de crédito hipotecario que tiene como objetivo coadyuvar con la CONAVI en el desarrollo, aplicación y promoción de criterios de vivienda sustentable.

A través de éste se promueve la adquisición de viviendas con tecnologías de eficiencia energética y agua. Las medidas de ahorro permiten una reducción mensual de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 100 kg por vivienda (Cuadro V.22).

En 2009, la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID-México) presentó un análisis de la Hipoteca Verde del INFONAVIT, titulado “Hipoteca Verde: lo bueno, lo malo y lo nuevo”, con el objetivo de identificar logros y áreas de oportunidad para hacer recomendaciones y explorar posibles acciones para que USAID apoye la promoción de vivienda sustentable en México. Las cifras señalan que del 1 de enero al 23 de agosto de 2009 se otorgaron 59,591

---

21 INFONAVIT 2009.

créditos a través de Hipoteca Verde; 13,000 de ellos sin subsidio.

Los esfuerzos del INFONAVIT y la CONAVI, fueron reconocidos por la Alianza para el Ahorro de la Energía (ASE)<sup>22</sup> misma que les otorgó el “Premio Internacional del Ahorro de la Energía en la Vivienda Sustentable”, que fue recibido el 23 de septiembre de 2009 por el Presidente de México, el Lic. Felipe Calderón Hinojosa. Con esto se convierte en el primer país en recibir ese reconocimiento, por la promoción de la vivienda sustentable para sectores de interés social.

### 5.3.2 Investigaciones

#### Hacia ciudades competitivas bajas en carbono

Este proyecto se encuentra en ejecución por el CTS con el apoyo de la SEDESOL a través de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio y es financiado por el “Strategic Programme Fund” del Gobierno Británico.

El proyecto propone políticas públicas estratégicas adecuadas al contexto mexicano para promover urbes más densas y compactas, en donde se optimice la calidad de vida de la población a la vez que se respeta el entorno ambiental.

El proyecto contempla desarrollar una metodología para estimar los costos públicos y privados y las emisiones de carbono de los patrones urbanos actuales en las ciudades de Culiacán, Aguascalientes y Mérida.

El estudio proyectará al 2030 los beneficios de políticas públicas estratégicas para fomentar un crecimiento urbano denso, compacto y de bajo carbono denominado “crecimiento urbano competitivo”. Otras actividades incluyen la actualización de las guías metodológicas orientadas a la planificación urbana, y el desarrollo de un proyecto piloto para demostrar las nuevas estrategias en el marco de un proyecto urbano (CTS 2009).

---

22 La ASE es una coalición compuesta por industrias de tecnología y de energía. Cada año organizan el “Stars of Energy Efficiency Awards” que honra aquellos que demuestran una contribución tangible al uso eficiente de la energía y a la seguridad energética.

#### Elaboración de prueba de adicionalidad y monitoreo para la aplicación de una metodología bajo el esquema de Mecanismo para un Desarrollo Limpio Programático del Protocolo de Kioto, para la reducción de emisiones de GEI en el segmento de interés social del sector vivienda en México<sup>23</sup>

En 2008, el INE financió y coordinó dicho estudio realizado por la empresa Sistemas Integrales de Gestión Ambiental, S.C., cuyo objetivo es el desarrollo de criterios para la aplicación de una metodología para el monitoreo y evaluación de la reducción de emisiones de GEI, derivadas de ahorros de energía en viviendas de interés social y la propuesta para su implementación dentro del MDL programático del Protocolo de Kioto. El estudio aporta elementos para desarrollar procedimientos de prueba de adicionalidad, cálculo de línea base y monitoreo.

Asimismo analiza el Programa de Actividades de Vivienda Sustentable propuesto por la CONAVI, el cual cuenta con una metodología MDL planteada por la misma entidad y contempla la introducción de distintos paquetes tecnológicos en zonas climáticas representativas del territorio nacional.

Presenta una descripción de las tareas a seguir para la prueba de adicionalidad, entre ellas: a) identificación de posibles escenarios para el desarrollo de la vivienda de interés social en México y definición de una línea base de emisiones; b) análisis de barreras al desarrollo habitacional sustentable, tanto de tipo institucional y legal, como tecnológicas y económicas, y c) análisis de inversión o análisis financiero.

#### Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en la vivienda de interés social en México<sup>24</sup>

En 2007, el INE financió y coordinó la preparación de dicha guía, desarrollada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, cuyos objetivos fueron: a) analizar los beneficios energéticos y ambientales del uso de tecnologías eficientes

---

23 INE 2008c.

24 INE 2007a.

Cuadro V.22 Beneficios económicos y emisiones evitadas de CO<sub>2</sub> por el Programa Hipoteca Verde.

Ecotecnologías	Inversión en 110 mil viviendas (pesos)	Ahorro anual por vivienda			CO <sub>2</sub> evitado (anual/casa)
		En gasto (pesos)	Por unidad de medida	Subsidio evitado (pesos)	
Colectores solares	10.7 millones	2064	-	-	630.4 kg
Calentadores de gas	2.09 Millones	960	308 kg	743	339 kg
Lámparas ahorradoras	464 mil	336	261	363	96 kg
Dispositivos ahorradores de agua	229 mil	840	261 m <sup>3</sup>	-	35.8 kg
<b>Total</b>	<b>13.5 millones</b>	<b>4200</b>	<b>-</b>	<b>1107</b>	<b>1101.6 kg</b>
Beneficio total		462,000,000		121,717,200	121.2 kt

Fuente: Modificado de INFONAVIT 2009.

en viviendas de interés social, y b) realizar un análisis costo/beneficio de las medidas y tecnologías propuestas.

El estudio contribuye con los esfuerzos del Gobierno Federal en la oferta de vivienda económica, energéticamente eficiente y ecológicamente adecuada. Aporta elementos técnicos a los tomadores de decisiones de instituciones de financiamiento de vivienda de interés social en México, consolidándose como un pilar para el programa de Hipoteca Verde del INFONAVIT. Contiene información de los sistemas y ecotecnologías que se encuentran comercialmente disponibles en el país, describiendo su funcionamiento y beneficio económico en cuanto a ahorro de energía y agua, y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las medidas de ahorro de energía propuestas fueron: a) LFCs, b) aislamiento térmico, y c) equipo de aire acondicionado (Cuadro V.23). Los resultados del estudio señalan un ahorro promedio por vivienda de 1,476 kWh/año.

### Desarrollo de una Plataforma en Línea sobre Viviendas Sustentables (Portal de viviendas)

En 2009, el INE financió y coordinó el desarrollo del Portal de Vivienda Sustentable en línea, desarrollado por ENTE, cuyo objetivo es presentar información técnica sobre medidas de ahorro de energía y agua, disposición de residuos y manejo de áreas verdes, que aporte infor-

mación relevante a tomadores de decisiones, desarrolladores de vivienda y público (Figura V.3).

### Estudio comparativo de estufas mejoradas para sustentar un programa de intervención masiva en México<sup>25</sup>

En 2008, el INE financió y coordinó dicho estudio, realizado por el CMM con la participación del Grupo Interdisciplinario en Tecnología Rural Apropiada A.C. (GIRA), investigadores del CIEco de la UNAM, y consultores independientes.

Con base en experiencias de programas de evaluación de estufas mejoradas en diferentes partes del mundo, incluyendo México, se integró una matriz de evaluación de indicadores de tipo técnico, económico y social; considerando información de programas de dependencias gubernamentales e instituciones no gubernamentales. Con base en el resultado de la aplicación de la matriz de evaluación, se seleccionaron cuatro tipos de estufas mejoradas: Patsari fija, Onil, Mexalit y Citlalli; y se compararon con un fogón abierto.

Se elaboraron propuestas de métodos y procedimientos para la determinación de eficiencia energética, factores de emisión de CO<sub>2</sub>, ahorro de combustibles y reducción de contaminantes de las estufas mejoradas, con

<sup>25</sup> INE 2008d.

Figura V.3 Portal del INE sobre vivienda sustentable.



Fuente: <http://vivienda.ine.gob.mx>

base en estándares existentes y su posterior revisión y adecuación a condiciones de México.

Se diseñó y aplicó una encuesta para conocer los factores sociales, culturales y económicos que influyen en la aceptación de nuevas tecnologías para el uso de leña como combustible para cocción de alimentos y calefacción en hogares rurales de alta y muy alta marginación en el país. El estudio aporta elementos a los tomadores de decisiones para el diseño, implementación, monitoreo y evaluación de programas.

## 5.4 Sector forestal

### 5.4.1 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007–2012

En el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PSMAyRN) 2007-2012, se señala que en materia de mitigación de emisiones de GEI, se instrumenta-

rán acciones para la conservación de carbono forestal, la reducción de emisiones de GEI y la generación de conocimiento que permita fortalecer la formulación de políticas frente al cambio climático; mediante la instrumentación de: 1) líneas de acción, políticas y estrategias que sirvan de base para la elaboración del Programa Especial de Cambio Climático; 2) la contabilidad de las emisiones de GEI y plantear proyectos de reducción en las empresas públicas y privadas que utilicen el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) u otros mercados de carbono; 3) el desarrollo de proyectos de mitigación en la vegetación y el uso del suelo; y 4) desarrollo bioenergético.

Cabe mencionar que el sector uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, representa aproximadamente el 10% del total de emisiones de GEI del país para el 2006, provenientes principalmente de la combustión y descomposición de la biomasa aérea resultante de la conversión de ecosistemas forestales a otros usos y de bosques bajo algún sistema de manejo; mientras que las del sector agropecuario representan aproximadamente el

**Cuadro V.23 Beneficios anuales por el uso de tecnologías para el ahorro de energía y agua por vivienda en la Ciudad de México.**

	Ahorro	CO <sub>2</sub> evitado (kg)	Dinero ahorrado (\$)
Gas	322.08 (kg)	966.00	3,000.00
Electricidad	121.2 (kWh)	80.88	266.52
Agua	241.56 (m <sup>3</sup> )	53.64	642.00
Total		1,100.52	3,908.52

Fuente: INE 2007a.

6.4% para el año 2006. En estos sectores existe un gran potencial de mitigación de emisiones.

### Oportunidades de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero

En la ENACC 2007-2012, se identifican oportunidades sectoriales y acciones específicas en materia de mitigación en dos grandes áreas: a) generación y uso de energía, y b) vegetación y uso del suelo. Dentro del área de vegetación y uso del suelo, para conservar el carbono forestal y reducir las emisiones de GEI producidas por las actividades vinculadas con uso del suelo, cambio de uso del suelo, silvicultura, agricultura y ganadería se contemplan tres tipos de acciones: a) conservación de carbono, b) captura de carbono y c) sustitución de carbono.

Por su parte, el PECC 2009-2012 establece una meta de reducción de emisiones en las categorías de agricultura, bosques y otros usos del suelo de 15.3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq, lo que representa el 30% de la meta total de reducción del PECC al año 2012.

## 5.4.2 Principales acciones de mitigación

### Comisión Nacional Forestal

El Gobierno Federal puso en marcha el 20 de febrero de 2007 el Programa ProÁrbol, a cargo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). ProÁrbol es el principal programa federal de apoyo al sector forestal, que ordena en un solo esquema el otorgamiento de estímulos a los poseedores y propietarios de terrenos para realizar accio-

nes encaminadas a proteger, conservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos en bosques, selvas y zonas áridas (Presidencia 2009).

Por lo anterior, y teniendo en consideración que los ecosistemas forestales tienen una doble función, es decir, la captura y almacenamiento del CO<sub>2</sub> mediante el proceso de fotosíntesis, y la emisión de GEI cuando éstos son aprovechados o destruidos; la CONAFOR, a través de varios de los programas enmarcados dentro del ProÁrbol, ha establecido cuatro objetivos, diez estrategias y varias líneas de acción con el propósito de contribuir con los objetivos de reducción de emisiones, planteados en el PECC. La mayoría de estas estrategias y acciones ya se están llevando a cabo y algunas otras están en proceso de desarrollo (Cuadro V.24).

A continuación se describen los avances de algunos de los programas que ejecuta la CONAFOR a través del ProÁrbol, que de manera directa o indirecta contribuyen a la reducción a través de la captura de emisiones de GEI.

### Reforestación

Con el apoyo de ProÁrbol y de las comunidades forestales, la superficie reforestada durante 2007 y 2008 acumuló un total de 764,782 hectáreas (ha), de las cuales 714,378 fueron con fines de conservación; para este año se programó la reforestación de 435,318 ha, de las cuales 400 mil ha fueron para fines de conservación y 35,318 con fines comerciales. A mediados de este año se contaba con 16,180 ha reforestadas con fines comerciales. La reforestación con fines de conservación se ejecuta durante el segundo semestre del año, periodo en el

cual se cuenta con las condiciones de humedad requeridas para lograr mejores resultados en los niveles de supervivencia de las plantas (Presidencia 2009).

### Conservación y restauración de suelos forestales

Durante los años 2007 y 2008, se atendió una superficie de 155,940 ha con obras de conservación y restauración de suelos forestales. Entre los efectos directos de estas obras se encuentra el incremento de la infiltración del agua en el suelo, la recarga de los mantos acuíferos, la disminución de la velocidad de los escurrimientos superficiales y con ello, del potencial erosivo del agua, y la reducción de la pérdida paulatina de la fertilidad del suelo. Durante el primer semestre de este año se han ejecutado actividades de conservación y restauración de suelos en 27,534 ha, cifra que significa un avance de 68.8% de la meta anual.

Con estas obras se logrará retener hasta 29.8 ton/ ha/año de suelo y almacenar o infiltrar hasta 18.3 m<sup>3</sup>/ha de agua, lo que contribuye a contener los procesos erosivos, a mantener y/o mejorar las capacidades productivas de los suelos, a proteger la infraestructura hidroagrícola y a recargar los mantos acuíferos, lo cual se traduce en mejores condiciones para una producción sustentable y un uso eficiente de los recursos naturales.

### Diagnóstico y tratamiento fitosanitario

Durante los años 2007 y 2008, ProÁrbol apoyó los trabajos de diagnóstico y tratamiento fitosanitario en una superficie de 1,400,784 y 101,803 ha, respectivamente. Estas acciones han permitido mantener bajo control a las plagas y enfermedades forestales que afectan la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales. Para 2009, se programó el diagnóstico fitosanitario en 600 mil ha y el tratamiento de 40 mil ha, los avances al mes de junio significan 36.6% y 12.8%, respectivamente.

### Programa Nacional de Dendroenergía

Como parte de las acciones de la CONAFOR, surge en 2008 el Programa Nacional de Dendroenergía que tiene por objeto fomentar y apoyar el uso de la biomasa forestal para producir energía renovable, mediante aprovechamiento sustentable. Cuenta con dos componentes:

#### Estufas rurales ahorradoras de leña

Este componente del Programa tiene como objetivos: a) disminuir el consumo de leña para mitigar el impacto ambiental a los ecosistemas, ocasionado por la recolección o aprovechamiento inadecuado de leña para combustible; b) disminuir el riesgo de enfermedades respiratorias por la inhalación del humo; y c) contribuir a mejorar ingresos en el medio rural, disminuyendo los costos por recolección o compra de leña.

Cuadro V.24. Objetivos del ProÁrbol que contribuyen a la reducción a través de la captura de GEI en el sector.

Objetivo	Descripción
1	Mitigar las emisiones del sector forestal y las originadas por el cambio de uso del suelo mediante programas para la protección, conservación y manejo sustentable de los ecosistemas forestales y sus suelos.
2	Incrementar el potencial de los sumideros forestales de carbono a través de acciones de forestación y reforestación.
3	Estabilizar la frontera forestal-agropecuaria para reducir las emisiones de GEI provenientes de la conversión de superficies forestales a usos agropecuarios.
4	Reducir la incidencia de incendios forestales provocados por quemas agropecuarias y forestales.

Fuente: CONAFOR 2009.

Como puede observarse en el Cuadro V.25, la demanda de estufas ahorradoras de leña ha rebasado por mucho la capacidad de introducción.

Plantaciones de *Jatropha curcas*<sup>26</sup> para la producción de biodiesel

La CONAFOR, a través del ProÁrbol, apoya el establecimiento de 88 mil ha de plantaciones en varios estados de la República.

Entre los beneficios esperados destacan: a) el abastecimiento de hasta dos refinerías transformadoras de biodiesel; b) la creación de empresas del sector social y empresarial; y c) la generación de alrededor de 1,500 empleos permanentes por cada 10 mil ha de plantación (Cuadro V.26).

### **Programa de Plantaciones Forestales Comerciales**

El Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN) fortalece el establecimiento, cultivo y manejo de vegetación forestal en terrenos temporalmente forestales, y tiene como objetivo principal la producción de materias primas forestales destinadas a su industrialización y/o comercialización. Durante el periodo 2007 a 2008 ProÁrbol asignó apoyos para el establecimiento de 237.8 miles de ha a plantaciones forestales comerciales maderables y no maderables. Para 2009 se programó asignar apoyos para el establecimiento de 80 mil ha, con lo que se estima obtener una producción forestal maderable de 15.8 millones de m<sup>3</sup> durante el periodo de vida de los proyectos y ocho mil toneladas de productos no maderables, lo que favorecerá la generación de cuatro mil empleos permanentes. (Presidencia 2009).

---

<sup>26</sup> Arbusto caducifolio que pertenece a la familia Euphorbiaceae, conocido como piñón dulce, originario de México y Centroamérica. Se desarrolla bien en las regiones del trópico seco y trópico húmedo en altitudes que van del nivel del mar hasta los 800 msnm. Se adapta a suelos pobres de baja fertilidad y posee la capacidad de restaurar suelos erosionados por la gran cantidad de materia orgánica que produce.

### **Programa de Desarrollo Forestal Comunitario**

El Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (PROCYMAF) tiene como población objetivo los ejidos y comunidades, principalmente indígenas, que sean propietarios o poseedores de terrenos forestales. A partir de 2008, amplió su cobertura a 12 estados. Con este programa, la CONAFOR busca fortalecer los esquemas comunitarios de buen manejo forestal y contribuir a que los dueños y poseedores de esos recursos forestales incrementen sus alternativas de ingreso derivadas de esta actividad. Durante el segundo semestre de 2009, se realizan las asignaciones de apoyos a 350 ejidos y comunidades, así como la incorporación de 175 mil ha al manejo comunitario y de 481 mil ha al ordenamiento comunitario (Presidencia 2009).

### **Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación Forestal**

La mayor parte de las emisiones del sector forestal provienen de la deforestación y degradación forestal en los países en desarrollo, por lo que México está diseñando un proyecto piloto, que sirva como una actividad de demostración en la implementación de una estrategia de Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación Forestal (REDD, por sus siglas en inglés) utilizando para ello, los mecanismos de mercado disponibles (mercado voluntario) y/o futuros (mercado regulado en el marco de la CMNUCC), conforme al desarrollo de las negociaciones internacionales en el tema. La meta es incorporar 30 mil ha a un esquema piloto REDD que permita la reducción de emisiones asociadas a los fenómenos de deforestación y degradación forestal.

A partir de que México presentó su Idea de Proyecto de Preparación para REDD (R-PIN, por sus siglas en inglés) ante el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF, por sus siglas en inglés) del Banco Mundial y fue seleccionado para recibir un donativo por 200 mil USD, se dio inicio al proceso para el desarrollo de una Estrategia y un Plan Nacional para REDD. El proceso de formulación de la estrategia nacional REDD es coordinada por la CONAFOR con la participación de instituciones de investigación y educación superior, instituciones

Cuadro V.25 Resultados 2008 y avances 2009 del Programa de Estufas Rurales Ahorradoras de Leña de la CONAFOR.

Año	Concepto	Demanda	Meta	Logro	Emisiones evitadas por año (tCO <sub>2</sub> eq)
2008	Estufas	78,507	23,000	27,454	74,126
	Monto (millones de pesos)	116	35.00	38.80	-
2009	Estufas	375,380	23,000	42,854	115,706
	Monto (millones de pesos)	585.97	35.00	61.69	-

Fuente: Modificado de CONAFOR 2009.

Cuadro V.26 Apoyos de CONAFOR para el establecimiento de plantaciones de *Jatropha curcas* para la producción de biodiesel

Año	Superficie (hectáreas)	Beneficiarios ProÁrbol	Apoyos (millones de pesos)
2007	6,177.95	159	43.11
2008	3,450.00	156	46.25
2009	16,072.52	250	118.56
Total	25,700.47	565	207.92

Fuente: CONAFOR 2009.

de gobierno, organizaciones de productores forestales, así como organizaciones de la sociedad civil, y los trabajos se realizan en el seno del Comité Técnico Consultivo del Proyecto Servicios Ambientales del Bosque.

### Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) inició actividades el 5 de junio del 2000, como órgano desconcentrado de la SEMARNAT, encargado de la Administración de las Áreas Naturales Protegidas. La CONANP tiene como misión conservar el patrimonio natural de México mediante las Áreas Protegidas y otras modalidades, fomentando una cultura de la conservación y el desarrollo sustentable de las comunidades asentadas en su entorno.

#### Estrategia de Cambio Climático y Áreas Protegidas

En marzo del 2009 la CONANP estableció un área de Cambio Climático y Áreas Protegidas dentro de la Coordi-

nación de Asesores del Comisionado Nacional. En 2009 la CONANP desarrolla la *Estrategia de Cambio Climático y Áreas Protegidas* (ECCAP) que será presentada en 2010; como instrumento rector para integrar el tema de cambio climático en la planeación, gestión y operación de las áreas protegidas, así como la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad.

De manera paralela se han desarrollado trabajos de difusión, capacitación y sensibilización a nivel regional, con lo cual se desarrollan los primeros componentes de cambio climático que serán incluidos en los Programas de Manejo y Conservación de las Áreas Protegidas (AP) del país.

#### Programa de Manejo del Fuego en Áreas Protegidas

En 2008, se puso en marcha el *Programa de Manejo del Fuego en Áreas Protegidas de México*, el cual es un instrumento que contiene las bases conceptuales, jurídicas y operativas para atender la presencia del fuego en áreas protegidas, a partir de la misión de conservar el patrimonio natural del país, haciendo énfasis en la necesidad de

un enfoque de manejo del fuego por ecosistemas a fin de salvaguardar a éstos, su biodiversidad y los servicios ambientales asociados.

El Programa es también una de las principales herramientas para combatir y mitigar las emisiones generadas en el sector forestal, dentro de las áreas más importantes de conservación de México. Con el desarrollo de la ECCAP se planea apoyar las actividades de manejo del fuego y al mismo tiempo traducir y conocer, con el apoyo de otras instituciones y de la academia, las posibles contribuciones de este esfuerzo en términos de cambio climático.

## Mercados de carbono

El desarrollo de mercados de servicios ambientales (SA), en particular el de los bonos de carbono, principalmente los mercados voluntarios, está creando nuevas oportunidades para la movilización de recursos financieros desde los sectores privados y públicos dirigidos al combate de la deforestación, la pobreza y el deterioro de la tierra. En este ámbito, la CONANP ha identificado opciones concretas para utilizar herramientas de conservación eficientes y prácticas. Por esta razón se han diseñado y ejecutado tres proyectos piloto, orientados a la adaptación y mitigación en AP con diferentes características (Figura V.4):

1. Reserva de la Biosfera (RB) Sierra la Laguna en Baja California Sur.
2. Área de protección de Flora y Fauna Corredor Biológico (APFF CoBio) Chichinautzin, en el Estado de México, Morelos y Distrito Federal.
3. Reserva de la Biosfera (RB) Selva el Ocote en Chiapas.

Los objetivos de los proyectos son:

- Integrar información técnica y social de la situación actual de cada Área Natural Protegida (ANP) y del mercado de CO<sub>2</sub>.
- Generar y compartir conocimiento de la captura y mercadeo de CO<sub>2</sub>, con las organizaciones locales dentro de la ANP.

- Analizar la captura de CO<sub>2</sub> por actividades de deforestación evitada, reforestación y regeneración natural.
- Recolectar, evaluar y sistematizar la información relativa a la captura de carbono.

De acuerdo con algunas estimaciones, el desarrollo de las actividades de mitigación propuestas tiene un potencial total de reducción de emisiones de 6,964 ktCO<sub>2</sub> en las tres AP mencionadas (Cuadro V.27).

El mercado de servicios ambientales por captura de carbono, ha mostrado un importante crecimiento en los últimos años; mientras que el Mecanismo REDD se encuentra en las mesas de negociación internacional; de implementarse podría favorecer la reducción del cambio de uso de suelo alrededor de las AP, y permitir establecer corredores biológicos entre éstas.

Un componente importante en el desarrollo de la Estrategia Nacional de REDD es el diseño de al menos tres proyectos piloto en diferentes regiones del país, para evaluar la forma en que se pueden ejecutar a nivel regional.

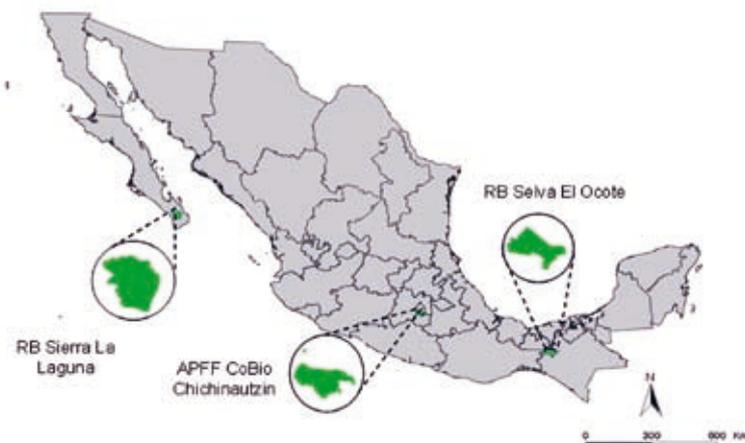
En este contexto, la CONANP impulsa actualmente el diseño de un proyecto piloto REDD en la Reserva de la Biosfera Selva el Ocote, en el estado de Chiapas. Para ello se propone usar el *Sistema Plan Vivo* (desarrollado en el proyecto Scolel Té, en el estado de Chiapas), el cual es un sistema para la venta de servicios ambientales por captura de carbono y deforestación evitada en el mercado voluntario.

Durante 2009, se instrumenta la primera fase del proyecto, que consiste en la selección de dos comunidades de la Reserva para el diseño de dos Planes Vivos Comunitarios, establecimiento de parcelas de monitoreo de carbono en suelos, de acuerdo a metodología del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC); fortalecimiento de capacidades a nivel comunitario y del personal de la Reserva, y la vinculación con actores e instituciones que fortalezcan la propuesta a nivel nacional.

## Mitigación a través de la creación de nuevas áreas protegidas

Las AP representan, además de refugios para la biodiversidad, sumideros de carbono de alta relevancia. La selección y decretos de nuevas áreas significan una garantía

Figura V.4. Proyectos piloto orientados a la mitigación y adaptación en AP



Cuadro V.27 Resultados de la estimación del potencial de mitigación de CO<sub>2</sub>

Área natural	Actividades a desarrollar	Potencial de mitigación (ktCO <sub>2</sub> )
Reserva de la Biosfera (RB) Sierra La Laguna	i. Programa de conservación y restauración de 8,000 ha degradadas en la zona de amortiguamiento, e ii. Implementación de sistemas agroforestales	264
Área de Protección de la Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin	i. Fortalecimiento de las medidas de protección del APFF Corredor Biológico Chichinautzin para evitar la pérdida de aproximadamente 5,000 ha de bosque intacto; ii. Restauración de 1,000 ha de bosques degradados, y iii. Establecimiento de sistemas agroforestales y cercos vivos en una superficie aproximada de 1,000 ha	700
Reserva de la Biosfera (RB) Selva El Ocote	i. Fortalecimiento de las medidas de protección de la Reserva para evitar la pérdida de aproximadamente 15,000 ha de cobertura forestal remanente en la zona de amortiguamiento; ii. Restauración de 5,000 ha de bosques degradados, y iii. Establecimiento de sistemas agroforestales y cercos vivos en una superficie aproximada de 1,000 ha	6,000
	Total	6,964

Fuente: CONANP, 2009.

para la estabilidad y mantenimiento de carbono en suelos y en la biomasa. Entre 2007 y 2009 se ha incrementado la superficie nacional bajo régimen de protección federal en aproximadamente 8.2%, lo que en términos de alma-

cenamiento promedio de carbono representa aproximadamente 142 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> De acuerdo a los valores de almacenamiento por ecosistema estimados por Ben de Jong El Colegio de la Frontera Sur (ECO-

## Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

La biodiversidad es uno de los elementos del medio físico más amenazados por el cambio climático. Los efectos del cambio climático en la biodiversidad son muy variados e incluyen la transformación, fragmentación, cambios en la distribución, ampliación y extinción de los ecosistemas, y por ende de las especies albergadas en ellos. Es por ello que México, al ser un país biológicamente megadiverso, dedica parte de los esfuerzos de investigación a la definición del grado de amenaza a que están expuestas las especies y los ecosistemas debido a los cambios en el clima en el futuro próximo, así como al conocimiento y monitoreo de dichas especies y ecosistemas, para tomar medidas de mitigación de emisiones de GEI y de adaptación a los efectos del cambio climático mediante la aplicación de políticas públicas adecuadas.

México cuenta con las siguientes herramientas para atender el tema del cambio climático y la biodiversidad:

- Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)
- Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB)
- Acervo cartográfico de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO)
- Portal de geoinformación

### Programa de Detección Temprana de Puntos de Calor

El Programa de Detección Temprana de Puntos de Calor dio inicio en 1999, y proporciona información diaria para la detección de incendios forestales y quemadas agrícolas que ocurren en el territorio mexicano y en Centro-

---

SUR). Para los ecosistemas de Baja California se utilizó un promedio de 100 t/ha de CO<sub>2</sub>eq.

américa, actualmente proporciona imágenes de satélite MODIS y de la NOAA, disponibles para el público en el sitio Web de la CONABIO.

## 5.4.3 Investigaciones

### Estudio para la restauración ambiental de microcuencas en ejidos ribereños del río Lacantún, Chiapas, como una forma de revertir el deterioro ecológico y contribuir al secuestro de carbono

Estudio financiado y coordinado por el INE y realizado por investigadores de la Facultad de Ciencias de la UNAM (INE, 2007b). El objetivo del presente estudio fue planificar medidas para la rehabilitación de las principales áreas de captación<sup>28</sup> de los ejidos ribereños ubicados en las áreas de influencia de la Reserva de la Biosfera Montes Azules (RBMA), para contribuir a mejorar la salud del ecosistema, e incidir positivamente en la captura de carbono.

La RBMA protege 331 mil hectáreas de Selva Lacandona, una de las regiones más importantes de México y América Septentrional, por su diversidad biológica y los servicios ambientales que genera.

Considerando que el fuego agropecuario es uno de los principales agentes de disturbio sobre los ecosistemas naturales de la región, incluso de la vegetación riparia, se elaboró una propuesta de reglamento de uso del fuego agropecuario para los ejidos.

La implementación de las propuestas de conservación y/o restauración planteadas en este estudio puede contribuir a la conservación de los bienes y servicios que prestan los ecosistemas forestales, como la conservación de especies animales y vegetales, la captura de agua, la conservación del suelo, y la captura y almacenamiento de carbono.

---

<sup>28</sup> Término que hace referencia a la base de la definición de cuenca como una unidad funcional de aguas provenientes de la precipitación pluvial.

## **Análisis comparativo de la deforestación de los ejidos de Marqués de Comillas, y determinación de corredores biológicos que conecten los fragmentos de selva de los ejidos con la Reserva de la Biosfera Montes Azules**

Estudio financiado y coordinado por el INE y realizado por investigadores de la Facultad de Ciencias de la UNAM (INE, 2008e). Este estudio desarrolló un análisis comparativo de la deforestación y la fragmentación en Marqués de Comillas entre los años 1986 y 2007, y su relación en la captura de carbono. La deforestación y la fragmentación se consideran las principales causas de la pérdida regional de biodiversidad.

Se identificaron categorías de uso de suelo para todo el periodo y se calculó la tasa de cambio de uso de suelo. La tasa media de pérdida de cobertura vegetal resultó del 3.5% para todo el periodo, con una variación de 0.9% para el periodo 1986-2000, y de 4.3% para 2000-2007. De continuar con estas tendencias para el año 2025 sólo quedarían un poco más de 29 mil ha, el 33% de la selva húmeda que había en 1986 y menos de la mitad de lo que hay hoy en día.

El diseño e implementación de corredores biológicos en la región sería una herramienta útil para el ordenamiento del territorio y la implementación de acciones que favorecieran la conservación de los manchones remanentes de selva dentro del municipio. Sin embargo, si no se consideran los componentes sociales y económicos asociados a este proceso de deterioro ambiental, ninguna herramienta será exitosa.

**Estado del arte en la producción de etanol celulósico, potencial de su producción y criterios ambientales y socio-económicos para su producción en México. Primera Etapa.**

Este estudio fue financiado y coordinado por el INE y realizado por investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa (INE, 2008f), y evaluó el potencial de producción de recursos lignocelulósicos en el país. Esta tarea consistió en estimar la cantidad de éstos por Entidad Federativa y por cultivo. Los resultados indican que los recursos lignocelulósicos están distribuidos de manera heterogénea, y debido a que cada cultivo ofrece diferente rendimiento de transformación a bioetanol, es relevante para la política nacional el análisis caso por caso para determinar los beneficios energéticos y ambientales de sustituir parcialmente la gasolina.

A nivel de investigación, han surgido nuevas áreas para tratar de resolver las limitaciones y restricciones que presentan los recursos lignocelulósicos. Los esfuerzos se están orientando a la búsqueda y desarrollo de cultivos agrícolas más eficientes y productivos en cantidad de biomasa por unidad de superficie al año. En esta área también hay investigadores que están intentando obtener plantas genéticamente modificadas que produzcan menos lignina. En el proceso de fermentación, los principales proyectos de investigación están orientados a la generación de bacterias y levaduras transgénicas con capacidad de transformar cualquier tipo de azúcar en bioetanol.

La investigación en México relacionada con etanol celulósico es escasa. De igual manera, como parte de este proyecto, se construyó un simulador de procesos para la obtención de etanol a partir de recursos lignocelulósicos.

## **5.5 Sector agrícola y pecuario**

### **5.5.1 Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario**

#### **Cambio climático y su impacto en el sector agropecuario**

El sector agropecuario tiene un gran potencial de mitigación de emisiones de GEI a través de la captura de carbono en el suelo y la biomasa de las tierras dedica-

das a actividades primarias, lo que puede ser realizado mediante la adopción de prácticas de producción sustentable.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) ha manifestado en su Programa Sectorial 2007-2012, que uno de sus cinco objetivos es el de revertir el deterioro de los ecosistemas, a través de acciones para preservar el agua, el suelo y la biodiversidad; y mediante diferentes programas promover prácticas sustentables que apoyan la disminución de emisiones, la captura de carbono y la adaptación a los efectos del cambio climático. Para apoyar el objetivo mencionado, la SAGARPA ha incluido conceptos de sustentabilidad en las reglas de operación de sus programas y cuenta con un área para atender los temas relativos al tema de cambio climático.

Para el sector agroalimentario es prioritario emprender acciones diversas ante los efectos del cambio climático que logren su atención integral. Para ello se requiere la aplicación de políticas sustentables que permitan el aprovechamiento de las capacidades de captura y secuestro de carbono en suelos agrícolas y pecuarios; así como la identificación de líneas de acción para la mitigación de emisiones y la adaptación ante el fenómeno.

## 5.5.2 Principales acciones de mitigación

### Sector agrícola

El sector agrícola y ganadero es una importante fuente de emisiones de metano y óxido nitroso (6.4% de las emisiones de GEI del total nacional). Sin embargo, el sector agrícola también presenta amplias oportunidades para la reducción de emisiones de GEI en virtud del gran potencial de captura y secuestro de carbono en suelos y vegetación.

Si bien en los últimos años se ha comenzado a trabajar con programas tendientes a la reconversión productiva en agricultura, el uso eficiente de fertilizantes, la aplicación de la labranza de conservación; existen otras medidas que pueden impulsarse, como el fomento a proyectos para la captura de carbono y reducción de las emisiones de óxido nitroso en la agricultura, la eliminación

del uso del fuego y la aplicación de la labranza cero.

Las áreas destinadas a las actividades agrícolas y pecuarias juegan un papel relevante en la lucha contra los efectos del cambio climático, y en la reducción de emisiones de GEI. Al mismo tiempo permiten el desarrollo de capacidades físicas de adaptación ante el fenómeno al preservar zonas de amortiguamiento de eventos climáticos extremos (SAGARPA 2007). A continuación se describen las principales acciones que se promueven.

### Conservación de suelo

La SAGARPA impulsa la realización de proyectos integrales con obras y prácticas de conservación y uso sustentable de suelo, agua y vegetación. En los dos últimos años se realizaron prácticas de conservación en 269,503 ha y se prevén 221,743 ha más en 2009.

Otra acción impulsada desde el sector agropecuario es la introducción de prácticas de labranza de conservación de suelos agrícolas mediante el apoyo para la adquisición de maquinaria para este fin. Entre los beneficios ambientales de estas prácticas se incluye la disminución de la erosión y de la pérdida de materia orgánica del suelo, pues implica dejar los restos de los cultivos en la tierra después de la cosecha, en lugar de ararlos o quemarlos así como la utilización de cultivos para proteger los suelos, lo que favorece el mantenimiento de los nutrientes, la conservación del agua por absorción e infiltración y la captura de carbono en la materia orgánica acumulada en los suelos. En tres años se ha fomentado esta práctica en 106,450 ha mediante el apoyo para la adquisición de 2,129 equipos de labranza.

Por otro lado, se ha iniciado la implementación de acciones conjuntas entre SEMARNAT y SAGARPA para el establecimiento de proyectos ecológicos relativos a la conservación, restauración o reforestación de la tierra, en municipios de alta prioridad (degradación de suelos), en predios registrados en el directorio del Programa de apoyos directos al campo (PROCAMPO). En 2008 se registraron 36,180 proyectos ecológicos bajo esta modalidad.

### Reconversión productiva

Mediante esta acción se apoya el reordenamiento de la producción y el reemplazo de monocultivos por cultivos de especies perennes, leñosas, pastos y policultivos (o cultivos intercalados). Esta acción también incluye conversiones de cultivos tradicionales a frutales u otras alternativas o mejoramiento de patrones ante enfermedades que acabarían con las plantaciones.

Además de promover el cambio hacia productos de mejor comercialización, con estas prácticas se logra una captura de carbono adicional por hectárea en producción, al mantener una cobertura constante que evita la erosión eólica, aumenta la biomasa por unidad de superficie, incrementa la estratificación de la vegetación y, con ello, provee un mayor número de nichos ecológicos para la fauna. Al promover la reconversión hacia cultivos con menores requerimientos hídricos o la reconversión hacia forrajes (que contribuye a una mayor retención de agua y a mejorar la estructura del suelo al incorporarse residuos de cosecha) se inducen medidas de adaptación frente a los escenarios de cambio en las condiciones climáticas. En los últimos tres años se han reconvertido 520,333 ha.

### **Cosecha en verde de caña de azúcar**

Se promueve la mecanización de la cosecha en verde de la caña de azúcar mediante el apoyo para la adquisición y uso de cosechadoras en verde, así como la elaboración y aplicación de compostas a base de cachaza de caña para el mejoramiento de los suelos. Esta mecanización contribuye a la eliminación de la práctica de quema de este cultivo para su cosecha, lo que reduce las emisiones de GEI y otros contaminantes a la atmósfera y favorece la recuperación de la fauna y flora de este nicho ecológico en un lapso de tiempo más corto. Se ha apoyado la adquisición de cosechadoras para atender un promedio de 151,900 ha (abril 2009) y se proyecta llegar a 188 mil ha en el año 2012.

### **Fomento a la utilización de energías renovables**

El objetivo es ampliar el uso de tecnologías aplicables a fuentes renovables de energía (solar, eólica y por biometano), buscando reducir costos de implementación e impulsar el desarrollo de aplicaciones productivas en el sector agropecuario. La energía solar (fotovoltaica) y la eólica constituyen opciones viables en áreas rurales donde aún no se cuenta con el servicio de energía eléctrica.

La SAGARPA se ha fijado como meta para el año 2012 instrumentar al menos 1,090 acciones para mejorar la eficiencia energética, y la utilización de energía renovable en proyectos del sector agrícola, pecuario y pesquero, que podrán utilizarse para bombeo de agua, radiocomunicaciones, iluminación, ventilación, carga de baterías para molinos, ordeñadoras, cercos eléctricos, etc. La estrategia central consiste en asistir técnicamente el desarrollo de proyectos agropecuarios demostrativos, cuyo conocimiento se difunda entre los productores. Para el 2009 se tiene considerado alcanzar 640 proyectos, de los cuales 190 serán de biodigestores y motogeneradores y 450 de sistemas de energía renovable.

### **Tierras de pastoreo**

La ganadería es la tercera fuente más importante de emisiones de  $\text{CH}_4$  en el país, y las principales medidas de mitigación aplicables a esta actividad se refieren a un manejo sustentable de las tierras de pastoreo y al manejo de productos derivados de la fermentación entérica y de las excretas de animales.

En México se practica alguna forma de ganadería en más de 100 millones de hectáreas y la SAGARPA promueve desde el año 2008 la mitigación de GEI apoyando prácticas de pastoreo planificado en 65 millones de estas hectáreas, con lo que, entre otras ventajas, busca incrementar la biomasa y captura de carbono en el suelo. Para apoyar estas actividades, se plantea realizar entre 2007

y 2012, un total de 500 estudios para la determinación de coeficientes de agostadero<sup>29</sup>, y para la recuperación, conservación, mejoramiento y uso racional de las tierras de pastoreo, así como desarrollar un sistema de información geográfica de las Unidades de Producción Pecuarias (UPP), para monitorear, medir y verificar la evolución del estado de los pastizales en una superficie comprometida en el PECC de 5 millones de ha.

Entre los apoyos al establecimiento, rehabilitación y conservación de las tierras de pastoreo se promueve a partir de 2009, la reforestación con cercos vivos y el cuidado de plantas nativas, fijando como mínimo la siembra o cuidado de 30 plantas (árboles de sombra, suculentas, arbustos, herbáceas, etc.) por cada Unidad Animal apoyada. Estas acciones en los próximos años aumentarán de modo sustentable la disponibilidad de forraje por unidad de superficie en tierras de pastoreo e incrementarán la biomasa media total por unidad de superficie.

Todas estas actividades son apoyadas por el componente sobre producción pecuaria sustentable y ordenamiento ganadero y apícola del Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera (PROGAN).

Adicionalmente, las emisiones de CH<sub>4</sub> resultantes de la actividad ganadera pueden reducirse al mejorar la disponibilidad, calidad y balance nutritivo del forraje, e incorporando técnicas y controles de alimentación en los que se utilicen alimentos equilibrados para lograr una digestión adecuada. Asimismo, la SAGARPA impulsa proyectos de infraestructura para la instalación de biodigestores que utilicen el metano generado como fuente alternativa de energía.

### Otros ejemplos de desarrollo sustentable en el sector agropecuario

Con el Gobierno de Chiapas se desarrollan proyectos de Reconversión Productiva para la Sostenibilidad, uno de los

---

<sup>29</sup> Número de hectáreas necesarias para alimentar una unidad animal manteniendo la máxima y óptima producción pecuaria en forma económica, permanente y sin deteriorar los recursos naturales que implica la explotación.

cuales es la reconversión de maíz de autoconsumo a producción forestal, en coordinación con el Programa ProÁrbol de CONAFOR, con una meta de 25 mil ha en 2009.

Otro ejemplo de implementación de prácticas sustentables en el sector agropecuario es la colaboración con SEMARNAT en la realización de acciones de sustentabilidad ambiental en los municipios que integran el Corredor Biológico Mesoamericano-México (CBM).

A través del Proyecto de Desarrollo Rural Sustentable en Corredores Biológicos de Chiapas, SAGARPA y el gobierno estatal realizan acciones en 25 mil ha, para frenar el avance de la agricultura y la ganadería en terrenos forestales y fomentar sistemas productivos sustentables que impliquen la incorporación de vegetación arbórea, mejores prácticas agroforestales, diversificación productiva y aprovechamiento forestal sustentable.

## Investigación y desarrollo en el sector agropecuario

### Estrategias de mitigación

El uso de fertilizantes constituye una importante fuente de emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que puede mitigarse mediante un uso más racional y la utilización de biofertilizantes. Para apoyar estas acciones, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) produce en 2009, un total de 1.5 millones de unidades de biofertilizantes para inducir su aplicación en igual número de hectáreas, y estima llegar a cubrir por lo menos 2 millones de hectáreas en el año 2012, año en que publicará también un Manual de Buenas Prácticas para el Uso de Fertilizantes.

### Colegio de Postgraduados

El Colegio de Postgraduados (COLPOS) es una institución educativa que genera, difunde y aplica conocimiento para el manejo sustentable de los recursos naturales, la producción de alimentos nutritivos e inoocuos, y el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

Una de sus líneas de investigación sobre el “Impacto y mitigación del cambio climático”, realiza actividades desde el año 2007, principalmente en cuatro sublíneas: i) modelación y monitoreo; ii) impacto del cambio climático; iii) mitigación de emisiones de GEI; e iv) implicaciones socioeconómicas. La mayoría de las investigaciones están relacionadas con los impactos del cambio climático en la producción agrícola así como en la captura de carbono en el sector forestal.

## Sector ganadero

### Conservación y recuperación de la cobertura vegetal en áreas de pastoreo

Las acciones desarrolladas en materia de ganadería se ubican en dos vertientes, la primera relacionada con la conservación y recuperación de la cobertura vegetal en áreas de pastoreo, y la segunda enfocada al secuestro y aprovechamiento de GEI.

La primer vertiente se inserta dentro del objetivo de SAGARPA de mejorar los ingresos de los productores incrementando nuestra presencia en los mercados globales, promoviendo los procesos de agregación de valor y la producción de energéticos.

La estrategia que se aplica para alcanzar este objetivo es apoyar el desarrollo de proyectos ganaderos sustentables, que minimicen el impacto ambiental de la ganadería bovina y apoyen la recuperación o mejoramiento de las áreas de pastoreo y la productividad del proceso de cría, incentivando al mismo tiempo la inversión por parte de los ganaderos.

Dentro de este objetivo se da atención a parte de la segunda vertiente, específicamente en lo relativo al aprovechamiento de los GEI, disponiéndose de la estrategia de operar programas integrales y corresponsables de apoyo a la inversión privada y social en proyectos de instalación y operación de equipos de cogeneración, mediante el aprovechamiento de biogás obtenido de biodigestores de explotaciones pecuarias.

### Secuestro y aprovechamiento de GEI

En cuanto a la segunda vertiente, ésta atiende al objetivo de SAGARPA de revertir el deterioro de los ecosistemas, a través de acciones para preservar el agua, el suelo y la biodiversidad, y la estrategia específica que se aplica es la de incentivar esquemas integrales y corresponsables de apoyo a la inversión privada y social, bajo proyectos de instalación y modernización de infraestructura y equipo para el tratamiento y aprovechamiento de excretas de explotaciones ganaderas (biodigestión), así como el acompañamiento técnico de los proyectos durante su puesta en marcha.

En los años 2007 y 2008, se aplicaron más de 70 millones de pesos, en apoyo a la construcción de 52 biodigestores en granjas porcinas, así como para la instalación de 70 equipos de cogeneración.

Durante el año 2009, se están aplicando 100 millones de pesos para complementar la inversión de productores en la construcción de 103 biodigestores en explotaciones porcinas y lecheras, así como en la instalación de 14 equipos de cogeneración.

En este punto es importante comentar que lo relacionado con la utilización de biogás se ha desarrollado en forma conjunta con el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) de la SAGARPA, dependencia que dispone de un área específica encargada de lo relacionado con energías renovables y que ha operado recursos de apoyo del Banco Mundial, logrando la preparación de técnicos y el desarrollo de capacidad propia de México en la construcción y operación de biodigestores.

## 5.6 Acciones transversales

### 5.6.1 La economía del cambio climático en México<sup>30</sup>

Este estudio fue publicado en 2009, a petición de las Secretarías de Hacienda y Crédito Público, y de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental). En él participaron el Centro Mario Molina, el Ins-

---

30 UNAM 2008.

tituto Nacional de Ecología y el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Los recursos financieros fueron otorgados por la SEMARNAT, la Cooperación Internacional de Reino Unido y del Banco Interamericano de Desarrollo. Se contó también con el apoyo técnico del Banco Mundial y de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas; y fue coordinado por la Facultad de Economía de la UNAM. El enfoque, la metodología y recomendaciones de política son responsabilidad del coordinador del estudio. En él se señala que es indispensable construir escenarios prospectivos sobre la evolución de la economía mexicana para los próximos cien años. Entre las principales conclusiones se encuentran:

1. El cambio climático tiene y tendrá impactos significativos, crecientes y no lineales en el tiempo en la economía mexicana.  
En general, se observa que los costos económicos de los impactos climáticos al 2100 son al menos tres veces superiores que los costos de mitigación de 50% de las emisiones de GEI de México. Por ejemplo, en uno de los escenarios considerados, con tasa de descuento del 4% anual, se observa que los impactos climáticos alcanzan, en promedio, el 6.22% del PIB actual, mientras que los costos de mitigación de 50% de las emisiones representan el 0.7% y 2.2% del PIB, a 10 y 30 dólares la tonelada de carbono, respectivamente.
2. El conjunto de resultados muestra que los costos de la inacción son más elevados que la participación en un acuerdo internacional equitativo, que reconozca las responsabilidades compartidas pero diferenciadas de los países, y que es indispensable una acción inmediata y decidida para abatir los peores impactos del cambio climático.
3. La construcción de una estrategia de adaptación y mitigación al cambio climático en México, debe reconocer la necesidad de utilizar diversos instrumentos en forma continua con una visión a largo plazo.
4. La economía mexicana, en los próximos años, tendrá que transitar a una trayectoria de crecimiento de baja intensidad de carbono como el resto de las economías del mundo, al mismo tiempo que realiza un proceso de adaptación que minimice los impactos del

cambio climático.

5. La solución al cambio climático implica corregir las condiciones que ocasionan esta gran externalidad negativa, lo que requiere la consolidación de un mercado internacional de carbono, ya sea a través de la imposición directa de impuestos al carbono, del uso de un sistema de permisos comercializables o directamente del establecimiento de regulaciones con este propósito, o incluso de un sistema híbrido que combine algunos de estos instrumentos.

### **5.6.2 Crecimiento de bajo carbono. Una ruta potencial para México (Low-carbon growth. A potential path for Mexico)**

En 2008, el CMM y la empresa consultora McKinsey presentaron dicho estudio, que evalúa el potencial de reducción de emisiones de GEI en México. El escenario base del estudio considera que las emisiones de GEI pasarán de 610 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq en 2005 a 1,095 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq en 2050. Las medidas de mitigación propuestas por el estudio permitirían reducir las emisiones de GEI a 268 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq en 2050, nivel que es consistente con un objetivo global de 2 toneladas de CO<sub>2</sub>eq per cápita que permitiría una estabilización de la concentración planetaria de CO<sub>2</sub> entre 450 y 500 ppm.

El estudio identifica 144 oportunidades de mitigación y su potencial de abatimiento, y contextualiza en una curva el costo por tonelada de CO<sub>2</sub>eq evitada (US\$/tCO<sub>2</sub>eq). El sector energético representa el 26% del total de las oportunidades de abatimiento; el sector transporte el 14%; el sector residuos 16%; el sector agrícola 11%; el sector forestal 10%; el sector industrial 16%; y 7% el sector residencial y comercial.

El estudio estima que el costo anual de implementación de las medidas es de 7,200 millones de dólares (Mdd) en el periodo 2011-2015, y de 18,000 Mdd

anuales en el periodo 2016-2030. Esto representa el 2.8% y 3.1% del PIB, respectivamente; gasto que estaría parcialmente compensado por los ahorros en el consumo de energía. Considerando lo anterior, el costo neto de la aplicación de las medidas para México sería de 4,900 Mdd anuales en el periodo 2011-2015, y de 2,800 Mdd anuales entre 2016-2030.

La curva de costos identifica 535 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq de emisiones anuales que pueden ser abatidas al 2030, de las cuales 215 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq pueden mitigarse a un costo negativo o cero<sup>31</sup>; y 320 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq a un costo por debajo de los 90 US\$/tCO<sub>2</sub>eq. El costo promedio ponderado de todas las oportunidades identificadas en este estudio es de 2 US\$/tCO<sub>2</sub>eq (Figura V.5).

Una de las recomendaciones más importantes de este estudio es la pronta aplicación de las medidas evaluadas.

Al 2030, el estudio plantea tres distintos horizontes para un desarrollo bajo en carbono: a) acciones cuyo costo por tonelada abatida es negativo o muy bajo, con un potencial de mitigación de 216 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq; b) un segundo que incluye medidas con una estrecha relación con la creación de infraestructura nueva, eficiente y limpia, con un potencial de 234 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq; y c) medidas con costos positivos y donde el logro de sus beneficios es incierto, con un potencial de 85 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

### 5.6.3 México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (Low-Carbon Development for México)<sup>32</sup>

Este estudio fue elaborado con fondos y asistencia técnica del Banco Mundial, y finalizado en 2009; con el objetivo de evaluar el potencial de reducción de emisiones de GEI en sectores clave de México, para desarrollar un escenario

<sup>31</sup> Este costo se calcula tomando en cuenta la inversión necesaria para implementar dicha estrategia, menos el costo de la alternativa más barata, pero con mayores emisiones de CO<sub>2</sub>eq y el ahorro que genere (ahorro en consumo de energía). Es por ello que algunas alternativas se presentan con costos negativos en el mediano y largo plazo.

<sup>32</sup> BM 2009.

de bajo carbono al 2030. Los sectores evaluados son: generación de energía, petróleo y gas, uso final de energía, transporte, agricultura y bosques.

El estudio presenta un escenario tendencial que estima un monto de emisiones que iría de 660 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq en 2008, a 1,137 en 2030.

Los criterios para seleccionar las alternativas de reducción de emisiones de GEI fueron los siguientes: a) un potencial no menor a 5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq; b) bajos costos financieros y económicos, con un máximo de 25 USD/tCO<sub>2</sub>eq, teniendo prioridad las intervenciones que presentan beneficios netos; y c) la factibilidad de realizarse en el corto y mediano plazos.

El estudio evalúa 40 alternativas de reducción de emisiones de GEI, con un potencial de 477 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq al 2030 (Figura V.6). El total de reducción de emisiones proviene de los sectores: agricultura y bosques (150 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, 32.9%); transporte (131 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, 29.6%); generación de energía (129 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, 27.5%); uso final de energía (38 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, 6.5%); y petróleo y gas (30 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, 3.4%).

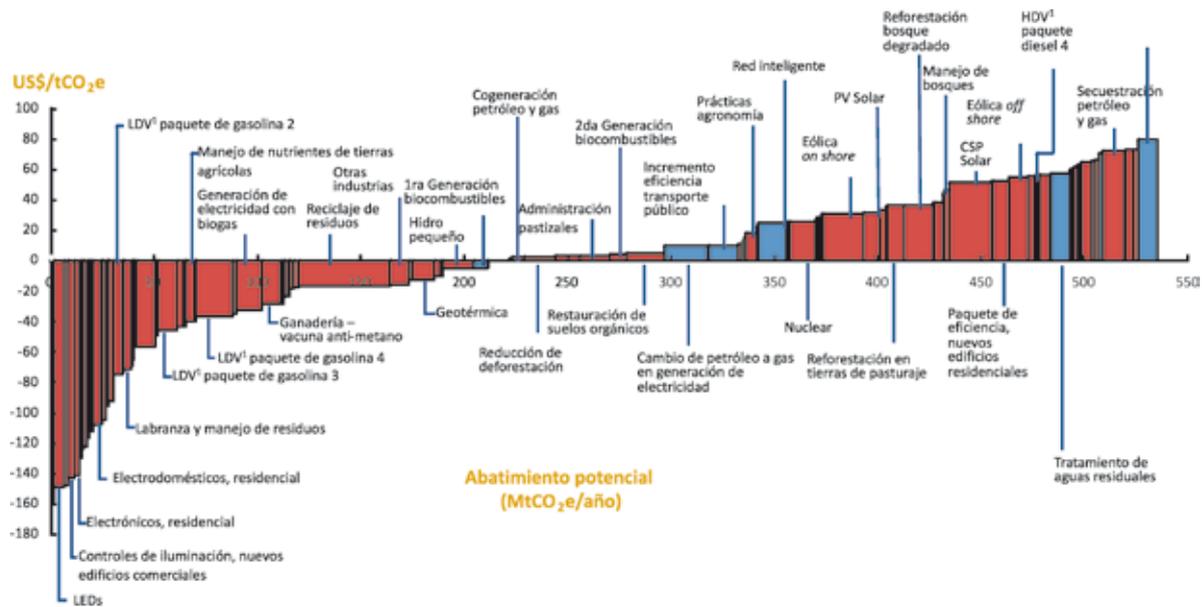
El estudio presenta una curva de costos marginales de las diferentes medidas contempladas (Figura V.7). Cerca de la mitad del potencial de reducción de emisiones (equivalente a 26 alternativas) tienen beneficios netos positivos.

El estudio señala que existe una serie de barreras regulatorias, institucionales y de mercado que inhiben la aplicación de las medidas de mitigación de GEI evaluadas; la mayoría de éstas tienen un valor presente neto positivo, sin embargo, requieren de altos costos iniciales. El escenario de bajo carbono estima inversiones de 64,000 millones de dólares en el periodo 2009 - 2030, equivalente a 0.4% del PIB nacional en 2008.

### 5.6.4 El cambio climático en México y el potencial de reducción de emisiones por sectores<sup>33</sup>

<sup>33</sup> Quadri 2008.

Figura V.5 Curva de costos estimados de abatimiento para México – 2030.



1 LDV: vehículos de carga ligera, HDV: vehículos de carga pesada

Fuente: CMM-McKinsey 2008.

En 2008, este estudio identificó tendencias de emisiones de GEI y construye un escenario de línea base para diversos sectores al 2020. Evalúa medidas de mitigación en cada sector, así como parámetros de costo promedio unitario por tonelada reducida de CO<sub>2</sub>eq.

El estudio concluye que las mayores oportunidades de mitigación se encuentran en el sector transporte, con la eliminación de los subsidios a los combustibles y/o su homologación con precios que rigen en otros países emergentes o desarrollados. También, es posible reducir grandes volúmenes de emisiones a bajo costo en actividades generadoras de CH<sub>4</sub> (emisiones fugitivas en PEMEX, plantas de tratamiento de aguas residuales, rellenos sanitarios e instalaciones pecuarias).

Además señala que la deforestación evitada tiene un elevado potencial de reducción de emisiones de GEI al 2020 a costos monetarios extremadamente bajos, incluso con costos negativos si se cuantificarán los beneficios derivados de la conservación de la biodiversidad, la protección de cuencas, valores escénicos y paisajísticos, así como otros servicios

ambientales.

En la generación de electricidad, la energía eólica es capaz de hacer una contribución significativa a la oferta nacional de electricidad a costos competitivos, y con ello reducir notablemente las emisiones de GEI del SEN hacia el 2020.

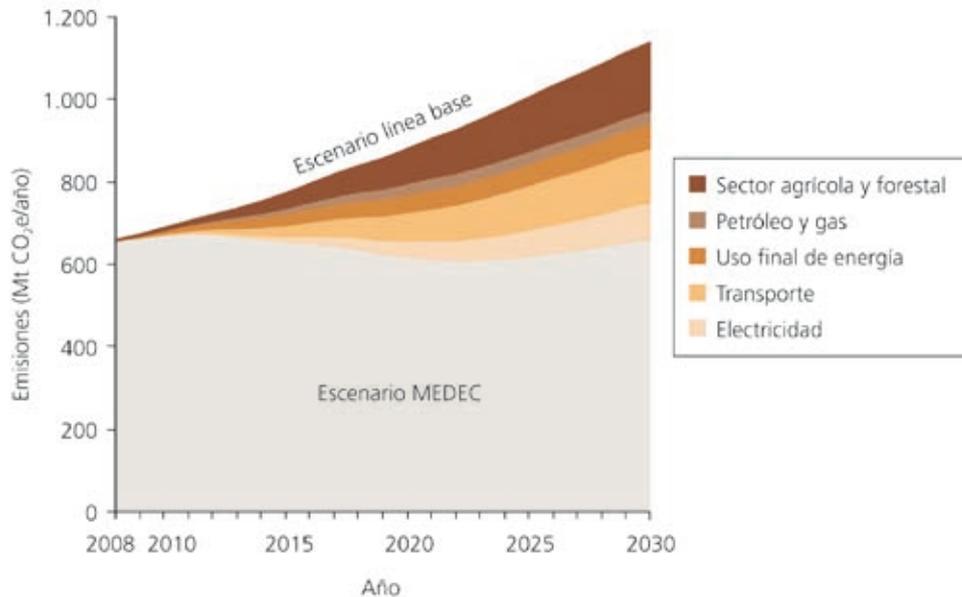
El estudio concluye que México podría mantener sus emisiones estables a lo largo de la próxima década empujando algunas políticas cuyo costo sería notablemente bajo.

La línea base para las emisiones al 2020 y el escenario de mitigación con las medidas propuestas se muestran en la Figura V.8.

El estudio presenta curvas de costo marginal, donde se muestran las acciones de reducción de emisiones identificadas por sector, y el potencial y costo por tonelada de CO<sub>2</sub>eq abatida (Figura V.9).

El estudio señala que la configuración de la política pública en torno al cambio climático debe estar caracterizada por cuatro elementos: 1) intervención a través del sistema de precios (impuestos, subsidios, otros incentivos, mercados); 2) limitaciones cuantitativas a través de la regulación;

Figura V.6 Curva de línea base y abatimientos al 2030.



Fuente: BM 2009.

3) contratos con particulares, en especial, propietarios de tierras forestales; y 4) asignación de presupuestos del Estado para regímenes de incentivos o fomento, proyectos o programas de infraestructuras, equipamientos, tecnologías, y contratos con propietarios de las tierras.

### 5.6.5 Potenciales y viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para el transporte en México

En 2006, la SENER coordinó dicho estudio elaborado con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), el cual evalúa la conversión a etanol a partir de caña de azúcar, maíz, yuca, sorgo y remolacha azucarera, con las tecnologías maduras existentes.

El estudio concluye que la caña de azúcar es el cultivo más promisorio para la producción de etanol, que podría ser complementada con otros cultivos a mediano y largo plazos, con base en criterios de selección que incluyen: la disponibilidad de una tecnología madura, costos, necesidades de inversión, superficie requerida, índice de energía neta, emisiones y mitigación de GEI.

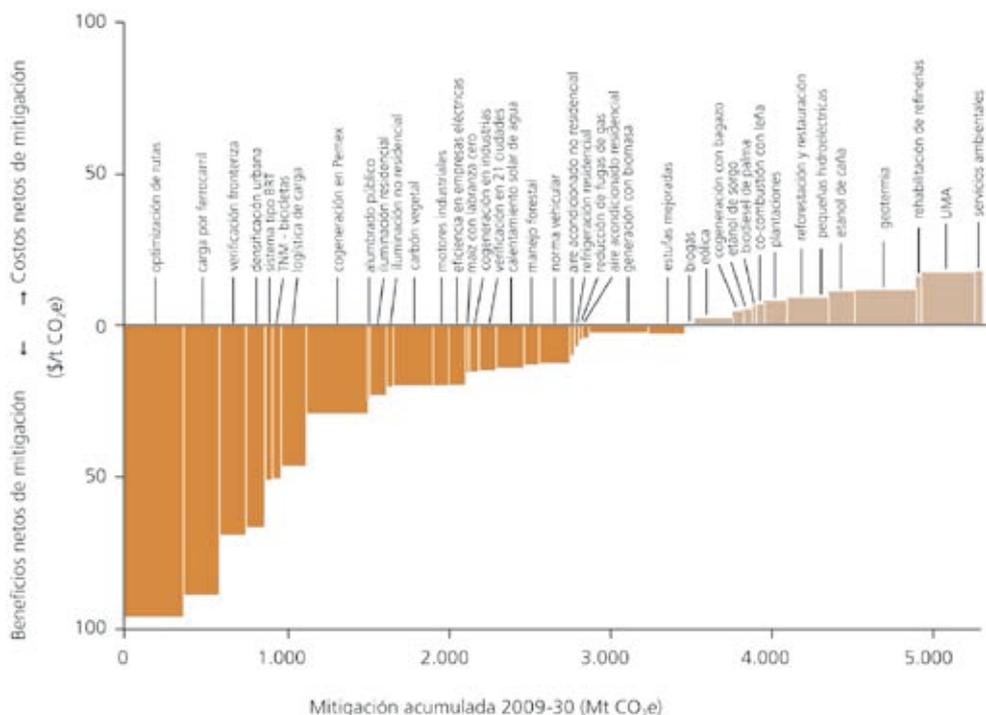
El estudio analiza como insumos para la producción de biodiesel a la semilla de colza, soya, jatropha, girasol y cártamo, así como el uso de sebo animal y aceite reciclado; concluye que su producción a partir de jatropha es técnicamente viable, aunque no se tiene tanta experiencia a nivel internacional.

### 5.6.6 Programa de contabilidad y reporte de emisiones de gases efecto invernadero-Programa GEI México

El Programa GEI México inició en el año 2004 como un programa piloto. Debido a los resultados obtenidos, se estableció como permanente y de carácter voluntario en 2006. El Programa es implementado de manera conjunta entre la SEMARNAT y el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) como uno de los esfuerzos orientados a la elaboración de inventarios de emisiones de GEI, e identificación de oportunidades de mejora de procesos y de mitigación por parte del sector empresarial.

Al 2008, el Programa registró 70 empresas e instituciones de las cuales 48 presentaron sus informes corpo-

Figura V.7 Curva de costos marginales de abatimiento.



Fuente: BM 2009.

rativos que en conjunto contabilizan 118 millones de ton CO<sub>2</sub>eq, que representan un 18% de las emisiones totales de México, y un 26% de las emisiones por generación y uso de energía. Dentro de estas 70 empresas, 5 participan en el MDL.

### 5.6.7 Iniciativa Metano a Mercados

Desde 2005, México es miembro del Comité Directivo y participa activamente en la Iniciativa Metano a Mercados (M2M por sus siglas en inglés), coordinada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Esta Iniciativa está dirigida a fomentar el desarrollo e implementación de proyectos para mitigar las emisiones de CH<sub>4</sub> y promover el desarrollo de mercados de carbono.

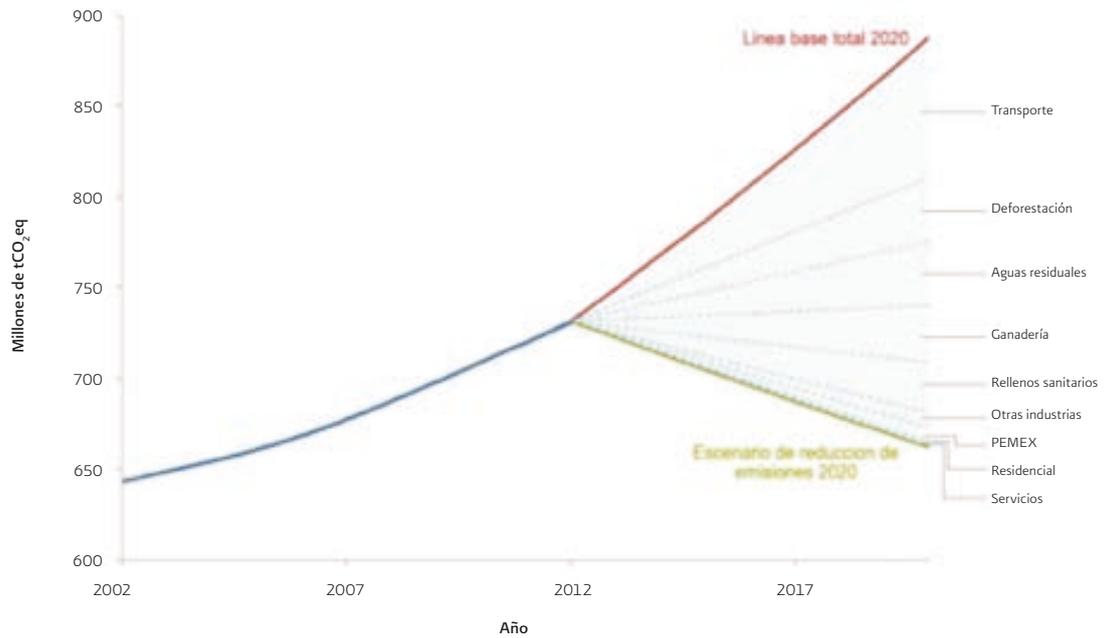
M2M tiene como objetivos: a) impulsar el crecimiento económico regional a través del desarrollo de capacidades locales para la implementación de proyectos productivos con base en la recuperación y el uso de

CH<sub>4</sub> como fuente de energía; b) fortalecer las capacidades técnicas que permitan el desarrollo de proyectos económicamente atractivos; c) reducir las emisiones de CH<sub>4</sub>; d) promover la seguridad energética, y e) mejorar las condiciones de la calidad del aire a nivel local.

En México, la SEMARNAT es la entidad encargada de coordinar las actividades y programas de cada uno de los subcomités que conforman esta iniciativa, los cuales representan los sectores económicos con mayor participación en la generación de CH<sub>4</sub>: Subcomités de Minas, de Petróleo y Gas, de Residuos Agropecuarios, y de Rellenos Sanitarios. Entre las actividades más relevantes en el periodo 2007-2009 se encuentran:

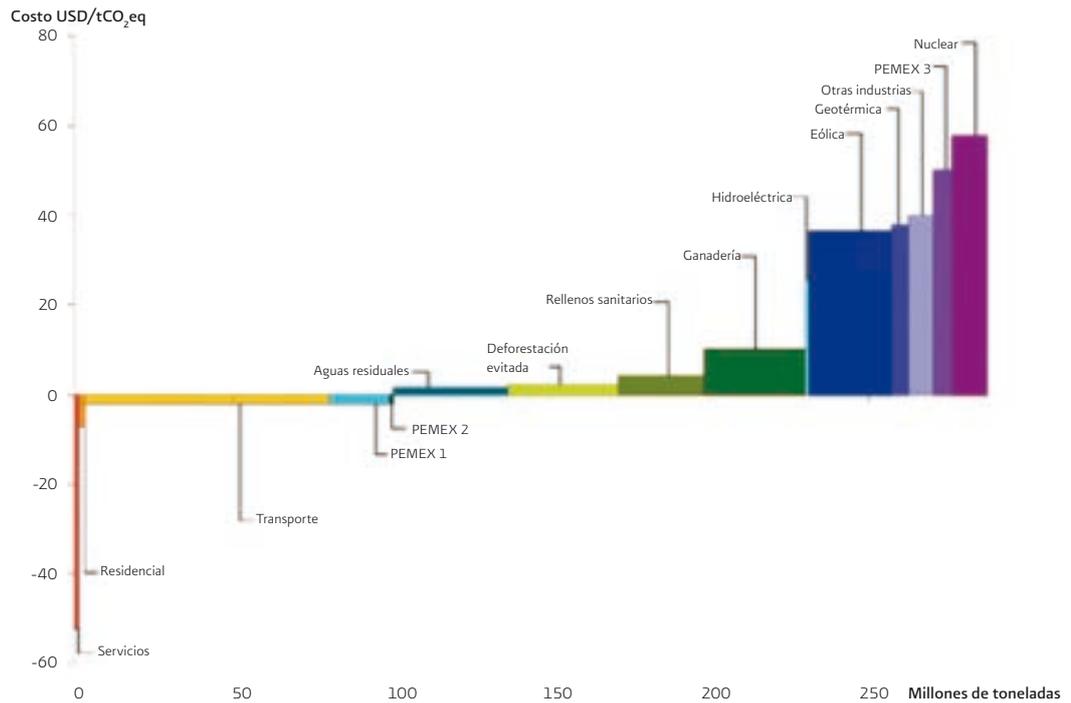
- Identificación e implementación de un proyecto con un potencial de reducción de emisiones de 863,000 toneladas de CO<sub>2</sub>eq anuales en la mina de carbón de Sabinas, Coahuila.
- Elaboración de inventarios de emisiones de CH<sub>4</sub> y diag-

Figura V. 8 Escenario 2020: línea base y reducción de emisiones.



Fuente: Quadri 2008.

Figura V.9 Curva de costos marginales de reducción de emisiones en México al 2020 (Quadri 2008).



Fuente: Quadri 2008.

nósticos energéticos, por parte del Subcomité de Petróleo y Gas de PEMEX, para cinco complejos procesadores de gas (Nuevo PEMEX, Ciudad PEMEX, Cactus, Poza Rica y Burgos) de PGPB; la estación de compresión de gas Cunduacán de PEP y el Complejo Petroquímico Cosoleacaque de PPO, con un potencial de mitigación de 3.7 millones de toneladas CO<sub>2</sub>eq anuales.

- Desarrollo de un proyecto piloto de sustitución de sellos en compresores en dos instalaciones, con un potencial de mitigación de 35,000 toneladas de CO<sub>2</sub>eq anuales.
- Desarrollo de cinco proyectos de residuos agropecuarios con reducción de emisiones de 185 toneladas de CO<sub>2</sub>eq anuales.
- Conclusión de cuatro estudios de prefactibilidad de rellenos sanitarios en las ciudades de Ensenada, Nuevo Laredo, Nogales y Saltillo, con reducciones estimadas de 235 mil toneladas de CO<sub>2</sub>eq anuales.

### 5.6.8 Acciones de mitigación de GEI en la Ciudad de México

En 2008 se publicó el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012 (PACCM), cuyo objetivo general es integrar, coordinar e impulsar acciones públicas para disminuir los riesgos ambientales, sociales y económicos derivados del cambio climático, y promover el bienestar de la población mediante la reducción de emisiones y captura de GEI.

En el primer año de aplicación del PACCM (junio 2008 a junio 2009) se logró la reducción de 756,768 toneladas de CO<sub>2</sub>eq, lo que representa el 2% de las emisiones totales de GEI en la Ciudad de México (Cuadro V.28).

### 5.6.9 Proyectos MDL en México

Entre septiembre de 2008 y agosto de 2009, 12 proyectos de México obtuvieron registro ante la Junta Ejecutiva del MDL del Protocolo de Kioto, incrementándose a un total de 118 el número de proyectos registrados. De éstos, 20 reciben Reducciones Certificadas de Emisiones (RCEs). Con ello, se incrementaron en 53% las toneladas de CO<sub>2</sub>eq mitigadas y registradas ante la Junta Ejecutiva del MDL, al pasar de 3.8 a 5.8 millones de toneladas

de manera acumulada. En ese mismo lapso se otorgaron cartas de aprobación de la CICC a 22 proyectos, con lo que el número acumulado de proyectos al mes de agosto de 2009 asciende a 217 (Presidencia 2009).

A nivel internacional México participa con 7% de los proyectos MDL y ocupa el 4° lugar por el número de proyectos registrados, la 5ª posición por el volumen de RCEs esperadas y el 5° por el volumen de RCEs obtenidas (Presidencia 2009).

En el Cuadro V.29 se presentan los Proyectos MDL registrados al 5 de octubre de 2009 con las RCEs obtenidas y esperadas.

### 5.6.10 Biocombustibles

En México, el tema de los biocombustibles ha adquirido cada vez mayor relevancia, al igual que en muchas partes del mundo, al considerarse como una opción tecnológica que podría favorecer a los productores agrícolas, a la vez que potencialmente complementa la oferta de energéticos, incluso con implicaciones ambientales favorables. Las autoridades competentes en esa materia y otros actores han expresado su preocupación por asegurar que se avance sobre todo en el entendimiento de las consideraciones y criterios para la aplicación de esta tecnología de forma sustentable. En cuanto a las emisiones de GEI, es de interés asegurar que durante el ciclo completo de los biocombustibles que se produzcan y consuman en las condiciones particulares de México, éstas no se incrementen con referencia a las que se tienen con los combustibles tradicionales.

El Congreso de la Unión aprobó en febrero de 2008, la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB), y en junio de 2009 su Reglamento. En su texto se le otorgan a la SEMARNAT diversas atribuciones, permitiéndosele asegurar que los biocombustibles que se produzcan o se consuman en México no ocasionen impactos ambientales severos, a través de la distinción entre las diferentes posibilidades y el establecimiento de criterios ambientales para la generación de insumos, producción y uso final de los biocombustibles.

La LPDB tuvo como motivación inicial el promover la

agroindustria nacional a partir de la instalación de plantas industriales para el procesamiento de los productos agropecuarios, a partir de las distintas materias primas que se producen en el país, y con ello fomentar la creación de cadenas productivas relacionadas con los biocombustibles impulsando la producción, tecnificación, investigación, comercialización y el empleo.

La LPDB, conforme a su Artículo 1º, tiene por objeto “la promoción y desarrollo de los bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable como condiciones que permiten garantizar el apoyo al campo mexicano”.

Aún cuando el perfil de esta Ley aparece orientado hacia el campo, la agricultura y el medio rural, reconoce las necesidades intersectoriales para la atención al tema de los bioenergéticos y cuenta entre sus autoridades ejecutoras a la SENER, la SAGARPA y la SEMARNAT. Esta Ley crea una Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos, que tiene algunas facultades generales que incluyen el desarrollo de programas e instrumentos de política para impulsar la producción y uso sustentable de los biocombustibles.

Tal y como lo ordena la LPDB, tanto la SENER como la SAGARPA están elaborando programas de corto, mediano y largo plazos, relacionados con la producción y

comercialización de insumos, y con la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de bioenergéticos, y en el caso de la SEMARNAT, se están desarrollando los criterios y lineamientos para vigilar que estos procesos se realicen de manera sustentable.

A continuación se enumeran los principales programas e instrumentos:

- Estrategia Intersecretarial de Bioenergéticos
- Programa de Introducción de Bioenergéticos de la SENER
- Programa para el uso de Biodiesel en México de PEMEX
- Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico de la SAGARPA
- Consideraciones ambientales para la promoción y desarrollo de biocombustibles en México de la SEMARNAT

## 5.7 Investigaciones realizadas sobre escenarios de emisiones de gases de efecto

Cuadro V.28 Acciones de mitigación de emisiones de GEI en la Ciudad de México.

Sector transporte	
Acciones	Reducción de emisiones tCO <sub>2</sub> eq
Programa Hoy No Circula	547,400
Reemplazo de 35,043 taxis	100,083
Reemplazo de 305 microbuses	3,050
Reemplazo de 166 autobuses de RTP	12,246
Línea 1 del Metrobús	67,387
Subtotal transporte	730,166
Sector energía	
Aplicación de la norma para el aprovechamiento para la energía solar (7,000 m <sup>2</sup> de colectores solares)	26,000
Programa de Vivienda Sustentable (1,294 viviendas)	602
Subtotal energía	26,602
<b>Total</b>	<b>756,768</b>

Fuente: Elaboración propia, con información de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal 2009.

Cuadro V.29 Proyectos MDL en México.

Proyecto MDL por Categoría	RCEs emitidas de proyectos registrados		Proyectos registrados ante la Junta Ejecutiva del MDL		Proyectos con Carta de Aprobación que no han sido registrados		Anteproyectos con Carta de No Objeción que no tienen Carta de Aprobación	
	RCEs obtenidas		Promedio anual de RCEs esperadas		Promedio anual de RCEs esperadas		Promedio anual de RCEs esperadas	
	No.	tCO <sub>2</sub> eq/año	No.	tCO <sub>2</sub> eq/año	No.	tCO <sub>2</sub> eq/año	No.	tCO <sub>2</sub> eq/año
Eólico			8	2,434,730	3	315,441	9	2,375,086
Hidroeléctrico	2	141,271	3	118,844	7	214,396	15	2,866,898
Geotérmico							3	240,767
Solar							1	103,381
Cogeneración			3	265,678	12	746,810	41	10,840,780
Eficiencia Energética								
Sustitución de combustibles					3	221,839	3	357,197
Distribución de electricidad							1	266,535
Emisiones fugitivas de metano					2	664,233	3	865,423
Transporte					1	25,887	1	170,000
Emisiones de gases industriales	1	4,789,363	1	2,155,363	3	1,831,718	4	800,773
Manejo de residuos en granjas porcícolas	16	786,433	74	2,253,434	20	583,547	2	28,500
Manejo de residuos en establos de ganado vacuno			17	160,441	8	331,017	1	32,000
Rellenos sanitarios	1	125,591	11	1,544,907	16	1,685,025	17	3,132,965
Tratamiento de agua residual			1	15,153	3	102,453	3	916,906

Cuadro V.29 Continúa.

Proyecto MDL por Categoría	RCEs emitidas de proyectos registrados		Proyectos registrados ante la Junta Ejecutiva del MDL		Proyectos con Carta de Aprobación que no han sido registrados		Anteproyectos con Carta de No Objeción que no tienen Carta de Aprobación	
	RCEs obtenidas		Promedio anual de RCEs esperadas		Promedio anual de RCEs esperadas		Promedio anual de RCEs esperadas	
	No.	tCO <sub>2</sub> eq/año	No.	tCO <sub>2</sub> eq/año	No.	tCO <sub>2</sub> eq/año	No.	tCO <sub>2</sub> eq/año
Reforestación-forestación							5	971,491
Reinyección de gas amargo en pozos petroleros							1	22,549,810
Subtotal proyectos	20	5,842,658	118	8,948,550	78	6,722,365	110	46,518,512
Subtotal MDL Programático			1	24,283				
Total al 5 de octubre de 2009			119	8,972,833				

Fuente: SEMARNAT 2009.

## invernadero

### 5.7.1 Escenarios de emisiones de GEI en el mediano y largo plazos 2020, 2050 y 2070

En 2009, el INE financió y coordinó dicho estudio, elaborado por el IMP, cuyo objetivo es construir escenarios de emisiones de GEI del sector energético mexicano para los años 2020, 2050 y 2070. El estudio construye un escenario de línea base y dos escenarios alternos de emisiones de GEI para el sector energético de México.

Los subsectores considerados son: a) demanda de energía en manufactura y construcción, transporte, residencial, comercial, público y agropecuario; b) uso

de energía en las industrias productoras de energía, incluida la generación de electricidad; y c) emisiones fugitivas de las industrias petrolera, de gas natural y de carbón.

En la construcción del escenario base de emisiones se tomó como referencia el INEGEI 1990-2006 y los consumos de energía informados en el Sistema de Información Energética de la SENER al año 2008. Para la construcción de los escenarios de emisiones de GEI se utilizó la plataforma computacional LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System).

#### Consideraciones

##### Escenario base

El escenario base considera una reducción del PIB de 7%

para el 2009 y un crecimiento de 3% al 2010. Para la proyección de emisiones al año 2017 se consideran la tendencia de la intensidad energética observada en los últimos quince años y un crecimiento de la demanda de electricidad de 3.3% anual.

Se consideran las tecnologías de generación de electricidad enlistadas en los documentos de planeación de la Comisión Federal de Electricidad para el periodo 2009 al 2018, así como las Prospectivas 2008-2017 de: petróleo; petrolíferos; y de los mercados de gas licuado y de gas natural publicados por la Secretaría de Energía.

Para el periodo 2018-2030 se consideró un crecimiento de 3.5% anual del PIB, 3.3% anual en la década 2031-2040, 3% anual en el periodo 2041-2050, y 2.6% anual en 2051-2070.

El crecimiento demográfico para la construcción de los escenarios de emisiones, considera las cifras del Consejo Nacional de Población (CONAPO) hasta el año 2050, y un decremento de 0.18% anual para el periodo 2050-2070.

Para la transformación de energía, el modelo LEAP incluye la producción de carbón; petróleo; gas natural; generación de electricidad; así como de refinación de petróleo; de tratamiento de gas; coquizadoras; transporte de crudo; y la transmisión de electricidad.

Se incluyeron las reservas nacionales estimadas de carbón, petróleo y gas natural al 2009; y las capacidades de producción de gas asociado y no asociado, y de petróleo, estimadas en las prospectivas 2008-2017; así como las de generación eléctrica, refinación y tratamiento de gas de las prospectivas de los diferentes energéticos hasta el año 2017 (Figura V.10).

### Escenarios alternos

El estudio construye dos escenarios alternos de crecimiento económico, uno con crecimiento anual del PIB de 4.9%, llamado PIB alto; y otro con crecimiento anual bajo del PIB de 2.9%, en concordancia al estudio "La Economía del Cambio Climático en México" (véase Apartado 5.6.1).

La intensidad energética del sector industrial se mantuvo igual a la intensidad del escenario base, sin

embargo la producción de dicho sector aumentó de manera proporcional al PIB de cada escenario. En el sector residencial, la demanda se modificó por la intensidad con la que se utilizan electrodomésticos en función del aumento supuesto del PIB para cada escenario. Las capacidades de las plantas de generación se modificaron en el caso del escenario de PIB alto para evitar la importación de electricidad. La consideración del estudio sobre las capacidades de las plantas de gas y refinerías son similares a las del escenario base.

El estudio estima que en 2030, las emisiones del sector energético mexicano serán de 810 a 970 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, y de 1,050 a 1,300 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq en 2050 (Figura V.11).

## 5.7.2 Estudio sobre el impacto de fuentes renovables de energía en las emisiones de GEI en el mediano y largo plazos en México

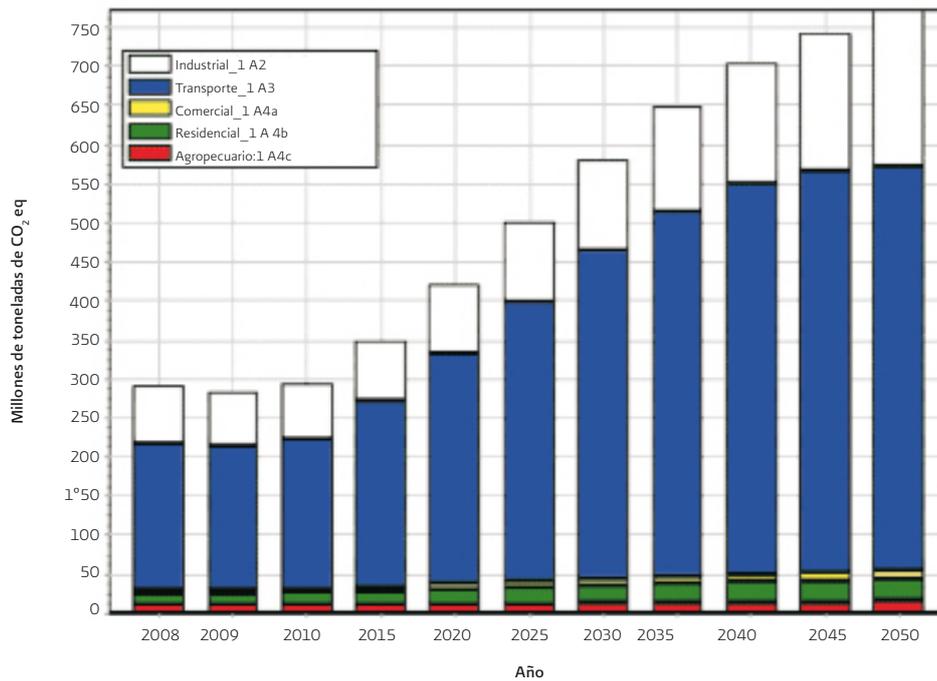
En 2009, el INE financió y coordinó dicho estudio desarrollado por el IIE, cuyo objetivo fue estimar el impacto del uso de las energías renovables en las emisiones de GEI del sector energético mexicano en el mediano y largo plazos. Para tal fin, se elaboraron escenarios de emisiones de GEI que incorporan el uso de energías renovables y medidas de mitigación de GEI, empleándose la plataforma LEAP del Instituto Ambiental de Estocolmo. El estudio desarrolla los siguientes escenarios:

- Escenarios tendenciales "Business as Usual" (BAU).
- Escenarios de "Mitigación" (MIT).
- Escenarios más agresivos de reducción de emisiones de GEI "Mitigación Extra" (MIT Ex).

Cada escenario considera tres crecimientos económicos del PIB (alto, medio y bajo). En las proyecciones económicas se partió del PIB del año base 2007 con valor de 8.8 billones de pesos de 2003, equivalentes a 983,312 millones de dólares de 2007.

Para la proyección demográfica, el estudio consideró los datos del CONAPO al 2050 y una extrapolación para el periodo 2050-2070.

Figura V.10 Emisiones de GEI de los sectores de la demanda de energía en el escenario base, 2008-2050.



## Consideraciones

### Escenarios BAU

Los escenarios BAU se basan en las tendencias actuales de consumo y política energética. Considera que las intensidades energéticas se mantienen constantes en todos los sectores, con excepción del transporte, para el cual se toma el escenario de las Perspectivas Tecnológicas de la Energía (ETP, por sus siglas en inglés) de la Agencia Internacional de Energía (IEA-OCDE 2008).

### Escenarios MIT

En los escenarios MIT se consideran reducciones en los índices de intensidad energética en los sectores industrial, comercial, residencial y transporte.

Por el lado de la oferta, el estudio considera la penetración de renovables en la generación eléctrica; y la tecnología de captura y secuestro geológico de carbono (CCS, por sus siglas en inglés) a partir del año 2030.

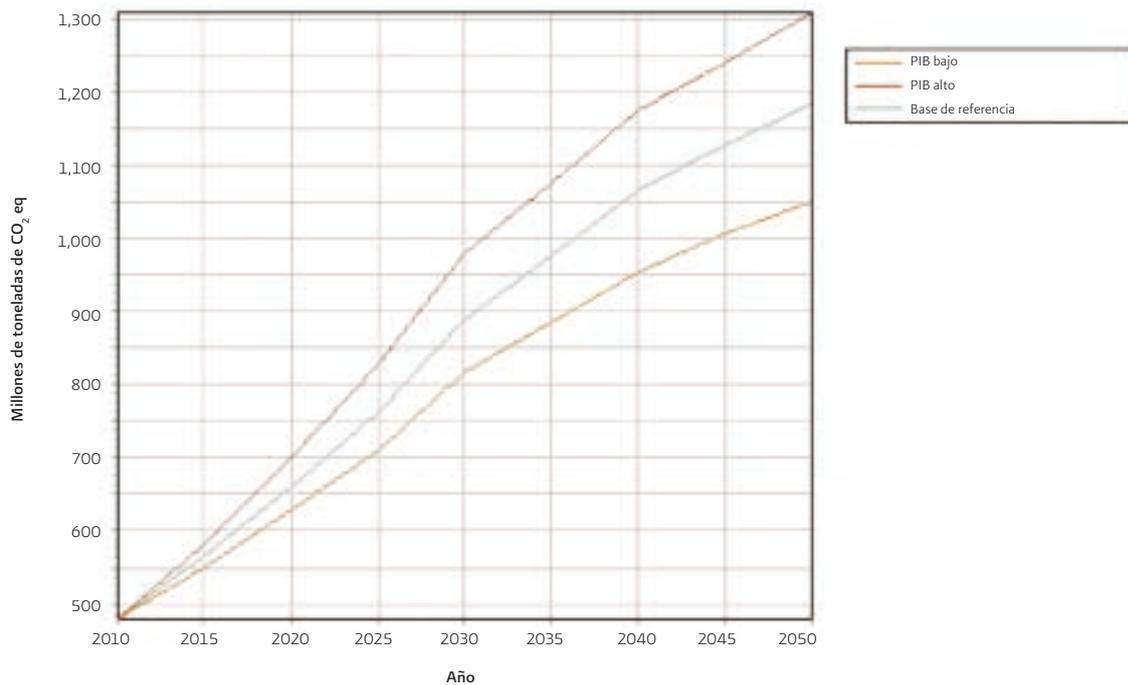
En el caso del sector transporte se adopta el escenario conservador (BLUE Conservative) del ETP para el escenario de bajo crecimiento económico, y el escenario de éxito (BLUE EV success) para los escenarios medio y alto.

Estos escenarios plantean que las tecnologías del ETP en el sector transporte para el 2050 se implementarán en México en el año 2070.

### Escenarios MIT Ex

Los escenarios MIT Ex consideran las mismas medidas de mitigación que el escenario MIT pero con un grado de agresividad mayor. En el sector transporte las consideraciones del ETP para el 2050 se asumen para México en el mismo año; la tecnología CCS adelanta su establecimiento al año 2025 en nuevas centrales y se añade una estrategia de "retrofit" a las plantas existentes. Dichos escenarios toman en cuenta la implantación de CCS en el sector petróleo y gas; así como en las industrias: siderúrgica, vidrio, química, y celulosa y papel.

Figura V. 11 Emisiones nacionales de GEI para los tres Escenarios del Sector de Energía, 2008-2050.



Por el lado de la oferta se acelera la penetración de las fuentes renovables de energía, adelantando al año 2050 lo que en el escenario anterior MIT se planteó para el 2070.

## Resultados

Al 2030, las emisiones de GEI de los escenarios de línea base (BAU) del sector energético mexicano se proyectan en el intervalo de 763 a 1,071 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. El modelo proyecta que las emisiones de GEI serán de 3 a 5 veces las del año base en el año 2070.

Al 2050, las emisiones calculadas con el PIB bajo se aproximan a las publicadas en el PECC, que son del orden de 800 a 900 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq anuales (Cuadro V.30).

Con respecto a los escenarios con medidas de mitigación (MIT), en 2030 se observa una reducción cercana al 20% en relación a los escenarios de línea base. En términos cuantitativos, el potencial de ahorro se estima entre 147 y 227 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. A partir

de 2030, se espera que las emisiones se estabilicen para el mediano y largo plazos (Figura V.12 y V.13).

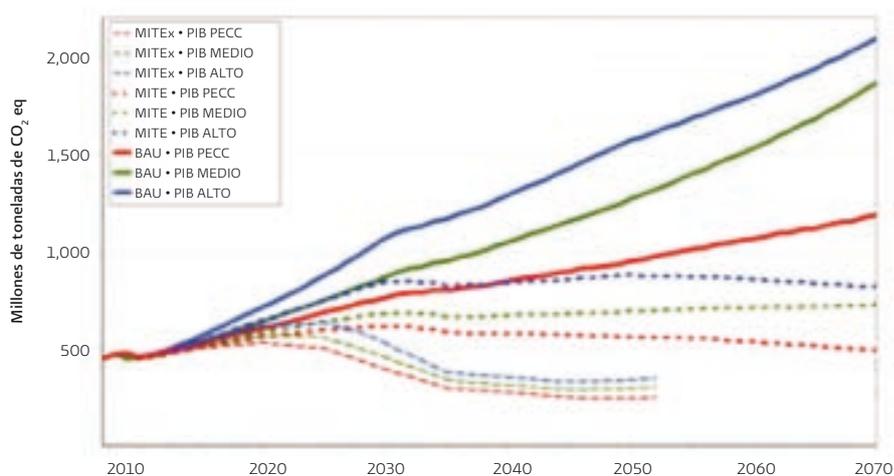
Lo anterior se debe principalmente a los tiempos requeridos para desarrollar proyectos en el sector energético y para la implementación de programas que contribuyan a la mitigación de emisiones GEI en todos los sectores. El estudio concluye que:

- Para lograr niveles de emisión de GEI de 2 a 3 toneladas per cápita al 2050, se requiere un programa de control de emisiones agresivo, similar al presentado en el escenario MIT Ex.
- Un escenario con medidas de mitigación de emisiones similar al escenario MIT estabilizaría las emisiones entre 5 a 8 toneladas per cápita de CO<sub>2</sub>eq a partir del 2030.
- Las principales medidas al 2020 propuestas por el estudio que tendrían un impacto en la reducción de emisiones de GEI son: a) la "dieselización" de la planta de vehículos alcanzando un 22% de parque vehicular ligero; b) la participación de vehícu-

Cuadro V.30 Emisiones de GEI por escenario en el periodo 2007-2070 (Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq).

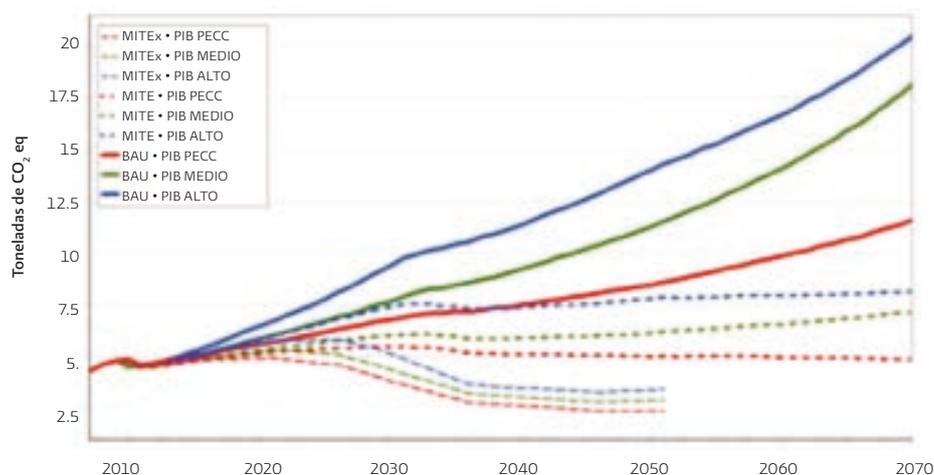
	Año				
	2007	2020	2030	2050	2070
<b>Escenarios BAU</b>					
PIB Alto	447	712	1,071	1,572	2,099
PIB Medio	447	639	868	1,268	1,867
PIB Bajo (PECC)	447	605	763	950	1,188
<b>Escenarios MIT</b>					
PIB Alto	447	648	844	880	822
PIB Medio	447	583	680	695	727
PIB Bajo (PECC)	447	560	616	563	492
<b>Escenarios MIT Ex</b>					
PIB Alto	447	618	527	339	
PIB Medio	447	566	454	293	
PIB Bajo (PECC)	447	531	395	244	

Figura V.12 Emisiones de GEI totales por escenario



Fuente: IIE 2009a.

Figura V.13 Emisiones GEI per cápita por escenario.



Fuente: IIE 2009a.

los híbridos alcanzando 10%; y c) la disminución del uso de combustibles en el sector residencial e industrial, a través del reemplazo por energía eléctrica y solar.

- Al 2020 en el escenario MIT Ex, el sector eléctrico contribuiría en una reducción de emisiones GEI de 22% de un total de 94 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, mediante el aumento de eficiencia y uso de fuentes renovables, las cuales pasarían de un 15% a 26.6% de la generación de energía eléctrica.

## Bibliografía

BM. 2009. *Desarrollo de bajo carbono para México (Low-Carbon Development for Mexico)*. Johnson, Todd, Claudio Alatorre, Zayra Romo, y Feng Liu Banco Mundial, Washington, DC.

CFE. 2009. La información contenida en este apartado fue proporcionada por la CFE al INE. Julio de 2009.

CMM. 2009. Información proporcionada por el CMM para el INE. Agosto de 2009.

CMM-Mckinsey. 2008. Crecimiento de bajo carbono. Una ruta potencial para México (Low Carbon Growth: a Potential Path for Mexico). Reino Unido.

CONAFOR 2009. Información proporcionada por CONAFOR, 2009.

CONANP. 2009. Información proporcionada por la CONANP al INE, 2009.

CONAVI. 2009. La información contenida en este apartado fue proporcionada por la CONAVI al INE. Julio de 2009.

CONUEE. 2009. Información proporcionada por la CONUEE al INE, agosto 2009

CRE. 2009. Resolución RES/176/2007. Disponible en: <http://www.cre.gob.mx/registro/resoluciones/2007/176.pdf>. Consultada el 21 de septiembre de 2009.

———. 2009a. Resolución RES/192/2007. Disponible en: <http://www.cre.gob.mx/registro/resoluciones/2007/192.pdf>. Consultada el 21 de septiembre de 2009.

CTS. 2009. La información contenida en este apartado fue proporcionada por la CTS al INE. Agosto de 2009.

ENTE. 2009. Propuesta para ampliar la mitigación de gases de efecto invernadero en el sector eléctrico de México., O. De Buen et al. ENTE, México.

FIDE. 2009. Datos proporcionados por el FIDE al INE. Julio de 2009.

———. 2009a. <http://www.fide.org.mx/hv/hv7.html>. Con-

- sultada el 21 de septiembre de 2009.
- IIE. 2009. La información contenida en este apartado fue proporcionada por el IIE. Julio de 2009.
- . 2009a. Estudio sobre el impacto de fuentes renovables de energía en las emisiones de GEI en el mediano y largo plazos en México. INE-IIE, México.
- IMP. 2009. Información proporcionada por el IMP para el INE. Agosto de 2009.
- . 2009a. IMP, Diseño conceptual, instrumentación y puesta en marcha de funcionalidades para la actualización de la página WEB de desarrollo sustentable; cambio climático y atención a sitios contaminados.
- IMT. 2009. La información contenida en este apartado fue proporcionada por la IMT al INE. Julio de 2009.
- INE. 2008c. Elaboración de prueba de adicionalidad y monitoreo para la aplicación de una metodología bajo el esquema de Mecanismo para un Desarrollo Limpio Programático del Protocolo de Kioto, para la reducción de emisiones de GEI en el segmento de interés social del sector vivienda en México. Sistemas Integrales de Energía-INE, México.
- . 2006. Evaluación de los beneficios en la calidad del aire por instrumentación de cambios en el transporte público. G. Stevens et al. INE, México.
- . 2007. Gasca J., et al. Modelación de posibles escenarios tecnológicos para la mitigación de GEI en México. "Mapas Tecnológicos", INE-IMP, México.
- . 2007a. Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en la vivienda de interés social en México. D. Morillón et al. II-UNAM-INE, México.
- . 2007b. Estudio para la restauración ambiental de microcuencas en ejidos ribereños del río Lacantún, Chiapas, como una forma de revertir el deterioro ecológico y contribuir al secuestro de carbono.
- . 2008. Análisis integrado de las tecnologías, el ciclo de vida y la sustentabilidad de las opciones y escenarios para el aprovechamiento de la bioenergía en México. O. Masera et al. INE-CIEco, México.
- . 2008a. Evaluación de oportunidades de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en medios de transporte masivo de pasajeros en las zonas metropolitanas del Valle de México, Monterrey y Guadalajara. C. Sheinbaum et al. II-UNAM-INE, México.
- . 2008b. Estudio sobre la instrumentación de medidas de eficiencia energética y uso de biocombustibles en el sector transporte y su impacto en la calidad del aire en México. L. M. Galindo Paliza et al. Facultad de Economía-UNAM-INE, México.
- . 2008d. Estudio comparativo de estufas mejoradas para sustentar un programa de intervención masiva en México. CMM-INE, México.
- . 2008e. Análisis comparativo de la deforestación de los ejidos de Marques de Comillas y determinación de corredores biológicos que conecten los fragmentos de selva de los ejidos con la Reserva de la Biosfera Montes Azules. Facultad de Ciencias, UNAM-INE, México.
- . 2008f. Estado del arte en la producción de etanol celulósico, potencial de su producción y criterios ambientales y socioeconómicos para su producción en México. Primera Etapa. UNAM-INE, México.
- INFONAVIT. 2009. La información contenida en este apartado fue proporcionada por la INFONAVIT al INE. Julio de 2009.
- PAESE. 2009. La información contenida en este apartado fue proporcionada por el PAESE al INE. Julio de 2009.
- PECC. 2009. Meta 37, PECC 2009-2012.
- PEMEX. 2008. Informe de responsabilidad social. PEMEX, México.
- . 2009. Información proporcionada por PEMEX al INE, julio 2009.
- . 2009a. Disponible en: <http://www.pemex.com/index.cfm?action=news&sectionid=8&catid=40&contentid=20882>. Consultada el 22 septiembre de 2009.
- Presidencia. 2009. Tercer Informe de Gobierno. Presidencia de la república, México.
- Quadri, G. 2008. El cambio climático en México y el potencial de reducción de emisiones por sectores. México.
- SAGARPA. 2007. Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero.
- SCT. 2009. [www.sct.gob.mx](http://www.sct.gob.mx). Consultada el 22 de septiembre de 2009.
- . 2009a. La información contenida en este apartado fue proporcionada por la SCT al INE. Julio de 2009.
- SEDESOL. 2009. La información contenida en este apartado fue proporcionada por la SEDESOL al INE. Julio de 2009.

# VI. Información relevante para el logro del objetivo de la Convención

## 6.1. Nivel de avance en la integración del tema de cambio climático en las políticas sociales, económicas y ambientales en México

El tema del cambio climático, por su creciente relevancia, incide cada vez más en las políticas sociales, económicas y ambientales del país, tal es el caso de las acciones, medidas y estrategias de corto plazo contempladas en el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012.

El Plan Nacional de Desarrollo, PND 2007-2012, establece la sustentabilidad ambiental como un criterio rector para el fomento de las actividades productivas, así como el objetivo de impulsar el desarrollo sustentable en el mediano y largo plazos a través de las políticas públicas. En consecuencia, se busca que las decisiones de la Administración Pública Federal (APF), incorporen el cambio climático; el impacto y riesgo ambiental, así como el uso eficiente y racional de los recursos naturales, en lo correspondiente a inversión, producción y políticas públicas. En algunos objetivos, estrategias y líneas de acción de programas sectoriales elaborados e instrumentados para dar cumplimiento al PND, el cambio climático comienza a introducirse como un tema transversal (Figura VI.1) (véase capítulo III).

Además de lo anterior, México publicó los documentos: Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC), 2007 y el PECC 2009-2012, para ampliar su respuesta frente a dicho desafío global.

- La ENACC describe posibilidades e intervalos de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI); propone estudios necesarios para definir metas precisas de mitigación; y esboza las necesidades del país para avanzar en la construcción de capacidades de adaptación, en un marco nacional, amplio e incluyente y bajo la búsqueda de consensos gubernamentales, corporativos y sociales (CICC 2007).
- El PECC concreta y desarrolla las orientaciones contenidas en la ENACC. El Programa tiene como propósito establecer los objetivos, metas y acciones que requiere México para contribuir a la mitigación de emisiones de GEI en el corto plazo, al tiempo que se adapta a los efectos del cambio climático global, sin comprometer su crecimiento económico. El PECC es un primer esfuerzo de mitigación, emprendido de manera voluntaria y unilateral por el Gobierno Federal, utilizando sus propios recursos y capacidades. Es un programa de carácter transversal, ya que involucra a diversas dependencias del Gobierno Federal con acciones y metas. Para elaborar el PECC, se consideraron cuatro componentes fundamentales para el desarrollo de una política integral para enfren-

Figura VI.1. Diagrama de las políticas públicas en materia de cambio climático en México



tar el cambio climático: visión de largo plazo, mitigación, adaptación y elementos de política transversal (CICC 2009).

El cambio climático está integrado en las políticas sectoriales, principalmente en: medio ambiente y recursos naturales; energía; transporte, y agropecuario, debido a las emisiones de GEI que generan y a los impactos del cambio climático que afectan el desarrollo de las actividades productivas.

Por otra parte, la industria aseguradora mexicana ha iniciado acciones ante los impactos negativos del cambio climático. La Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) en colaboración con el Instituto Nacional de Ecología (INE), ha llevado a cabo reunio-

nes para atender el tema desde principios de 2007. El interés manifestado por el sector se debe, entre otras cosas, a las cuantiosas pérdidas que éste ha tenido que cubrir a causa de los daños por fenómenos hidrometeorológicos extremos en México. Actualmente, la AMIS trabaja en la elaboración del documento titulado “El cambio climático y el sector asegurador en México”, con el cual se pretende dar a conocer, entre sus miembros y los usuarios de seguros, los impactos esperados del cambio climático. Además, servirá para identificar las medidas que permitan desarrollar posibles instrumentos de respuesta del sector ante la variabilidad y el cambio climático.

## 6.2. Investigación sobre cambio climático y observación sistemática

México fortalece su capacidad de investigación técnica y científica, que es de gran utilidad para generar información y conocimiento sobre el cambio climático; su observación sistemática; la determinación de los impactos potenciales, y la toma de decisiones que permita mitigar las emisiones de GEI, reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y adaptarse al mismo. Estos esfuerzos los realiza fundamentalmente a través de las universidades; institutos, y centros de investigación públicos y privados, organizaciones no gubernamentales (ONG), asociaciones, cámaras, comisiones, consultores independientes y autoridades locales. Todo esto, con financiamiento y apoyo técnico propio y de organismos internacionales.

Una actividad relevante para conocer el grado de avance de las investigaciones sobre el cambio climático, fue la elaboración del padrón de expertos e instituciones científicas y técnicas en cambio climático. La primera versión de este trabajo fue integrada en 2001 por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En 2005, se actualizó la base de datos. La última actualización fue realizada en 2008, por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), y coordinada por el INE. Los resultados más relevantes se describen en el siguiente apartado.

### 6.2.1 Padrón de expertos e instituciones científicas y técnicas en materia de variabilidad y cambio climático en México

En 2008, se realizó una encuesta para la actualización del padrón, cuyos resultados indican que el número de especialistas que realizan investigaciones sobre cambio climático fue de 858. Esto representó 150% más respecto a 2005. Del total, 63.4% son investigadores de nueva incorporación al tema y 36.6% ya realizaban alguna investigación desde la encuesta anterior (INE-UAM 2008).

La Zona Centro mostró el mayor incremento en el número de especialistas y temas, mientras que en las del Golfo de México y Suroeste se mantuvo constante. El Distrito Federal concentra 53% de los especialistas; seguido de Morelos, Baja California, Veracruz, Jalisco, Estado de México, Hidalgo, Baja California Sur, y Nuevo León, entre otros.

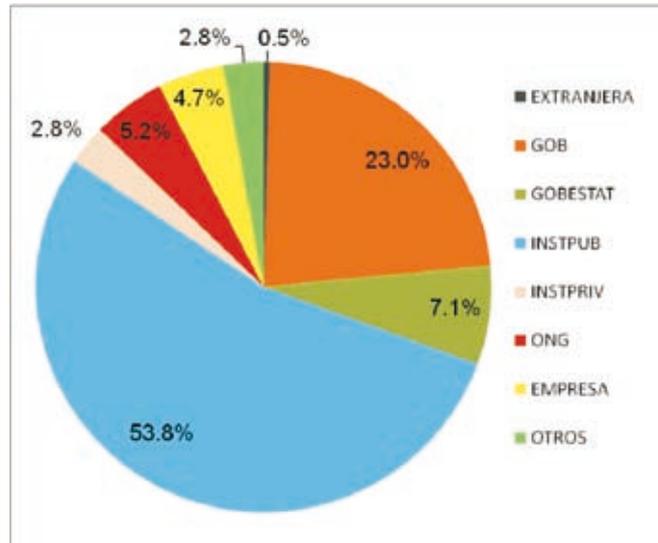
La distribución de los investigadores que se han dedicado a alguna línea de investigación sobre el cambio climático, por tipo de institución, indica que 53.8% de ellos labora en las universidades, institutos y centros de investigación públicos; mientras que 23% lo hace en instituciones del Gobierno Federal; 7.1% en los gobiernos estatales; 5.2% en ONGs; 4.7% en empresas, consultorías o fideicomisos; 2.8% en instituciones educativas o de investigación privadas; 2.8% en cámaras, asociaciones, comisiones, entre otros; y 0.5% en instituciones extranjeras laborando en el país (Figura VI.2).

En los institutos y centros de investigación de la UNAM respondieron a la encuesta 105 especialistas en cambio climático, por lo que esta institución continúa como líder en número de investigadores sobre el tema en México.

Derivado de dicha encuesta, se obtuvo que el mayor número de investigadores trabaja en las siguientes líneas: 1) Vulnerabilidad, impacto, riesgo y adaptación; 2) Mitigación de emisiones; y 3) Aspectos socioeconómicos, tecnológicos e Internacionales.

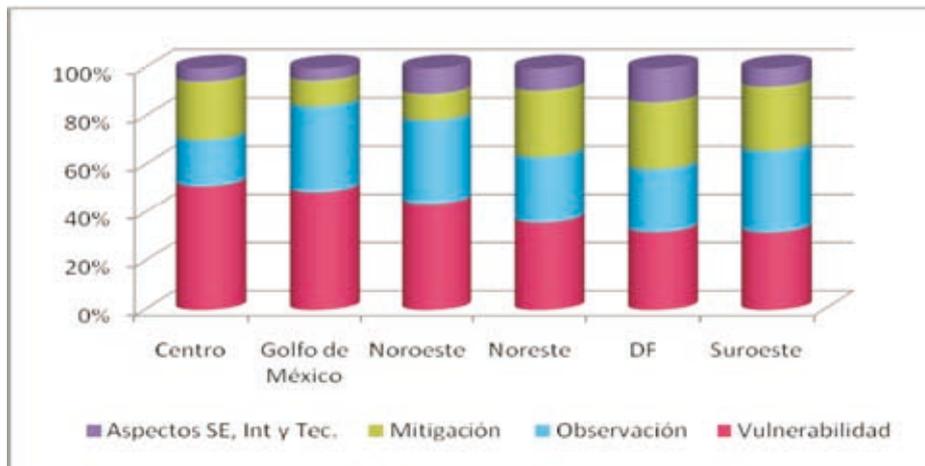
En las zonas Suroeste, Golfo de México, Noroeste, Golfo de Baja California y Pacífico, que tienen costa, se investiga más sobre observación, información y escenarios; debido probablemente a la frecuencia con que son impactados por ciclones tropicales. En contraste, en la zona Centro, los temas más frecuentes fueron la vulnerabilidad y la mitigación de emisiones de GEI, en ese orden (Figura VI.3). Los subtemas más abordados son los de mitigación, co-beneficios ambientales y el sector energía, observación de la variabilidad climática, inventarios y ciclo del carbono. Por el contrario, los menos abordados son la vulnerabilidad en el sector de comunicaciones y en la producción de alimentos, así como la política tecnológica nacional y la transferencia de tecnología.

Figura VI.2. Distribución en porcentaje de los especialistas en cambio climático en distintos tipos de institución, 2008.



COB: Gobierno Federal; GOBESAT: Gobierno Estatal  
 Fuente: INE, SEMARNAT 2008.

Figura VI.3. Distribución porcentual de los temas de investigación en cambio climático, 2008.



SE: Aspectos socioeconómicos; Int: Internacionales; Tec: Tecnológicos  
 Fuente: INE, SEMARNAT 2008.

Con base en la información presentada en este apartado, puede concluirse que en prácticamente todas las entidades federativas hay investigadores dedicados al tema del cambio climático, aunque es necesario continuar el fortalecimiento e incremento de las capacidades de investigación científica-técnica en todo el país.

A partir de 2008, debido a la capacitación impartida para el desarrollo de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático, se ha incrementado el número de especialistas en esta materia.

## 6.2.2. Observación sistemática

La mejora integral de los sistemas de observación; pronóstico del tiempo y del clima, monitoreo y vigilancia; y prevención y gestión del riesgo, es una necesidad que tiene el país para poder desarrollar programas de alerta temprana, prevención de desastres y en general de adaptación al cambio climático.

Las diversas redes nacionales de observación y monitoreo (Cuadro VI.1), recopilan información de variables atmosféricas, oceánicas e hidrológicas como: temperatura; velocidad y dirección del viento; presión atmosférica; altura y frecuencia de ola; marea, y caudal de río, entre otras. La información sirve para realizar diagnósticos climáticos y forma parte fundamental de los datos de ingreso a los modelos numéricos de pronóstico.

Las actividades de observación y pronóstico del tiempo y del clima son realizadas por diversos grupos institucionales, como los siguientes:

- Servicio Meteorológico Nacional
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
- Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM
- Universidad Veracruzana

- Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación
- Comisión Federal de Electricidad.
- Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas
- Secretaría de Marina
- Fuerza Aérea Mexicana de la Secretaría de la Defensa Nacional
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
- Sistema Nacional de Protección Civil
- Centro de Investigación y Estudios Avanzados Unidad Mérida
- Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada en Altamira, Tamaulipas

En el “Diagnóstico de las capacidades, fortalezas y necesidades para la observación, monitoreo, pronóstico y prevención del tiempo y el clima ante la variabilidad y el cambio climático en México”, coordinado por el INE y desarrollado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), se concluye la importancia de fortalecer las actividades de monitoreo del tiempo y clima que realizan las instituciones mencionadas, para contar con bases de datos unificadas y con mayor confiabilidad, que se puedan compartir; lo anterior sería de gran utilidad ante la presen-

Cuadro VI.1. Infraestructura nacional para la observación sistemática del clima, 2008.

Meteorología y clima	Componente oceanográfica del clima	Hidrología
Estaciones climatológicas	Imágenes satelitales	Estaciones hidrométricas
Red de observación en superficie	Boyas en aguas internacionales	Imágenes satelitales
Red de radares	Red de boyas direccionales para medir oleaje	Red de observación en superficie
Pronósticos y boletines	Red de mareógrafos	Pronósticos y boletines hidrológicos
Modelación numérica	Pronósticos y boletines	Modelos lluvia-escurrimiento
Pronósticos estacionales y climáticos	Modelación numérica	Modelación numérica
Sistemas de alerta temprana	Pronósticos de oleaje, mareas y corrientes	Sistemas de alerta
Bases de datos	Sistemas de alerta temprana	Bases de datos
Recursos humanos	Bases de datos	Recursos humanos
	Recursos humanos	

Fuente: elaboración propia.

cia de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos.

Después de la revisión realizada sobre la legislación vigente que regula la actividad de los servicios de información meteorológica, climática, hidrológica y oceanográfica en México, el estudio concluye que es importante fortalecer el marco jurídico.

Se requiere el fortalecimiento y ampliación de las instituciones nacionales cuya responsabilidad son los servicios de observación, monitoreo y pronóstico meteorológico, hidrológico, climático y oceanográfico.

El estudio indica la pertinencia de establecer un Centro Nacional de Información y Estudios Oceanográficos, con funciones operativas y de investigación aplicada; y fomentar la formación de recursos humanos con capacidad operativa y conocimiento científico. Además, se recomienda fortalecer la coordinación entre las autoridades y los diversos sectores de la actividad nacional, en cuanto al uso del conocimiento generado.

### 6.2.3 Sector medio ambiente y recursos naturales

En este sector, la política sobre cambio climático es encabezada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y las investigaciones se realizan y/o coordinan en el Instituto Nacional de Ecología (INE). Adicionalmente, el IMTA, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) han expandido sus agendas de investigación sobre cambio climático, en particular evaluando sus vínculos con el recurso hídrico, la conservación de ecosistemas, la biodiversidad y la reducción de la deforestación.

La SEMARNAT ha firmado diversos convenios nacionales para apoyar proyectos de investigación científica y tecnológica, que contribuyan a generar conocimiento con vistas a encontrar soluciones a los problemas, necesidades y oportunidades ante el fenómeno climático. Por ejemplo, la SEMARNAT con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), estableció el Fondo Sectorial SEMARNAT-CONACYT, en cuyas convocatorias para asignar recursos, el cambio climático es tema frecuente.

Una de las líneas incluidas en la convocatoria 2008 fue “Economía, cambio climático y política ambiental”.

### 6.2.4 Sector energía

La Secretaría de Energía (SENER), cuenta con: el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE); el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP); y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), quienes desarrollan trabajos de investigación científica, que proporcionan elementos de innovación tecnológica para aumentar la competitividad y ofrecer mejores productos y servicios al sector; y promueven la formación de recursos humanos especializados, con el fin de apoyar a la industria petrolera y eléctrica nacional. El tema de energía y cambio climático es abordado por numerosas instituciones y centros de investigación públicos y privados, así como ONG y organismos internacionales, entre otros. Algunos de los estudios realizados, pueden consultarse en los capítulos IV y V de este documento.

En 2008, el sector energía constituyó el Fondo CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética, que tiene como objetivo la investigación científica y tecnológica aplicada, tanto a fuentes renovables de energía, eficiencia energética, uso de tecnologías eficientes y diversificación de fuentes primarias de energía, así como la adopción, innovación, asimilación y desarrollo tecnológico. Estos temas son fundamentales para la mitigación de emisiones de GEI y también para la adaptación del sector ante los impactos del cambio climático.

### 6.2.5 Sector transporte

En este sector destaca la labor del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) y de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), que mediante sus investigaciones apoyan la formulación de los programas del Gobierno Federal y sector privado. Al igual que en el sector energía, participan universidades, institutos y centros de investigación públicos y privados, consultores independientes, ONG, y organismos internacionales, entre otros. Algunos de los estudios sobre cambio climático en el sector transporte se muestran en el capítulo V de este documento.

Las investigaciones sobre la constante mejora en el rendimiento energético de los diferentes modos de transporte y la estimación de emisiones de GEI bajo diferentes escenarios de tecnologías, son temas prioritarios en el sector.

## 6.2.6 Sector desarrollo social

El cambio climático es un problema ambiental y también de desarrollo; por lo que se considera en el diseño de estrategias de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). En los Objetivos Estratégicos de Desarrollo Social 2007-2012, se incluye el Eje 4, Sustentabilidad Ambiental. En el marco de este eje la instrumentación de acciones se orienta a coadyuvar en el avance de los indicadores sociales como los de pobreza y desigualdad, así como garantizar la inclusión de las relaciones de género, y la promoción de la equidad y la igualdad.

Otra área relevante es la de los programas sobre ciudad y vivienda sustentable, los cuales se elaboran con base en elementos científicos y técnicos aportados por los diferentes estudios que la SEDESOL coordina, en colaboración con diversas instituciones y centros de investigación. Algunos de los principales estudios y acciones sobre cambio climático en el sector desarrollo social se describen brevemente en los capítulos IV y V de este documento.

## 6.2.7 Sector economía

El cambio climático tiene implicaciones económicas de la mayor relevancia para el país, por lo que se han iniciado estudios que abordan las circunstancias nacionales y costos económicos particulares para la mitigación de emisiones y para la adaptación al cambio climático. Resultados de este tipo de estudios se presentan brevemente en los capítulos IV y V de este documento.

## 6.2.8 Sector agropecuario

Desde la Primera Comunicación Nacional se ha identificado que los sectores agropecuario, hídrico y forestal serán de los más afectados por el cambio climático,

principalmente por las modificaciones en los patrones de temperatura y precipitación. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), coordinan y realizan investigaciones que aportan elementos científico-técnicos para identificar medidas que permitan que tanto los recursos naturales para la producción primaria como las comunidades que dependen de éstos, puedan reducir su vulnerabilidad y aumenten su capacidad adaptativa. Algunos de los estudios sobre cambio climático en el sector de desarrollo agropecuario se incluyen en los capítulos IV y V de este documento.

El Colegio de Posgraduados (COLPOS) inició desde 2006 estudios sobre el impacto y mitigación del cambio climático. Entre los principales logros destaca la generación de programas computacionales para el manejo de bases de datos climáticos.

## 6.3 Actividades relacionadas con la transferencia de tecnología

La transferencia de tecnologías eficientes constituye uno de los factores clave para la reducción de las emisiones de GEI y para atenuar la magnitud de los impactos del cambio climático en el mediano y largo plazos.

Diversas instituciones nacionales realizan proyectos de desarrollo tecnológico vinculados a la mitigación y adaptación al cambio climático, referidos a lo largo de diversos capítulos de esta Comunicación Nacional.

Por otra parte el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) ha financiado proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático, a través de sus agencias implementadoras: Banco Mundial (BM); Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (Cuadro VI.2). Para ampliar la información sobre estos proyectos, consultar los capítulos IV y V de esta Comunicación.

Adicionalmente, otros proyectos en los que la transferencia de tecnología es importante, son los que se regis-

**Cuadro VI.2 Proyectos en materia de cambio climático, con apoyo financiero del GEF, 2007-2009.**

Nombre del proyecto	AI	Tipo de proyecto	Situación
Introducción de medidas amigables con el clima en transporte	BM	ATGE	En ejecución
Proyecto de energía renovable a gran escala	BM	ATGE	En ejecución
Planta de generación híbrida-solar	BM	ATGE	En ejecución
Servicios integrados de energía en comunidades rurales de México	BM	ATGE	En ejecución
Adaptación de humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del Cambio Climático	BM	ATGE	En ejecución
Plan de acción para eliminar barreras a la implementación a gran escala de generación eoloelectrónica en México Fase I	PNUD	ATGE	En ejecución
Celdas fotovoltaicas conectadas a la Red	PNUD		Aprobado
Desarrollo Rural en México	BM		Aprobado

ATGE: Adaptación Tecnológica a Gran Escala.

Fuente: modificado de la Dirección General Adjunta de Financiamiento Estratégico. Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, SEMARNAT.

tran bajo el esquema del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL). Este tema se aborda con más detalle en el capítulo V de esta Comunicación.

En México, se reconoce que la transferencia de tecnología es indispensable para alcanzar metas de reducción de emisiones de GEI y de adaptación al cambio climático. La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), identificó necesidades tecnológicas para hacer frente al cambio climático, mismas que se integraron en la ENACC y el PECC. Se reconoce que la principal barrera para el uso masivo de estas tecnologías son los mayores costos relativos asociados a las mismas, en parte por los subsidios que algunos combustibles fósiles reciben y por no internalizar los impactos negativos ambientales y en salud en los costos de generación eléctrica fósil.

## 6.4 Información sobre educación, formación y sensibilización

Los avances en materia de educación, formación y sensibilización en cambio climático para tomadores de decisión y la sociedad en general fueron significativos, debido al compromiso y participación del Gobierno Federal, es-

tatal y municipal; instituciones de investigación y educación superior; ONG; y de los medios de comunicación, así como la colaboración de organismos internacionales. La información que se presenta a continuación es sólo una parte del conjunto de actividades realizadas con posterioridad a la publicación de la Tercera Comunicación Nacional.

### 6.4.1 Educación

La SEMARNAT, a través del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECA-DESU), y la Secretaría de Educación Pública (SEP), establecieron el 22 de abril de 2007, el Convenio para implementar la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable (DEDS 2005-2014),<sup>1</sup> promovida por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés), siendo México el primer país del mundo en iniciar su implementación. Ambas Secretarías se comprometieron a difundir el conocimiento sobre el tema de cambio climático e incluirlo en los libros de texto

<sup>1</sup> Consultar: [www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Pages/DecenioEducacion.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Pages/DecenioEducacion.aspx).

gratuito de la enseñanza básica y media, y en los planes de estudio de todos los niveles educativos.

En 2008, se celebró la Firma del Acuerdo de Entendimiento entre la UNESCO, como agencia encargada de las Naciones Unidas de coordinar las acciones de la comunidad internacional, y el CECADESU por parte de la SEMARNAT, en calidad de responsable de organizar las acciones en México en el marco del DEDS, convocando al INE, al IMTA, al Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (INEA), y al Grupo de Estudios Ambientales (Grupo GEA, A.C.), para incorporarse en la construcción de una estrategia nacional en materia de educación y comunicación para el cambio climático. Entre las acciones se encuentran: preparación de la “Guía para elaborar programas estatales en educación y comunicación para la sustentabilidad en condiciones de cambio climático”, que contiene lineamientos generales dirigidos a representantes de los gobiernos federal y estatales; el desarrollo de una plataforma virtual denominada “Comunidad de Aprendizaje en Educación y Desarrollo Sostenible con Miras al Cambio Climático” ([www.educacionysustentabilidad.org](http://www.educacionysustentabilidad.org)), que permite el intercambio de experiencias y la comunicación permanente entre los distintos actores que participen en

ella (Figura VI.4); el proyecto de “Acción para el fortalecimiento de la comunicación para la educación en desarrollo sostenible y cambio climático”, enfocado al uso y aprovechamiento de materiales que ya existan y/o elaboración de los que se requieran.

En 2009, el CECADESU impulsó la elaboración de 24 documentos preliminares definidos como “Programas estatales de educación y comunicación en condiciones de cambio climático”, elaborados por igual número de Delegaciones Federales de la SEMARNAT. En el marco de colaboración del CECADESU con el INEA, el Consejo Británico, y el Centro de Cooperación Regional para la Educación de Jóvenes y Adultos en América Latina y el Caribe (CREFAL), se inició el 18 de septiembre de 2009 el diplomado a distancia “Cambio climático y desarrollo sustentable”, que tiene duración de un año.

En materia de comunicación educativa, el CECADESU diseñó e instrumentó la estrategia de comunicación en educación media superior “Rompe con el cambio climático”, la cual busca la reflexión y participación de jóvenes de entre 15 y 18 años, así como de la comunidad escolar del ámbito urbano en relación con el cambio climático. Como parte de esta estrategia, se

Figura VI.4. Plataforma virtual de la Comunidad de Aprendizaje en Educación, Capacitación y Comunicación Ambiental en Condiciones de Cambio Climático.



cuenta con una página Web ([www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Paginas/inicio.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Paginas/inicio.aspx)) y un programa radiofónico en la frecuencia 105.7 F.M., en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Por otra parte, con apoyo del INE, el CECADESU preparó los materiales de divulgación: “El planeta se está calentando”, dirigido a niños de 6 a 12 años; “Más de 100 consejos para cuidar el medio ambiente desde mi hogar”; “México y el cambio climático global”; “Cambio climático, manual para comunicadores”; cápsulas animadas de 1 minuto; y una serie de cuatro carteles sobre cambio climático para educación básica.

Asimismo se desarrolló el sitio Web “Fans del Planeta”, cuyo objetivo es el intercambio de conocimientos y la promoción de valores ambientales en niños de educación básica, particularmente de 8 a 12 años. En 2009, este sitio ha recibido más de 26 mil visitas.

Otro proyecto de colaboración con la SEP, es la Red Escolar con el bloque de “Cambio Climático”. En septiembre de 2009, se abrió la inscripción del tercer período de prueba piloto, con el apoyo del Consejo Británico.

La educación que se ofrece a la sociedad a través de programas como el de Educación para el Uso Racional y Ahorro de Energía Eléctrica (EDUCARE), busca ayudar a que comprenda las sinergias entre la generación y uso de la energía con el cambio climático.

El tema de cambio climático y el de la contaminación del aire, que se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales de las megaciudades como la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM); así como las sinergias entre ambos problemas ambientales, se abordan en programas como ¡Hagamos un MILAGRO<sup>2</sup> por el aire!, a través del cual se ha capacitado a más de 14 mil alumnos y profesores en el periodo que va de principios de 2006 a abril de 2009.

Además de la educación, otros soportes para cumplir con el Artículo Sexto<sup>3</sup> de la CMNUCC, son los esfuerzos en la comunicación, difusión y elaboración de

2 El INE en colaboración con el Molina Center for Energy and the Environment (MCE2), instrumentaron la fase inicial del proyecto MILAGRO (Megacity Initiative: Local and Global Research Observations), en 2006 (<http://www.mce2.org/trailer.html>).

3 ONU 1992. Texto de la CMNUCC.

diferentes publicaciones sobre el tema. A continuación se mencionan algunas iniciativas que en la materia se realizan en México.

## 6.4.2 Comunicación y difusión

El sector medio ambiente y recursos naturales recopila, organiza y difunde la información acerca del medio ambiente y los recursos naturales del país, a través de instrumentos como el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN)<sup>4</sup> de la SEMARNAT. Este Sistema es un conjunto de bases de datos estadísticas, cartográficas, gráficas, documentales, entre otros, además de equipos humanos e informáticos; y programas y procedimientos. En el módulo de dimensión ambiental, está incluida la información sobre cambio climático, en específico sobre sus bases científicas, así como el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGI). Además dentro de su página Web tiene un portal de cambio climático<sup>5</sup> (Figura VI.5).

En el sitio Web del INE, hay una sección de las actividades que se realizan sobre cambio climático; en la misma se encuentran cinco portales que contienen información actualizada sobre los siguientes temas:

- a) Cambio climático en México;<sup>6</sup>
- b) Cambio climático en México: información por estado y por sector;<sup>7</sup>
- c) Programa mexicano del carbono;<sup>8</sup>
- d) Ecovehículos;<sup>9</sup> y
- e) Portal de vivienda sustentable.<sup>10</sup>

Otros temas son las investigaciones nacionales sobre el ciclo del carbono; e información sobre indicadores de rendimiento energético y de emisiones

4 <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>.

5 <http://semarnat.gob.mx/EDUCACIONAMBIENTAL/Paginas/inicio.aspx>.

6 [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx](http://cambio_climatico.ine.gob.mx).

7 [http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/index.html](http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/index.html).

8 [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/pmc/espanol/index.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/pmc/espanol/index.html).

9 <http://www.ecovehiculos.gob.mx>.

10 <http://vivienda.ine.gob.mx>.

Figura VI.5. Portal sobre cambio climático de la SEMARNAT.



locales y globales, de los vehículos que se venden en el país.

Cabe destacar que en 2009, el INE financió y coordinó el desarrollo del Portal de Vivienda Sustentable,<sup>11</sup> cuyo objetivo es presentar información técnica sobre medidas de ahorro de energía y agua, disposición de residuos y manejo de áreas verdes, que aporte insumos a tomadores de decisiones, desarrolladores de vivienda y público en general (Figura VI.6).

Asimismo, se realizó la actualización del portal "Eco-vehículos". Este portal es una guía con información sobre indicadores de rendimiento energético y de emisiones locales y globales, de los vehículos nuevos que se venden en México, el cual se lanzó de forma

preliminar en el 2006, y se rediseñó con información de otros gases de impacto local, en septiembre de 2008, en colaboración con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía y la Procuraduría Federal del Consumidor. Al mes de agosto del 2009, ha recibido 189 mil vistas, con un promedio mensual de 15,750. Mediante una encuesta, 10.3% de los usuarios respondió que esta herramienta cambió su decisión de compra (Figura VI.7).

El Gobierno del Distrito Federal, creó el Portal del Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México, (CVCCCM)<sup>12</sup> que es una propuesta que apunta a establecer conceptual, metodológica y operativamente una forma dinámica de desarrollo de estrategias, políticas y medidas de mitigación, de disminución de la vulnera-

<sup>11</sup> <http://vivienda.ine.gob.mx>.

<sup>12</sup> [www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/cvcccm](http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/cvcccm).

Figura VI.6. Portal “Vivienda sustentable”, del INE.



Figura VI.7. Portal “Eco-vehículos” del INE.



bilidad y de adaptación al cambio climático, mediante la actuación integrada de los sectores público, privado, social y científico.

Las asociaciones civiles también han realizado importantes avances en la educación, comunicación y difusión del cambio climático; un ejemplo es "La Calculadora Mexicana de CO<sub>2</sub>"<sup>13</sup> que Pronatura A.C. y Reforestamos México A.C. en colaboración con el INE desarrollaron y presentaron ante la sociedad.

Por su parte, PEMEX instaló en su página Web, dos programas para calcular emisiones de CO<sub>2</sub>: "Calculadora de procesos" y "Calculadora de huella de carbono residencial".<sup>14</sup>

Existen más esfuerzos en otras instituciones y centros de investigación así como en universidades e institutos de educación superior. Sus páginas Web pueden consultarse a través del Padrón de Expertos e Instituciones Científicas y Técnicas en Materia de Variabilidad y Cambio Climático en México".<sup>15</sup>

### 6.4.3 Medios de comunicación

El cambio climático es un problema que hasta hace pocos años, sólo llamaba la atención de los científicos. En la actualidad, la sociedad muestra mayor interés y preocupación por el mismo, debido en buena parte, a la labor de los medios de comunicación. En los últimos años, ha sido común que en periódicos, revistas, medios electrónicos, notas o comentarios, entre otros, se haga referencia al tema de cambio climático. Es fundamental que los comunicadores cuenten con los conocimientos adecuados y oportunos, a fin de que su labor se facilite y puedan dar a conocer al público un panorama claro y entendible. Entre 2007 y 2009, se realizaron diferentes talleres de capacitación para los medios de comunicación, los que reconocen que tienen una responsabilidad en la formación de una nueva sociedad comprometida con el ambiente, en esta tarea necesitan la asesoría de los científicos para simplificarlo y traducirlo al lenguaje común.

13 <http://www.calculatusemisiones.com/main.html>.

14 <http://desarrollosustentable.pemex.com/portal/index.cfm?action=mapa&flashid=huella>.

15 [www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/padron\\_expertos\\_cc\\_2008.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/padron_expertos_cc_2008.pdf).

### 6.4.4 Foros y seminarios

En el periodo de 2007 a 2009, aumentó significativamente en México, la realización de conferencias, cursos, seminarios, talleres y foros, a través de los cuales se presentaron al público en general, a los tomadores de decisiones y a especialistas, los resultados de los proyectos de investigación, los avances en el conocimiento y las políticas nacionales e incluso internacionales sobre cambio climático. En 2007, por ejemplo, se realizó el Segundo Seminario sobre Prioridades de investigación en Cambio Climático. El objetivo fue dar seguimiento y analizar el desarrollo de la investigación nacional en cambio y variabilidad climáticos y proponer las prioridades de la investigación para el corto, mediano y largo plazos. En el capítulo VII se amplía la información sobre los principales resultados del Seminario.

Para la preparación de la presente Comunicación, en 2008, se realizó el Taller sobre la elaboración de elementos prioritarios de la Cuarta Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El propósito fue identificar y puntualizar nuevos elementos de investigación que posibilitaran un mejor desarrollo del documento. Los temas de las mesas de trabajo fueron: Mitigación; Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero; Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación; y Comunicación y Difusión.

### 6.4.5 Publicaciones

Algunos de los libros, capítulos y contribuciones que abordan el cambio climático, posteriores a la publicación de la Tercera Comunicación Nacional, se resumen en el Cuadro VI.3.

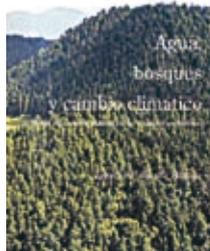
**Cuadro VI.3. Algunas publicaciones, 2006-2009**



*Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México.* 2006. Gobierno del Distrito Federal Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Impreso y electrónico. Uno de sus objetivos centrales es el establecimiento de un marco institucional que promueva la mitigación y la captura de gases de efecto invernadero (GEI), a través de la instrumentación de medidas específicas para el ahorro y uso eficiente de los recursos naturales; de la regulación y el uso eficiente de equipos; de la sustitución de combustibles; de la promoción de combustibles alternos; de la utilización de nuevas tecnologías y fuentes renovables de energía; así como del desarrollo de acciones en el sector forestal para la captura de carbono y la conservación de los reservorios.

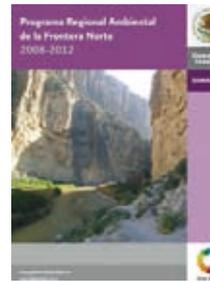


*Guía para la elaboración de planes estatales de acción ante el cambio climático.* A. Tejeda-Martínez. 2006. INE-SEMARNAT, Universidad Veracruzana. Electrónico. Esta guía incluye una serie de pasos para elaborar un Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático, y cómo abordar y desarrollar a nivel estatal las componentes y opciones de mitigación y adaptación al cambio climático.



*Agua, bosques y cambio climático. Hacia una nueva política de forestación en México.* I. Pichardo. 2006. Universidad Autónoma del Estado de México. Impreso. El propósito de este trabajo es contribuir a la divulgación de una nueva política en materia de desarrollo sostenible de los bosques mexicanos, para prevenir los desastres derivados de la explotación excesiva de los recursos forestales, hidrológicos, la capa orgánica de la tierra y la biodiversidad.

explotación excesiva de los recursos forestales, hidrológicos, la capa orgánica de la tierra y la biodiversidad.



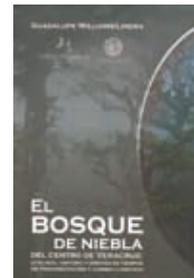
*Programa Regional Ambiental de la Frontera Norte 2008-2012.* 2007. SEMARNAT. Electrónico. El Programa establece en su Estrategia Z, Protección al medio ambiente, "iniciar la integración de inventarios locales de emisiones de GEI, elaborar estudios de vulnerabilidad local a los efectos adversos del cambio climático, así como consolidar tareas relacionadas con rellenos sanitarios y residuos, que además de sus beneficios específicos contribuyen a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero".

relacionadas con rellenos sanitarios y residuos, que además de sus beneficios específicos contribuyen a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero".



*¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo.* 2007. SEMARNAT y PNUD. Impreso y electrónico. Este libro explica con un lenguaje accesible y basado en preguntas, la situación de los temas ambientales más relevantes de la agenda mundial y nacional. Consta de seis capítulos y uno dedicado exclusivamente a cambio climático

y ozono. Dentro de cada tema incluye sitios de Internet donde existe más información del tema.



*El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático.* G. Williams-Linera. 2007. INECOL y CONABIO. Impreso. El objetivo principal del libro es proporcionar la información de investigaciones llevadas a cabo sobre la ecología del bosque de niebla. Se enfoca principalmente en la ecología de las comunidades vegetales, en la biodiversidad del bosque y del paisaje; y en la restauración ecológica; dando respuesta a las interrogantes sobre la importancia del bosque en la región central de Veracruz.

en la restauración ecológica; dando respuesta a las interrogantes sobre la importancia del bosque en la región central de Veracruz.



*El planeta se está calentando.* 2007. SEMARNAT, CECADESU. Impreso y electrónico. Es un folleto dirigido a niños, en el que se explica de manera sencilla qué es el cambio climático, su origen y sus implicaciones en los seres vivos que habitan el planeta; y las acciones que se pueden realizar para disminuir sus impactos.

en los seres vivos que habitan el planeta; y las acciones que se pueden realizar para disminuir sus impactos.



*México y el cambio climático global.* C. Conde. 2007. SEMARNAT y UNAM. Impreso y electrónico. Es un libro de divulgación que permite entender el cambio climático, sus causas, características y potenciales efectos, así como las acciones que naciones y sociedades plantean para enfrentar el problema.



*+ x los árboles.* 2007. CONAFOR, SEMARNAT. Impreso. Expone de manera didáctica, sencilla y divertida, el proceso de reforestación. Niños y jóvenes tendrán los elementos necesarios para conocer, organizar y participar en la Cruzada Nacional por los Bosques y el Agua, así como en otras actividades coordinadas por ellos.



*Manejo del proceso de Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.* 2008. INE-SEMARNAT, Universidad Autónoma Metropolitana. Electrónico. Es un manual de apoyo para emprender la elaboración de un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.



*Había una vez una capa de ozono.* I El reino de Ozonósfera, II ¿Quién dañó la capa de la princesa Ozonidia? y III El día que salvamos el reino de la Ozonósfera. L. Márquez. 2007. ONUDI y SEMARNAT. Impreso y electrónico. Es una serie de cuentos ilustrados que explican lo que es la capa de ozono, los HCFC, los rayos UV y el cambio climático.



*Logros de la Instrumentación de la Estrategia de Transversalidad de Políticas Públicas para el Desarrollo Sustentable en la Administración Pública Federal (APF) en 2008.* SEMARNAT. Impreso. La Agenda de transversalidad, definida como “una herramienta de coordinación que organiza, prioriza y da seguimiento a

acciones concretas derivadas de metas específicas, concertadas entre la SEMARNAT y dependencias y entidades de la APF y los tres órdenes de gobierno”. Incluye los principales avances y logros en los ocho temas que maneja: cambio climático; ordenamiento ecológico; conservación y aprovechamiento sustentable de ecosistemas; prevención y control de la contaminación; procuración de justicia; investigación científica; capacitación y educación; desarrollo rural y urbano; y sistemas de manejo ambiental.



*Carbono en ecosistemas acuáticos de México.* 2007. B. Hernández de la Torre y G. Gaxiola (eds.). SEMARNAT, INE, CICESE. Impreso y electrónico. En este libro se conjunta la información aportada por algunos de los estudiosos de los diferentes componentes del ciclo del carbono en los sistemas acuáticos.

Se presenta un panorama de lo que actualmente se conoce sobre algunos procesos biogeoquímicos relacionados con el carbono y la posible contribución de los diferentes ecosistemas al balance temporal de este elemento.



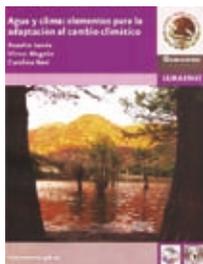
*Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México.* 2 vols. P. Martínez. 2007. IMTA. Impreso. El primer volumen describe escenarios climatológicos regionales bajo cambio climático, que permiten analizar y valorar los efectos de las variaciones de la lluvia y la temperatura para los diversos periodos estacionales y la manera en que impactará en el ciclo hidrológico, y aporta elementos para identificar medidas de adaptación enfocadas a la gestión del agua. El segundo volumen, cuyos editores son P. Martínez y A. Aguilar, plantea que el análisis de las condiciones climáticas, mediante herramientas cada vez más precisas y una mejoría en la operación de los sistemas hidráulicos, es determinante para identificar y establecer opciones de adaptación, para aminorar los efectos del cambio climático, y a la vez, alcanzar niveles razonables de sustentabilidad.

El primer volumen describe escenarios climatológicos regionales bajo cambio climático, que permiten analizar y valorar los efectos de las variaciones de la lluvia y la temperatura para los diversos periodos estacionales y la manera en que impactará en el ciclo hidrológico, y aporta elementos para identificar medidas de adaptación enfocadas a la gestión del agua. El segundo volumen, cuyos editores son P. Martínez y A. Aguilar, plantea que el análisis de las condiciones climáticas, mediante herramientas cada vez más precisas y una mejoría en la operación de los sistemas hidráulicos, es determinante para identificar y establecer opciones de adaptación, para aminorar los efectos del cambio climático, y a la vez, alcanzar niveles razonables de sustentabilidad.



*Impactos sociales del cambio climático en México.* A. Moreno y J. Urbina. 2008. INE. Impreso y electrónico. El documento traduce desde una visión social, al público en general y a los tomadores de decisiones, los principales resultados de la Tercera Comunicación ante la CMNUCC.

Cuadro VI.3. Continúa



*Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático.* R. Landa, V. Magaña y C. Neri. 2008. SEMARNAT, UNAM. Impreso. El libro detalla fundamentos teóricos sobre el agua y el clima, así como condiciones de vulnerabilidad del país frente a la variabilidad climática.

Analiza factores sociodemográficos que pudieran incrementar riesgos y describe la estructura institucional vinculada con el tema. Aporta experiencias que brindan elementos para la adaptación del sector hídrico, con objeto de orientar la acción hacia el manejo integral de riesgos hidrometeorológicos en los ámbitos regional y nacional.

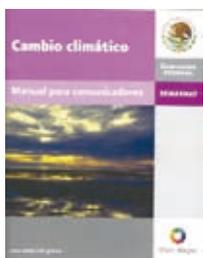


*¿Por qué nos preocupa el cambio climático?* 2007. INE, SEMARNAT. Electrónico. Este folleto presenta un panorama general sobre el cambio climático y algunos potenciales impactos en México.



*Guía de recursos de género para el cambio climático.* 2008. PNUD. Impreso y electrónico. Esta guía ofrece avances conceptuales y metodológicos sobre las relaciones de género en el contexto de cambio climático. Aporta a la comprensión del vínculo entre desigualdad, relaciones de género, cambio climático y su impacto

en el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.



*Cambio climático: manual para comunicadores.* 2008. SEMARNAT, CECADESU. Impreso. El documento está dirigido a comunicadores y líderes de opinión. Pretende explicar de manera clara y puntual el cambio climático global, con el objetivo de contribuir a la comprensión de este fenómeno y propiciar su difusión entre los diversos sectores sociales.



*Fomento de las capacidades para la etapa II de adaptación al cambio climático en Centroamérica, México y Cuba.* 2008. PNUD, GEF, CATHALAC. Impreso y electrónico. El documento fue elaborado a partir de los informes nacionales de los países participantes en el proyecto regional.



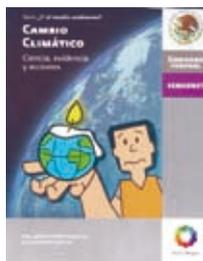
*Cambio climático. Lo que necesitamos saber.* 2008. INE, SEMARNAT. Impreso y electrónico. Este folleto presenta información básica que nos ayudará a entender lo que está sucediendo y la manera en que podemos estar mejor preparados ante el cambio climático



*Más de 100 consejos para cuidar el ambiente desde mi hogar.* 2008. SEMARNAT, CECADESU. Segunda edición. Impreso y electrónico. En la sección sobre las acciones para cuidar el medio ambiente, ahorrar dinero y energía, el documento resalta que “el transporte motorizado es la actividad que en mayor medida contamina la atmósfera y provoca serios daños a nuestra salud. Una de las consecuencias más graves de esta contaminación tiene que ver con el calentamiento global y el cambio climático, considerados entre las amenazas más serias a la vida en el planeta”.



*Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012.* 2008. Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente. Impreso y electrónico. El Programa identifica y presenta los elementos básicos que se requieren para la instrumentación de una serie de líneas de acción y actividades específicas que deberán llevarse a cabo con objeto de reducir los riesgos y efectos del cambio climático en la Ciudad de México.



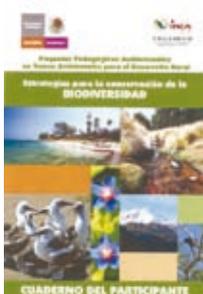
*Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones. Serie ¿Y el medio ambiente?* 2009. SEMARNAT. Impreso. El documento forma parte del proyecto que inició con el libro *¿Y el medio ambiente? Problemas de México y el Mundo*. En este volumen, se define y contextualiza el cambio climático y las causas que lo han originado, así

como las consecuencias y los escenarios futuros. Se muestra cómo cada uno de nosotros somos parte, tanto del problema como de la solución.



*Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, edición 2008.* 2009. SEMARNAT. Impreso. Analiza los principales cambios y tendencias en los diversos elementos del ambiente que se han dado en años recientes, así como las acciones efectuadas para su mejoramiento, conservación y manejo. Los temas

tratados en el informe son: Población y medio ambiente, ecosistemas terrestres, suelos, biodiversidad, atmósfera, agua y residuos. Junto con el informe, se presenta también el compendio de Estadísticas Ambientales donde se sistematiza un enorme acervo de datos estadísticos, que incluyen emisiones de gases de efecto invernadero.

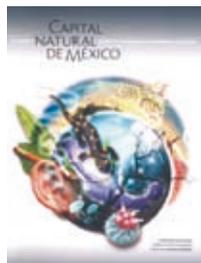


*Estrategias para la conservación de la biodiversidad. Manejo responsable del agua en el medio rural. Agricultura sustentable.*

2009. SEMARNAT, SAGARPA, INCA, CECADESU. Impreso.

*Estrategias para la conservación de la biodiversidad.* 2009. SEMARNAT, SAGARPA, INCA, CECADESU. Impreso.

Son paquetes pedagógicos, para facilitar el proceso de capacitación en temas ambientales, dirigidos a educadores de poblaciones rurales. El objetivo es brindar conocimiento de la biodiversidad (ecosistemas, especies endémicas, cadena alimenticia, entre otros); y los efectos nocivos que las actividades humanas tienen sobre ella, como el cambio climático. Con la finalidad de que la población identifique estrategias de conservación para la conservación de la biodiversidad.



*Capital Natural de México.* 2 vols. 2009. CONABIO. Impreso. Esta obra compila y analiza el conocimiento más actualizado y confiable que existe a nivel mundial sobre la megadiversidad biológica del país; ésta incluye un capítulo de los impactos del cambio climático en la biodiversidad. Se identifica los escenarios de

cambio climático nacionales, se enlista los principales estudios de sensibilidad al cambio climático de especies de mamíferos, especies de bosques templados y vegetación de zonas áridas a través de simulaciones de modelos de nicho ecológico.



*Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México.* 2 vols. 2009. INE, SEMARNAT. Impreso y electrónico. La obra, dividida en dos volúmenes, explica uno de los primeros esfuerzos en el mundo para evaluar la vulnerabilidad integral de los humedales costeros en México ante

el cambio climático y desarrollar medidas de adaptación para su instrumentación, sugeridas para ocho humedales piloto y sus cuencas asociadas a lo largo de la costa del Golfo de México y Mar Caribe.

Otros materiales de difusión publicados por el INE fueron postales, carteles, imanes y calcomanías.

## 6.5 Información sobre fortalecimiento de capacidades en los niveles nacional, regional y subregional

En 2006, el INE empezó un importante plan de trabajo con las Entidades Federativas para apoyar la preparación de sus Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC). El primer estado con el que se trabajó fue Veracruz, y su experiencia en la preparación de su PEACC, que fue publicado a fines de 2008, sirve de modelo para otros estados del país. A partir de ese año, la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental (SPPA), de la SEMARNAT, se sumó a este esfuerzo, buscando asegurar la implementación de los Programas Estatales y la consolidación de la política de cambio climático a todos los niveles. Los PEACC están basados en la experiencia y trabajo de carácter técnico, científico y de administración pública, principalmente del Gobierno y actores clave locales, y algunos Estados cuentan con apoyo financiero, nacional y/o internacional, para iniciarlos.

Aunque se han tenido importantes avances en el país, es necesario continuar el fortalecimiento de las capacidades nacionales y estatales. En el siguiente apartado se presenta el panorama en materia de elaboración de los PEACC y otras iniciativas relacionadas al cambio climático.

### 6.5.1 Programas Estatales de Acción Ante el Cambio Climático

Varias entidades federativas en México han iniciado la preparación de sus PEACC; lo anterior acorde a las políticas públicas que México propone en su Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (PND), en la Estrategia Nacional de Cambio Climático (CICC 2007) y el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012.

Los PEACC son instrumentos de apoyo para el desarrollo y planificación de política pública de nivel estatal, cuyo objetivo es recabar información, analizarla y diseñar líneas de acción que de manera local puedan aplicarse

ante el cambio climático. Conforme a las características de cada estado, se integra un comité para la coordinación de la elaboración del PEACC, y un grupo de trabajo con representantes de la academia, de las universidades y centros de investigación; de las dependencias estatales relacionadas con Medio Ambiente, Planeación, Desarrollo, Finanzas, Agricultura, Turismo; del sector privado; de organizaciones no gubernamentales y delegaciones federales en el estado. Las principales tareas comprendidas para la elaboración del PEACC son:

- Identificar las metas y prioridades de los planes de desarrollo del estado.
- Convocar a las autoridades locales, iniciativa privada y sociedad en general.
- Analizar las capacidades de investigación y educación superior locales para desarrollar y fortalecer la base técnico-científica en materia de cambio climático.
- Sintetizar las principales características sociales, económicas y ambientales.
- Integrar el enfoque de género y de las comunidades étnicas.
- Elaborar un inventario estatal de emisiones de GEI.
- Identificar y evaluar las opciones de mitigación de emisiones de GEI.
- Elaborar los escenarios de emisiones de GEI.
- Generar los escenarios de cambio climático a nivel regional.
- Evaluar la vulnerabilidad de los sectores de interés para el Estado.
- Diseñar las estrategias locales de adaptación al cambio climático.
- Construir los acuerdos necesarios para la implementación del programa.
- Identificar las posibles fuentes de financiamiento para el desarrollo e implementación del PEACC.
- Sensibilizar a la sociedad y difundir el tema de cambio climático, a través de consulta pública y de otros medios para la publicación del PEACC.
- Dar seguimiento y evaluar el PEACC.

Es evidente que cada estado posee características propias, y que muchas políticas de mitigación de emisiones de

GEI y de adaptación al cambio climático podrían tener mejores oportunidades de éxito si se diseñan e instrumentan en los niveles estatal o local. Ésto, debido a que la mayoría de las autoridades, comunidades e investigadores, en este contexto, tienen comúnmente un mejor entendimiento de los problemas y capacidades que existen en sus esferas de influencia, y porque al descentralizarse esta tarea, ellos tendrían además un mayor grado de apropiación de las políticas que se desarrollen y pongan en práctica. También es pertinente mencionar que entre las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático más efectivas, frecuentemente éstas recaen en la jurisdicción estatal o local.

La SEMARNAT, a través de la Coordinación del Programa de Cambio Climático (CPCC) del INE, ha llevado a cabo diversas acciones para profundizar y ampliar los elementos científico-técnicos de especialistas de Gobiernos Estatales y de instituciones de investigación y enseñanza de las Entidades Federativas, para apoyar la identificación, desarrollo e incorporación de opciones de mitigación de emisiones de GEI y adaptación al cambio climático en el diseño de políticas públicas de desarrollo sustentable en las Entidades. Para tal fin la CPCC-INE publicó los documentos siguientes:

- Guía para elaborar el inventario estatal de emisiones de GEI.<sup>16</sup>
- Guía para elaborar programas estatales de acción ante el cambio climático.<sup>17</sup>
- Guía para la elaboración de escenarios de cambio climático

Con relación a las acciones realizadas en el rubro de capacitación, se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

## Capacitación

El INE-SEMARNAT con la colaboración de instituciones académicas del país, ha realizado desde 2007 talleres regionales

16 [http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2008g\\_guia.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2008g_guia.pdf).

17 [http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2008b\\_guias\\_prog\\_estatales.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2008b_guias_prog_estatales.pdf).

de capacitación para la elaboración de inventarios estatales de emisiones de GEI, la elaboración de PEACC, y la modelación y uso de escenarios de cambio climático; en la Figura VI.8 se ilustra el número de estados que ha participado en cada uno de los temas abordados en los talleres de capacitación. Cabe mencionar que a cada taller se invita a representantes de las instancias ambientales estatales, de las delegaciones de la SEMARNAT, y de las instituciones de investigación y educación superior en el estado.

En la Figura VI.9 se muestra el número de personas que han participado en los talleres regionales de capacitación.

Al comparar dichas figuras se observa que la capacitación sobre escenarios de cambio climático se impartió a representantes de 16 entidades federativas del país, lo que implica que se han ido generando y fortaleciendo las capacidades locales en este tema.

Otras acciones para impulsar la elaboración de los PEACC son:

- El Fondo de Programas Estratégicos (SPF por sus siglas en inglés, antes Fondo de Oportunidades Globales, GOF), contribuyó con financiamiento para la elaboración de los PEACC de Veracruz, que ya concluyó; y de los estados de Nuevo León y Chiapas, que están en proceso.
- El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) apoyará la elaboración de los PEACC de Tabasco y Yucatán; con posibilidad de impulsar a tres estados más.
- El Banco Mundial trabaja con el Estado de Michoacán para que elaboren un diagnóstico para el desarrollo de su PEACC, y podría hacerlo también con cuatro entidades federativas más.
- Por otra parte, los estados de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas, realizaron propuestas ante la Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF), dentro del Programa Asistencia técnica para el 2009, del Programa Frontera 2012 México-Estados Unidos, para el desarrollo del inventario estatal y pronóstico de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de sus planes de acción.
- De igual forma con el Fondo Mixto de Cooperación entre la SEMARNAT y la Agencia Española de

Figura VI.8. Número de Estados capacitados en los temas de inventarios de emisiones de GEI, PEACC y escenarios de cambio climático, 2007-2009.

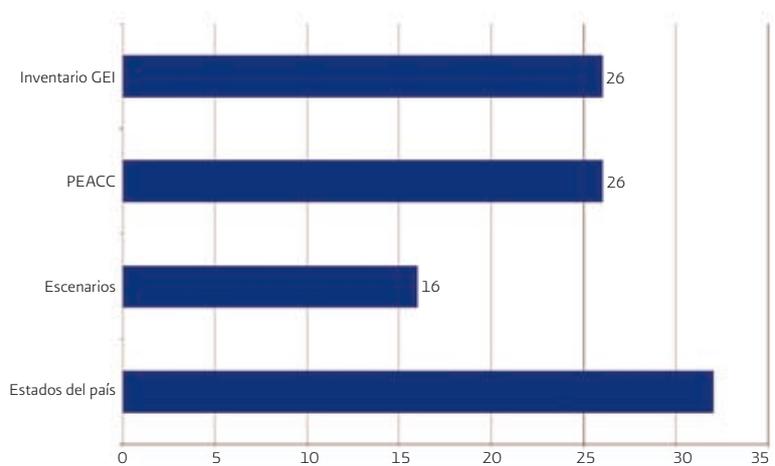
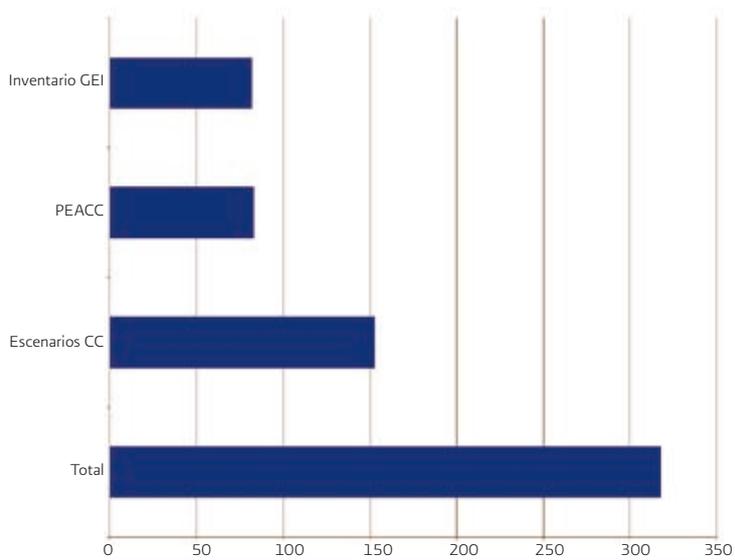


Figura VI.9. Número de personas capacitadas en los temas de inventarios de emisiones de GEI, PEACC y escenarios de cambio climático, 2007-2009.



Cooperación Internacional para el Desarrollo, se gestionan apoyos para los estados de Quintana Roo y Tlaxcala.

- En el ámbito nacional, los estados de: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, San Luis Potosí,

Sinaloa y Sonora; realizaron propuestas para desarrollar insumos técnicos para la elaboración de sus PEACC y/o su inventario estatal de GEI, ante el Fondo Sectorial SEMARNAT-CONACYT 2008; además, la región de La Comarca Lagunera propuso un Programa Regional de Cambio Climático ante el mismo fondo.

- Por su parte, los Fondos Mixtos constituidos con aportaciones de los gobiernos estatales y el gobierno

federal a través del CONACYT en su convocatoria 2009, apoyan la elaboración de los PEACC en los Estados de Nayarit y Durango.

A continuación se presenta una breve descripción de los avances en la elaboración de los diferentes PEACC.

## Baja California

El Plan Estatal de Acción Climática de Baja California (PEAC-BC), cuenta con apoyo financiero semilla de la Secretaría de Protección al Ambiente (SPA) del Gobierno Estatal, y de investigadores del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y del Colegio de la Frontera Norte (COLEF); el inicio de los trabajos fue en el 2008.

El objetivo general del PEAC-BC es evaluar la situación actual y futura de los efectos del cambio climático en diferentes sectores socio-económicos del estado y proponer medidas de mitigación y adaptación. Cuenta con el Inventario Estatal de Emisiones de GEI; escenarios de cambio climático regionalizados de 12 km x 12 km, para la evaluación de la vulnerabilidad local, en los sectores agua, energía, agricultura y salud.

## Chiapas

El Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Chiapas (PEACC-Ch) se encuentra en una etapa inicial de gestión e incorporación de información, así como de construcción de alianzas estratégicas entre actores clave locales, con el apoyo del INE-SEMARNAT, Conservación Internacional y el Gobierno del Estado de Chiapas, y con fondos del Gobierno Británico.

Es importante destacar la relevancia de este proyecto por su enfoque en los sectores agrícola, silvícola y otros usos del suelo. El PEACC-Ch contará con el Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero bajo las directrices del PICC 2006 y los escenarios climáticos futuros para 2020, 2050 y 2080 para el Estado; con los cuales se diseñarán las opciones de mitigación de emisiones de GEI y adaptación al cambio climático locales.

El Gobierno del Estado de Chiapas, la Secretaría del Medio Ambiente y Vivienda del Estado (SEMAVI), la SEMARNAT, la Embajada Británica en México, el INE y Conservación Internacional realizaron el Primer Foro de Cambio Climático en octubre de 2009.

## Coahuila

El Gobierno del Estado se encuentra elaborando e integrando la Estrategia Estatal y la oficina de cambio climático para Coahuila, con recursos del Presupuesto de Egresos de la Federación, y estatales. Se están integrando los componentes de escenarios climáticos, análisis de vulnerabilidad, así como las medidas de adaptación y mitigación de emisiones de GEI. Adicionalmente está en proceso de integración un área dedicada a cambio climático al interior de la Secretaría de Medio Ambiente de Coahuila. La SEMARNAT les brindó asesoría a través de la Dirección General de Políticas del Cambio Climático de la SPPA y a través de la CPCC del INE.

## Distrito Federal

El *Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012 (PACCM)*,<sup>18</sup> identifica y presenta los elementos básicos para la instrumentación de una serie de líneas de acción y actividades específicas para reducir los riesgos y los efectos del cambio climático, considerando medidas tanto de adaptación como de mitigación de emisiones de GEI.

En el PACCM se establecen 26 acciones enfocadas a la mitigación de emisiones de GEI, con una meta estimada de reducción de 4.4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq. por año, lo que representa 12% de las emisiones de GEI de la Ciudad de México. El presupuesto necesario para la instrumentación total del Programa es de 56.2 mil doscientos millones de pesos entre 2008 y 2012. El PACCM está en fase de instrumentación y se contará con resultados en breve.

---

18 [http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/paccm\\_resumen.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/paccm_resumen.pdf).

## Estado de México

El Gobierno del Estado de México elaboró y próximamente presentará su Iniciativa ante el Cambio Climático, la cual incluye el Inventario de Emisiones de GEI del Estado, el análisis de la vulnerabilidad ante el cambio climático, y el diseño de acciones de mitigación y adaptación. Se da especial atención a los impactos en los recursos hídricos, la salud humana, la biodiversidad, los asentamientos humanos y el sector productivo.

## Guanajuato

El estado de Guanajuato cuenta con una Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (COCLIMA), y en noviembre de 2008 publicó el documento "Hacia una estrategia estatal de cambio climático en Guanajuato". En la Primera Comunicación de la COCLIMA presentan el resumen ejecutivo del Inventario Estatal de Emisiones de GEI, y los avances de los grupos de trabajo sobre mitigación de emisiones de GEI, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el estado.

## Nuevo León

El proceso de elaboración del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Nuevo León (PEACC-NL), que está a cargo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, inició en marzo de 2007 y cuenta con el financiamiento del Gobierno del Reino Unido. El PEACC-NL contiene el inventario estatal de emisiones de GEI; los escenarios climáticos regionalizados; el análisis de la vulnerabilidad en sectores clave de la entidad, como agricultura, salud y biodiversidad, entre otros; propuestas de mitigación de emisiones de GEI; y estrategias de adaptación al cambio climático. El Programa está en desarrollo.

## Puebla

Con recursos del Presupuesto de Egresos de la Federación y del Gobierno estatal se apoya durante el año 2009 la elaboración de la Estrategia de Mitigación y Adaptación

del estado de Puebla ante el Cambio Climático, cuyo proceso de preparación incluye la participación de destacados investigadores, analistas y representantes del gobierno del estado, que preparan el inventario de emisiones de GEI, el balance energético, el análisis de vulnerabilidad, y el análisis sobre transversalidad y políticas públicas, para con ello definir las medidas de adaptación y mitigación prioritarias para el estado. La SEMARNAT les brindó asesoría a través de la CPCC del INE y de la Dirección General de Políticas del Cambio Climático de la SPPA.

Es importante destacar que en Puebla se construyó el "Centro de Educación y Vigilancia Climática Global Casa de la Tierra" del Parque Estatal Flor del Bosque, que es un instrumento de información de la Red Mundial de Vigilancia Climática de las Naciones Unidas. En este lugar se ofrece información audiovisual sobre las causas y efectos del calentamiento global, registrada por las estaciones satelitales y terrestres de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés). Este centro es el primero de su tipo en América Latina.

## Tabasco

La elaboración del plan de trabajo para el PEACC de Tabasco inició en 2008. El financiamiento será aportado por el BID, y contará con participación científica-técnica de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, y de otros centros de investigación del país. Esta entidad cuenta ya con un Comité Estatal sobre Cambio Climático.

## Veracruz

La elaboración del Programa Veracruzano ante el Cambio Climático (PVCC), se concluyó en 2008 y se puso a consulta pública en marzo de 2009. Contó con la participación del sector académico local, coordinada por la Universidad Veracruzana, y con vínculos que se establecieron entre los gobiernos federal y estatal, y organismos internacionales. Además, tuvo apoyo técnico de la CPCC del INE, y financiamiento del Gobierno Británico y de la Federación.

El PVCC tiene como propósito fundamental proveer a la sociedad veracruzana y a los tomadores de decisio-

nes con información confiable que le permita entender el fenómeno del cambio climático y sus posibles consecuencias en su entidad.

El Programa incluye el Inventario Estatal de Emisiones de GEI; el análisis de escenarios regionalizados de cambio climático para Veracruz; evaluación de la vulnerabilidad en sectores como biodiversidad, recursos hídricos, productivos y otros relevantes para la entidad; de igual forma, incluye propuestas para desarrollar medidas de mitigación de emisiones de GEI, así como de adaptación al cambio climático, las cuales contemplan el análisis del marco normativo estatal, la comunicación y difusión del tema, y la generación de recursos humanos especializados, entre otros.

Como parte de las recomendaciones del PVCC, en febrero de 2008 el Gobierno del Estado de Veracruz elevó el nivel de la Subsecretaría de Protección Civil a Secretaría, y a mediados de ese mismo año se estableció dentro de ella el Centro Estatal de Estudios del Clima.

## Zacatecas

Inició la preparación del plan de trabajo para desarrollar su PEACC y el inventario estatal de emisiones de GEI en noviembre de 2009. Realizó el foro de alto nivel "Estrategias contra el cambio climático", el 28 y 29 de septiembre de 2009<sup>19</sup>.

## Municipio de Chihuahua

El municipio de Chihuahua, capital del Estado del mismo nombre, presentó su Plan de Acción Climática (PAC) en septiembre de 2009. El PAC tiene el objetivo de constituirse como un documento maestro con medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, que paulatinamente se traducirán en leyes y reglamentos.

---

19 Participaron el Dr. Mario Molina Pasquel, Premio Nobel de Química 1995 y el Sr. Al Gore, Ex Vicepresidente de Estados Unidos de América.

## Otros avances

Guerrero cuenta con una Comisión Estatal de Cambio Climático; mientras que Durango y Coahuila tienen un Comité Regional de Cambio Climático en La Laguna; Baja California Sur y Morelos están en proceso de establecer su comité. Lo anterior indica que los tomadores de decisiones a nivel local están introduciendo el tema de cambio climático en su agenda, lo cual facilitará el desarrollo de los PEACC.

Para continuar con la preparación e instrumentación de los PEACC, se ha identificado retos importantes que deben atenderse con esfuerzos nacionales, locales y la colaboración de la comunidad internacional, incluyendo:

- Incorporar el tema de cambio climático en las agendas sectoriales a nivel estatal y municipal.
- Fomentar el desarrollo de capacidades de recursos humanos.
- Gestionar recursos financieros locales, nacionales e internacionales.
- Desarrollar herramientas en línea para fortalecer las capacidades en los estados para la elaboración de los PEACC.

En el sitio interactivo "Avances de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático" ([www.ine.gob.mx/peacc](http://www.ine.gob.mx/peacc)), dentro del portal del INE, se pueden consultar los logros que los estados comuniquen a la Federación.

Los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático representan un avance en la formulación de la política pública en materia de cambio climático; contribuyen a construir y fortalecer las capacidades locales de las entidades federativas y municipios; y apoyan al cumplimiento de las metas y objetivos del PND 2007-2012, y del PECC, por lo que seguirán siendo impulsados por el INE y la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la SEMARNAT.

México forma parte de la iniciativa Gobiernos Locales por la Sustentabilidad (ICLEI, por sus siglas en inglés)<sup>20</sup> desde 2002, y en el Acuerdo Mundial de

---

20 <http://www.iclei.org.mx/web/index.php/seccion/Programas>.

Alcaldes y Gobiernos Locales por la Protección Climática, que es parte de esta Iniciativa; destacan los municipios de Aguascalientes, Aguascalientes; San Nicolás de los Garza, Nuevo León; Centro, Tabasco; Ciudad Hidalgo, Michoacán; así como el Gobierno del Distrito Federal, y la Delegación Miguel Hidalgo del Distrito Federal.

## 6.6 Esfuerzos para promover el intercambio de información

México contribuye al fortalecimiento de capacidades a través del intercambio de la información generada en investigaciones sobre cambio climático, mediante su participación en redes, algunas de las cuales se describen a continuación:

### Red de detección del cambio climático<sup>21</sup>

El Instituto Nacional de Ecología con la colaboración del Grupo de Expertos en Detección del Cambio Climático e Índices (ETCCDI, por sus siglas en inglés) de la Organización Meteorológica Mundial; la Unidad de Investigación del Clima (CRU, por sus siglas en inglés) de la Universidad de East Anglia del Reino Unido; el Centro sobre Cambio Climático de la Universidad Rovira i Virgili en Tarragona, España y la Universidad Iberoamericana Puebla, con apoyo financiero del Fondo de Programas Estratégicos del Reino Unido, desarrollan el proyecto “Fortalecimiento de Capacidades en Detección del Cambio Climático en México”. En el marco de dicho proyecto, durante el taller “Detección de Cambios en los Extremos Climáticos de la República Mexicana”, se conformó la Red de Detección e Índices del Cambio Climático en México coordinada por el INE, para fortalecer la capacidad de las instituciones gubernamentales, de investigación científica y académicas en detección de los cambios del clima, en la generación de información relacionada con el clima para la toma de decisiones y en el diseño de políticas.

21 <http://zimbra.ine.gob.mx/tallerIndices>.

### Red interinstitucional de cambio climático del sureste de México<sup>22</sup>

Esta Red aborda los efectos potenciales del cambio climático sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas costeros; la diversidad de organismos en lagunas costeras; la incidencia de enfermedades en organismos marinos; y la productividad de los manglares. Lo anterior basados en datos históricos generados en la Laguna Celestún. La Red está constituida por investigadores de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, la Universidad de Quintana Roo, la Universidad Autónoma de Yucatán, el Instituto tecnológico de Mérida, la Universidad Autónoma de Campeche–Centro de Ecología Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, ONG y otras asociaciones civiles.

### Red mexicana de estudios interdisciplinarios para la prevención de desastres<sup>23</sup>

Esta Red es un proyecto académico cuyos antecedentes se remontan a octubre de 1990. Se ha preocupado por la discusión y construcción de propuestas integrales, lo cual ha contribuido a posicionar la problemática del desastre y vulnerabilidad en la reflexión social e institucional.

También participa en la Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina,<sup>24</sup> a través del Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS); y en el Programa de Aprendizaje y Observaciones Globales en Beneficio del Ambiente (GLOBE, por sus siglas en inglés).<sup>25</sup> Desde 1996, México forma parte del programa que es impulsado por el Gobierno de Estados Unidos, que promueve entre estudiantes de varios niveles escolares en el mundo, el monitoreo ambiental, con la idea de mejorar la educación científica e incrementar la conciencia sobre

22 <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/noticias-detalles.php?IdNoticia=36>. Correo-e: [vvidal@mda.cinvestav.mx](mailto:vvidal@mda.cinvestav.mx).

23 [http://www.rniu.buap.mx/afiliados/red\\_desastres.pdf](http://www.rniu.buap.mx/afiliados/red_desastres.pdf).

24 <http://www.desenredando.org/lared/instituciones.html>.

25 <http://www.globe.gov/fsl/INTL/contact.pl?ctry=MX&lang=en&nav=1>.

el cuidado al medio ambiente. En el programa participan doce escuelas públicas y privadas del país.

## **Padrón de expertos e instituciones científicas y técnicas en materia de variabilidad y cambio climático en México<sup>26</sup>**

El INE ha coordinado este Padrón para identificar nuevos esfuerzos desarrollados en las instituciones académicas y gubernamentales de investigación y desarrollo tecnológico, en las entidades federativas del país, en materia de mitigación de emisiones de GEI, variabilidad climática y adaptación al cambio climático, incluyendo subtemas relacionados como factores económicos, sociales y demográficos. El directorio generado de los especialistas y las instituciones contiene los datos generales, que son de utilidad en caso de que algún especialista ajeno al tema, o el público general, quiera iniciar un intercambio de información (véase sección VI.2.1). El padrón será actualizado en 2010-2011.

## **6.7 Participación en actividades internacionales**

Entre los arreglos institucionales establecidos, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), que es la instancia máxima de decisión en el tema dentro del Gobierno Federal, atiende la agenda internacional a través del Grupo de Trabajo sobre Asuntos Internacionales (GT-Int), el cual se reúne periódicamente para la definición de la política exterior de México en materia de cambio climático. Ésta fue creada por acuerdo del Ejecutivo Federal en 2005, en calidad de órgano federal responsable de fortalecer la implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en el país, con la formulación de políticas públicas y estrategias transversales en materia de cambio climático. En este contexto, destaca el nombramiento

---

<sup>26</sup> [http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/padron\\_expertos\\_cc\\_2008.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/padron_expertos_cc_2008.pdf).

realizado por el Presidente de la República, de un Embajador Especial para Cambio Climático, así como la presentación de la candidatura de México para ser anfitrión de la Décimo Sexta Conferencia de las Partes (COP16) de la CMNUCC en 2010.

México se ha caracterizado por dar cumplimiento puntual a sus compromisos internacionales ante la CMNUCC, siendo un elemento central la continua preparación de Comunicaciones Nacionales para ser presentadas a la misma, y en especial la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI), que es parte fundamental de los documentos.

Las Comunicaciones Nacionales son útiles para apoyar la toma de decisiones a nivel nacional, así como para sistematizar el conjunto de acciones que se desarrollan en el país en materia de cambio climático. El Programa Especial sobre Cambio Climático 2009-2012 (PECC), por ejemplo, utilizó información y datos de la Tercera Comunicación Nacional de México ante la CMNUCC, así como de la actualización del INEGEI 2006.

### **6.7.1 Programa Especial de Cambio Climático (2009-2012)**

México ha asumido con seriedad su compromiso de contribuir a la solución del problema del cambio climático y de formular e instrumentar, en la medida de sus capacidades e intereses nacionales, programas que contengan acciones de adaptación al cambio climático y de mitigación de emisiones de GEI, tales como el impulso a la energía renovable, el combate a la deforestación, y la aplicación de acciones y tecnologías para la mejora en eficiencia energética, incluyendo las del sector transporte. En este espíritu ha creado el PECC, que permite así dar cabal cumplimiento a los compromisos del país ante la CMNUCC.

Como eje rector de la política sobre cambio climático de la presente Administración, el PECC incluye una sección en la que se plasman los principios que sustentan la posición y la participación mexicana en el contexto de las negociaciones y los foros internacionales sobre el tema del cambio climático. En el PECC se reconoce que este fenómeno es un problema global cuya solución demanda

la participación de todas las naciones y, para lograrla, los instrumentos jurídicos negociados en el ámbito multilateral son fundamentales para definir y determinar las responsabilidades y obligaciones de cada nación.

### 6.7.2 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

México reconoce el valor de iniciativas complementarias al proceso de negociación en el marco de las Naciones Unidas, pero ha reiterado que el foro para adoptar decisiones y acuerdos jurídicamente vinculantes es la CMNUCC. Asimismo, el país ha manifestado que el proceso de negociación en curso para el fortalecimiento de la implementación de la CMNUCC debe tener como eje conductor lo acordado en el Plan de Acción de Bali en 2007.

Los principios establecidos en la CMNUCC deben prevalecer en la negociación de largo plazo. En particular, teniendo siempre presente los principios de responsabilidades comunes pero diferenciadas, capacidades respectivas, y equidad.

El Gobierno Mexicano posee un particular interés en asegurar una participación activa, informada y propositiva en el contexto de los trabajos de la CMNUCC, promoviendo la atención de los asuntos relevantes para el país. La delegación mexicana que asiste a las sesiones, talleres y otras actividades de la agenda de la CMNUCC, integra cada vez a más funcionarios de diferentes dependencias del Gobierno Federal y de los tres órdenes de gobierno.

### 6.7.3 Programa de Nairobi

Entre las actividades realizadas en apoyo a los trabajos de la CMNUCC, México organizó y fue sede de dos de los talleres del Programa de Nairobi sobre Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. Se trató de las Reuniones de Expertos sobre Métodos y Herramientas, y sobre Datos y Observaciones, que tuvieron lugar del 4 al 7 de abril de 2008, y congregaron a alrededor de cien expertos internacionales y a representantes de las Partes ante la CMNUCC, para discutir las metodologías y los datos

existentes y necesarios para la adecuada adaptación al cambio climático global.

El objetivo de dichos talleres fue intercambiar conocimientos, experiencias y opiniones acerca de los métodos y herramientas, datos y observaciones existentes y necesarios para afrontar la vulnerabilidad a los impactos adversos del cambio climático, mediante medidas de adaptación efectivas y sustentables. Se logró reunir a expertos y representantes de los Estados miembro y de organismos internacionales que han avanzado en dichos temas a fin de explorar posibles mecanismos de colaboración.

Tal actividad formal en el calendario de la CMNUCC, de la que fue anfitrión el Gobierno de México a través del INE, sirvió también para promover el tema en la agenda ambiental nacional, y reflejó el interés creciente de México por los asuntos en materia de adaptación.

Desde su concepción, México ha participado en las actividades emprendidas en el marco del Programa de Nairobi sobre Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación, reconociendo el valor de esta iniciativa para países más vulnerables ante el cambio climático.

### 6.7.4 Propuesta del Fondo Verde

México ha planteado a la comunidad internacional el establecimiento del *Fondo Verde* (en lo sucesivo el *Fondo*), como una opción de esquema de financiamiento al amparo de la Convención, que aumente significativamente la escala de los esfuerzos globales de mitigación.

De acuerdo a la propuesta de México, contribuirían al *Fondo* todos los países desarrollados (Anexo I), así como todos los países en desarrollo que quieran beneficiarse de él, con excepción de los países conocidos oficialmente como “menos desarrollados”, los que se beneficiarán del *Fondo* sin aportar al mismo.

De conformidad con el principio de “responsabilidades comunes pero diferenciadas y respectivas capacidades”, es importante *medir* dichas responsabilidades y capacidades con criterios objetivos aceptados por las Partes. Con este fin, las aportaciones de los países se determinarían por medio de una fórmula objetiva, negociada y revisable con periodicidad a fin de reflejar las condiciones vigentes en el país de que se trate.

Los principios fundamentales a considerar para la determinación de las aportaciones al Fondo son:

- A. **Responsabilidad:** quien contamina paga.
- B. **Equidad:** todos los seres humanos tienen el mismo derecho a beneficiarse de los servicios ambientales globales que presta la atmósfera.
- C. **Eficiencia:** la cuantía de las emisiones asociadas a los procesos económicos refleja en alguna medida la eficiencia de las tecnologías utilizadas.
- D. **Capacidad:** todos los países deben enfrentar el cambio climático en función de su capacidad económica.

Para la determinación de las contribuciones de los países al *Fondo* se propone tomar en cuenta variables como: emisiones de gases de efecto invernadero (idealmente las emisiones históricas acumuladas); población; y Producto Interno Bruto (PIB). En algunos foros se ha planteado también la posible consideración del Índice de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas. Cualquiera que sea la fórmula que se adopte, el monto del *Fondo* deberá ser escalable.

Los países en desarrollo tendrán acceso a recursos muy superiores al monto de sus aportaciones, determinándose así un flujo neto de recursos entre los países desarrollados y aquellos en desarrollo que participen en el esquema del *Fondo*.

El *Fondo* movilizaría en principio recursos públicos, sobre la base del compromiso asumido por las Partes participantes. Cada país o grupo de países determinará el origen y la forma de movilizar los recursos a cuya aportación se compromete.

La propuesta del *Fondo* hecha por México resulta compatible con la existencia de otros esquemas complementarios de financiamiento. Los países en desarrollo (No Anexo I) que opten por no contribuir al *Fondo* quedarían excluidos de sus beneficios, sin que sean objeto de ningún tipo de penalización. De considerarlo conveniente, dichos países podrán incorporarse al *Fondo* en cualquier momento posterior.

Las acciones de mitigación apoyadas podrían en principio referirse a todos los gases y a todos los sectores o categorías de fuentes especificados en el Anexo

A del Protocolo de Kioto. Las acciones susceptibles de apoyo serán definidas por las Partes, con base en sus necesidades de desarrollo y atendiendo a sus circunstancias propias. Estas acciones deberán, sin embargo, determinar resultados de mitigación/adaptación reales, medibles, reportables y verificables. Las actividades elegibles para beneficiarse del *Fondo* corresponderán a escalas que se extienden desde los proyectos hasta los programas, sub-sectores, sectores completos o entidades subnacionales.

Para una adecuada instrumentación del *Fondo*, será necesaria la elaboración periódica de inventarios de emisiones con metodologías estrictas. A partir de estos inventarios se podrán adoptar líneas-base realistas. En la medida en que reciban apoyo del *Fondo*, la verificación de los resultados de las acciones de mitigación deberá llevarse a cabo por entidades independientes.

Dada su responsabilidad histórica, se espera que el grupo de países desarrollados (Anexo I) contribuya con por lo menos dos terceras partes del total del *Fondo*, correspondiendo el resto a los países en desarrollo. Para evitar desbalances entre los beneficiarios del *Fondo*, se propone negociar y llegar a un acuerdo sobre el posible establecimiento de topes para el retiro de recursos del *Fondo* por parte de un solo país. Una fracción de las aportaciones totales al *Fondo* se reservaría para beneficio de países de menor grado de desarrollo, que por lo general son los que se verán más afectados por el cambio climático sin haber contribuido de manera significativa a sus procesos causales.

Se propone que el *Fondo* se rija por un esquema de gobernanza incluyente y transparente, con total respeto a los lineamientos generales que establezca la Conferencia de las Partes (COP). El Consejo de Gobierno del Fondo deberá ser equilibrado en su composición, y se normará por criterios técnicos y de eficiencia. Los recursos del *Fondo*, pudieran ser administrados por una institución financiera multilateral existente, de alcance global y con experiencia en el sector. Los países en desarrollo tendrán el mismo peso en el esquema de gobernanza que los desarrollados.

## 6.7.5 Diálogo ampliado del Grupo de los Ocho

En 2005, el Grupo de los 8 (G8), integrado por Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, Reino Unido y Rusia, inició un proceso de diálogo en materia de cambio climático que involucró a cinco países en desarrollo: Brasil, China, India, México y Sudáfrica, a quienes se conoce como Grupo de los 5 (G5). En julio de 2007, cuando la Presidencia del G8 recaía en Alemania, México fue sede de una de las reuniones de dicho grupo en la ciudad de Veracruz, Veracruz. Tal sesión congregó a autoridades de los sectores ambiental, energético y financiero de los países miembros del Grupo, además de representantes de diversas instituciones y organismos internacionales.

El objetivo de la reunión fue explorar líneas de colaboración que incrementaran la escala de las respuestas necesarias para enfrentar el cambio climático, así como discutir la forma en que las políticas nacionales crearían capacidades en materia de mitigación y adaptación. Entre los temas abordados por los participantes se encuentran la introducción de tecnologías bajas en carbono a escala suficiente para limitar o revertir el incremento de las emisiones, y los instrumentos institucionales y financieros adecuados para cubrir los costos generados por las mismas.

El G5 continúa participando en las reuniones del G8 celebradas en 2008 y 2009, bajo la Presidencia del G8 de Japón e Italia, respectivamente. Se ha abordado el tema del cambio climático con diferentes enfoques, en el ánimo de entablar un diálogo de cooperación e intercambio de información, cuyo objetivo central es catalizar acciones y medidas específicas que contribuyan al esfuerzo global para hacer frente al cambio climático. México ha participado activamente en tales sesiones tanto a nivel ministerial como de Jefes de Estado, y en sus correspondientes reuniones preparatorias.

## 6.7.6 Foro de las principales economías

En 2007, a raíz de una iniciativa del Gobierno de Estados Unidos, se constituyó el Grupo de las Principales

Economías sobre Seguridad Energética y Cambio Climático. Éste reformuló sus actividades en 2008 con el fin de brindar impulso a las negociaciones multilaterales en el contexto de la CMNUCC, y a partir de 2009 es conocido como Foro de las Principales Economías sobre Energía y Clima (MEF, por sus siglas en inglés), que ha celebrado reuniones en diversos países. En junio de 2009, México hospedó una de ellas en Jiutepec, Morelos, preparatoria a la reunión de líderes del MEF en L'Aquila, Italia, de julio de 2009.

En este foro, nuestro país ha impulsado propuestas como la del Fondo Verde; y ha resaltado la urgencia de establecer un fondo de arranque rápido para financiar acciones en el período 2010-2012, así como la utilidad de los planes de desarrollo de baja intensidad de carbono para identificar oportunidades de mitigación apoyadas con recursos internacionales.

## 6.7.7 Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático

El punto focal del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) en México es el INE, que cumpliendo con sus atribuciones ha dado seguimiento puntual a todas las actividades que desempeña el Panel, y ha procurado que los informes de evaluación y otros productos que resultan del trabajo de este organismo reciban la divulgación adecuada y sean de la mayor utilidad en México para comunicar a la sociedad y en especial a los tomadores de decisiones.

El PICC tuvo una importante actividad durante 2007, cuando se aceptaron y publicaron los tres volúmenes y la síntesis del 4º Informe de Evaluación. En ese año en particular, el INE coordinó la preparación de los insumos de México para los borradores finales, así como la participación de los representantes del Gobierno de México que asistieron a las sesiones de aprobación de los mismos. Además, se continuó apoyando, hasta su conclusión, la participación de los autores mexicanos en la preparación del 4º Informe. Cabe mencionar que al PICC se le otorgó el Premio Nobel de la Paz 2007; dichos autores fueron reconocidos por el Gobierno de México por tan loable labor.

Así como en el 4º Informe se logró una participación de autores mexicanos sin precedente, también se ha procurado nominar e impulsar la participación de expertos mexicanos en todas las actividades del PICC, incluyendo la preparación de los informes especiales sobre energía renovable y riesgo, actualmente en proceso de elaboración.

México ha contribuido a las discusiones sobre el futuro del PICC, y posteriormente a la conclusión del trabajo de la Mesa Directiva para el 4º Informe de Evaluación, en la que el Dr. Edmundo de Alba Alcaraz fungió como Vicepresidente del Grupo de Trabajo II sobre Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación.

### **6.7.8 Instituto Interamericano de Investigación sobre el Cambio Global**

En cumplimiento con sus atribuciones, el INE ha colaborado con el Instituto Interamericano de Investigación sobre el Cambio Global (IAI, por sus siglas en inglés), organización intergubernamental compuesta por 19 países del Continente Americano. El INE es el punto focal de México ante el IAI, y su activa participación permitió al país ser miembro del Consejo Ejecutivo para el periodo 2008-2010. Los investigadores mexicanos han tenido una presencia importante en las redes y programas de investigación creados por el IAI, tales como el Programa de Redes de Investigación Cooperativa I y II, el Programa de Pequeños Subsidios, así como en el Comité Científico Asesor del Instituto. A través del IAI se ha fortalecido el intercambio abierto de los datos científicos y la información generada por los programas de investigación de la región, y mediante sus programas de capacitación y educación se ha apoyado el desarrollo de capacidades nacionales.

### **6.7.9 Grupo Internacional de Agencias de Financiamiento de la Investigación del Cambio Global**

El Grupo Internacional de Agencias de Financiamiento para la Investigación del Cambio Global (IGFA, por sus siglas en inglés) coordina y orienta los trabajos de las agen-

cias más importantes de investigación del cambio global a nivel mundial, y gracias a su apoyo se canalizan de manera más efectiva los recursos disponibles para la investigación en el tema, no sólo al interior de las agencias, sino dentro y entre los países miembros de IGFA.

Actualmente, México es miembro de dicho grupo, y participó en el Comité Asesor de 2006 a 2008. Como parte de su apoyo a las tareas de IGFA, México fue sede de la reunión plenaria realizada en septiembre de 2008. Como resultado de tal evento se estrecharon los lazos de colaboración entre los investigadores y funcionarios mexicanos y los miembros de IGFA. Además, se intercambiaron conocimientos, experiencias y opiniones acerca de temas emergentes; así como sobre las prioridades y estrategias para la asignación de los recursos disponibles para la investigación del cambio ambiental global.

### **6.7.10 Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico**

México es miembro de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) desde 1994, y como tal ha participado en las actividades de esta organización, incluyendo las relativas al tema del cambio climático. Destaca el activo papel del país en el Grupo de Expertos del Anexo I de la CMNUCC, al que asiste como observador en virtud de que no pertenece a dicho Anexo.

La participación de nuestro país en este Grupo de Expertos, y en particular el diálogo e intercambio de experiencias entre expertos y tomadores de decisiones que en él se propicia, ha redituado en el desarrollo de nuestras capacidades para enfrentar el cambio climático y fortalecido nuestra posición internacional.

### **6.7.11 Cooperación regional**

#### **Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático**

México participa regularmente en las actividades que organiza la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Cli-

mático (RIOCC), desempeñando un papel activo en este proceso internacional de diálogo y construcción de capacidades para abordar el tema del cambio climático y el desarrollo. En particular, se han seguido con interés las actividades organizadas por la RIOCC para apoyar la construcción de consensos para el acuerdo global sobre el régimen de cambio climático post-2012. Esta Red, establecida y operada por el generoso apoyo de España, ha proporcionado financiamiento y asesoramiento técnico para que expertos mexicanos participaran en el Programa Iberoamericano de Evaluación de Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en entrenamiento técnico en el Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos de Brasil. También apoyaron la capacitación técnica en materia de desastres naturales y protección civil, en Ecuador, 2008.

### **Red Global para Adaptación al Cambio Climático en América Latina y El Caribe**

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en cooperación con algunas de las agencias clave de Naciones Unidas y otras organizaciones internacionales está facilitando el proceso de desarrollo de la Red Global de Adaptación al Cambio Climático. Dicha Red estará compuesta de centros locales, regionales y un grupo internacional de instituciones de apoyo. El objetivo es aumentar la capacidad adaptativa de los países en desarrollo, tanto de sus ecosistemas como de los sectores más vulnerables, a través de la movilización de conocimiento. La Red tendrá como enfoque el apoyo a la implementación del Programa de Trabajo de Nairobi sobre los Impactos, la Vulnerabilidad y la Adaptación, a través de su contribución a iniciativas locales, nacionales, regionales e internacionales para la adaptación al cambio climático.

El proceso de desarrollo de la Red, fue iniciado en octubre de 2008, con una reunión regional en República de Corea, los participantes incluyeron expertos de las regiones en desarrollo (África, Asia, América Latina y Pequeños Estados Insulares en Desarrollo), representantes de gobiernos y fundaciones, así como de las agencias de Naciones Unidas y otras organizaciones de la sociedad civil. En 2009 se realizaron consultas regionales en África, en Asia-Pacífico; y en México, para América Latina y El Caribe.

### **Estrategia Internacional de Reducción de Desastres de las Naciones Unidas**

La Estrategia Internacional de Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (ONU/EIRD) es el punto de enlace dentro del Sistema de la ONU para promover sinergias y la coordinación entre las diversas actividades para la reducción de desastres en los campos socioeconómico, humanitario y de desarrollo, al igual que para brindar apoyo a la integración de las diversas políticas afines. También sirve de centro internacional de difusión de información en materia de reducción de desastres, desarrollando campañas de sensibilización y produciendo artículos, material de promoción, revistas y otras publicaciones relacionadas con el tema. La sede de la ONU/EIRD se encuentra en Ginebra, Suiza, y conduce programas de extensión mediante sus unidades regionales.

Como parte de la ONU/EIRD se crea la Plataforma Global para la Reducción del Riesgo de Desastres, el principal foro consultivo a nivel global. La Plataforma tiene como objetivo expandir el espacio político dedicado por los gobiernos a la reducción de riesgo de desastres en todos los sectores y contribuir al logro de las Metas de Desarrollo del Milenio, particularmente las referidas a la reducción de la pobreza y a la sustentabilidad ambiental.

Para México es importante su labor de apoyo en materia de herramientas y sistemas de evaluación y gestión del riesgo de desastres en políticas nacionales.

### **Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental**

En junio de 2008, los Ministros del Ambiente de Mesoamérica (México, Guatemala, Belice, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Costa Rica y Panamá) suscribieron la Declaración de Campeche, que da forma a la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (EMSA), como eje de la cooperación en la región. La EMSA fue adoptada posteriormente por los Jefes de Estado y de Gobierno del Mecanismo de Diálogo y Concertación de Tuxtla, y se inscribe también como parte del Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica. Como una de

las tres áreas prioritarias de cooperación de la EMSA ha sido incluido el cambio climático.

A partir de la EMSA, los Ministerios del Ambiente de los países de la región, trabajan conjuntamente en el desarrollo del Programa Mesoamericano de Desarrollo Sustentable (PMDS), al que se han agregado Colombia y República Dominicana. Para esta iniciativa se cuenta con el apoyo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), de la Dirección Ejecutiva del Proyecto Mesoamérica, y de otros organismos internacionales como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

## 6.7.12 Cooperación multilateral

### Banco Mundial

En 2007, el INE llevó a cabo la fase de preparación del Proyecto de adaptación al cambio climático en humedales costeros del Golfo de México, con el apoyo financiero del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés), a través del Banco Mundial (BM). En 2008 y 2009, también a través del BM, mediante el fideicomiso de Japón denominado *Policy and Human Resources Development Trust Funds*, se otorgó a México una donación adicional, para continuar con la preparación de dicho proyecto. Adicionalmente, el BM apoya al estado de Michoacán para iniciar la preparación de su PEACC.

Por otro lado, el Banco Mundial estableció en 2008 sus Fondos de Inversión Climática, orientados a proveer financiamiento para proyectos estratégicos y en materia tecnológica, en los cuales México participa. En uno de ellos, el Fondo para Tecnología Limpia, México ha sido elegido para formar parte del Comité Ejecutivo.

México ha sido aceptado, asimismo, como uno de los países piloto que recibirá financiamiento por parte del Fondo Forestal de Carbono (*Forest Carbon Partnership Facility*).

### Banco Interamericano de Desarrollo

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Gobierno de México, a través de la SEMARNAT, prepararon con-

juntamente dos Planes de Operación Programática del Programa de Apoyo a la Agenda de Cambio Climático de México. Con el respaldo del INE, se iniciaron en 2008 actividades para identificar a algunos estados entre los más vulnerables del país, con la finalidad de apoyarlos en la preparación de sus PEACC. A través de diversos mecanismos de cooperación técnica, a finales de 2009 se firmaron los acuerdos de cooperación con los estados de Tabasco y Yucatán, para empezar a preparar sus Programas en 2010.

### Unión Europea

México y la Unión Europea establecieron en 2007 un Diálogo de Medio Ambiente y Cambio Climático. Se han sostenido reuniones sobre el tema y se prevé que a inicios de 2010 se lleve a cabo la siguiente reunión.

## 6.7.13 Cooperación bilateral

### Estados Unidos

Existen muchos lazos de colaboración con Estados Unidos. Por ejemplo, el Programa Ambiental México-Estados Unidos: Frontera 2012, que ha operado desde abril de 2003, ha sido fundamental para la cooperación en materia ambiental en asuntos de interés común. Recientemente, se acordó un nuevo objetivo dentro de este Programa, en particular como parte de la meta relativa a la reducción de emisiones a la atmósfera. El objetivo es desarrollar en los estados fronterizos suficiente capacidad técnica para generar y manejar información sobre las emisiones de GEI usando metodologías comparables, así como expandir los programas voluntarios para la mitigación costo-efectiva de estas emisiones.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, la Agencia de Protección Ambiental del estado de California, la Fundación ECOLIFE y la Reserva de Acción Climática de Estados Unidos, firmaron la Carta de Intención para la Elaboración de un Proyecto de Protocolo Forestal en la Sierra Madre Occidental, el 30 de septiembre de 2009; con la intención de salvaguardar los bosques de la Sierra Madre Occidental y la Biósfera de la Mariposa Monarca, localizada entre Michoacán y

el Estado de México. Los ecosistemas mencionados y la Mariposa Monarca realizan funciones esenciales en la naturaleza, como son: la polinización en Canadá, Estados Unidos de América y México, por la migración de las mariposas; el mantenimiento de las cuencas hidrológicas que provén agua a diversas comunidades; y por la importancia económica que representan en algunos cultivos, productos maderables, derrama económica por la actividad turística y sustento de sus habitantes.

Al igual que con el Gobierno Federal Norteamericano, se tienen diversas iniciativas de colaboración con algunos de sus estados, especialmente los de la frontera sur. Por citar un ejemplo, con la Agencia de Protección Ambiental de California se firmó un plan de acción para la colaboración en temas ambientales diversos, entre los que ocupa un lugar preponderante el cambio climático. Derivado de este plan, se desarrollan diversas actividades, en su mayoría de investigación y capacitación.

Con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, a través del programa de Estudios Ambientales Integrales (IES, por sus siglas en inglés), el INE ha recibido cooperación financiera y técnica para la elaboración de importantes estudios sobre los beneficios adicionales de reducir emisiones locales y globales. También con el Programa "Climate Action Reserve", se ha intercambiado información sobre aseguramiento de la integridad, transparencia y financiamiento relacionado con el mercado de carbono estadounidense. Cabe destacar la colaboración con la iniciativa Green House Gas Protocol (véase capítulo V).

## Reino Unido

El apoyo del Reino Unido ha sido clave para impulsar diversas actividades relacionadas con la atención al tema del cambio climático en México. A través del Fondo de Programas Estratégicos (SPF, por sus siglas en inglés), destaca el apoyo para el desarrollo y posterior divulgación e instrumentación de algunos PEACC (para mayores detalles, véase la sección 6.5.1); así como para la realización del estudio: La economía del cambio climático en México, sobre el que se presentan más detalles en el Capítulo V de este documento.

Asimismo, en el Diálogo para un Desarrollo Sustentable, que es un esfuerzo del Reino Unido por establecer vínculos con las economías emergentes para intercambiar experiencias en temas de desarrollo sustentable, iniciado desde 2006, el tema de cambio climático tiene una gran importancia. A través de este mecanismo se han desarrollado diversas actividades, entre las cuales destaca un estudio de la viabilidad de la producción de insumos para biocombustibles en zonas áridas.

Finalmente, para incrementar el desarrollo de capacidades nacionales en el tema de cambio climático, en el 2009 se firmó un acuerdo de co-financiamiento entre el Gobierno del Reino Unido y el Gobierno de México, a través del Consejo Británico, la Embajada Británica, y la SEMARNAT a través del Instituto Nacional de Ecología, para el estudio de postgrados en el Reino Unido, específicamente en el tema de cambio climático. También existen cursos intensivos de doce semanas de duración en el Reino Unido, entre los cuales están "Economía de Cambio Climático", "Finanzas e Inversión en una Economía de Baja Emisión de Carbono" y "Economía Energética", que se impartirán en 2010.

En el mismo contexto, con financiamiento de la Embajada Británica, se encuentran en desarrollo herramientas en línea para fortalecer las capacidades en los estados para la elaboración de los PEACC.

## Japón

Se han realizado diferentes actividades de colaboración técnica con Japón, a través del Banco Mundial y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA, por sus siglas en inglés). En 2006, un grupo de técnicos mexicanos del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, hizo una visita académica al *Earth System Simulator* del Instituto de Investigaciones Meteorológicas, en Tsukuba, Japón, con la finalidad de analizar los escenarios futuros de cambio climático de muy alta resolución (22 km x 22 km). En 2009, personal del Centro de Tecnología en Monitoreo Remoto de Japón (RESTEC, por sus siglas en inglés) proporcionó capacitación a funcionarios y científicos mexicanos para el uso de imágenes de satélite del tipo *Advanced Land Observing Satellite Data* (ALOS).

Como resultado de las actividades de fortalecimiento de las capacidades, se generó una publicación con los principales resultados de los escenarios de cambio climático proyectados para México para las últimas décadas del siglo XXI (Vergara et al., 2007) (véase sección 4.3.8).

Por otra parte, el Gobierno Japonés apoya la realización del Proyecto para el Desarrollo de Capacidades para la Formulación de Programas de Adaptación al Cambio Climático en Agua y Manejo Costero en Yucatán, Campeche y Quintana Roo. Su apoyo consistió en impartir diversos cursos de capacitación en Japón, sobre temas como escenarios del clima; la evaluación de los impactos del cambio climático en agua, y manejo costero; y estudios de caso sobre las experiencias japonesas en el diseño e implementación de políticas y programas de adaptación.

## España

Conjuntamente con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), se identifican temas de mutuo interés en cambio climático, especialmente en vulnerabilidad y adaptación. Como resultado de este proceso, los gobiernos de España y México apoyarán el desarrollo de los PEACC de los estados de Tlaxcala y Quintana Roo.

## Alemania

México participa en la Iniciativa del Clima promovida por el Gobierno Alemán, en el marco de la cual se han iniciado dos proyectos, uno sobre áreas naturales protegidas, con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), y otro sobre techos solares, con el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT). Asimismo, se ha incluido el tema de forma transversal en la cooperación técnica entre Alemania y México, a través de la Agencia de Cooperación Alemana (GTZ, por sus siglas en alemán), para proyectos sobre energías renovables y gestión ambiental urbana e industrial, entre otros.

## Canadá

En el marco de la Alianza México Canadá (AMC), se ha promovido el Diálogo Político en Materia de Cambio Climático, y está en curso el desarrollo de proyectos conjuntos en captura de metano, entre otros. En octubre de 2009, se realizó un taller en México que abordó los temas de inventarios, sistemas de inventarios de GEI y el modelo canadiense para carbono forestal.

## Brasil

Con Brasil se estableció un Grupo de Trabajo sobre cambio climático, a través del cual se identifican áreas de interés común en materia de cooperación técnica en el sector forestal.

### 6.7.14 Fundaciones

El trabajo relacionado al tema del cambio climático que realizan diferentes instituciones tanto del gobierno como de la sociedad civil y la academia, se ha visto beneficiado por el apoyo de diversas fundaciones internacionales que han dado gran relevancia al tema en sus agendas de cooperación y apoyo. Entre ellas destacan las fundaciones Hewlett, Packard, Climate Works y Clinton.

## 6.8 Financiamiento para la Cuarta Comunicación

El Gobierno Mexicano financió la elaboración de la Cuarta Comunicación, cuyo costo aproximado fue de 32.7 millones de pesos mexicanos. Los insumos consideraron las diversas investigaciones realizadas desde 2007 sobre cambio climático, así como los recursos humanos de la CPCC del INE y la contratación de asesores externos.

## Bibliografía

- CECADESU, SAGARPA, INCA-RURAL, SEMARNAT. 2009. *Estrategias para la conservación de la biodiversidad*, 108 pp; *Manejo responsable del agua en el medio rural*, 92 pp; *Agricultura sustentable*, 142 pp., México.
- CECADESU-SEMARNAT, 2008. *Cambio climático: Manual para Comunicadores*. México, 39 pp.
- . 2007. *El planeta se está calentando*. México, 31 pp.
- . 2008. *Guía Recursos de Género para el Cambio Climático*. México, 123 pp.
- CECADESU-UNAM. 2007. *México y el cambio climático global*. México, 31 pp.
- CECADESU-SEMARNAT. 2008. *Más de 100 consejos para cuidar el ambiente desde mi hogar*. Segunda edición. México, 39 pp.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. 2009. *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*, SEMARNAT, México, 118 pp.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. 2007. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. SEMARNAT, México. 157 pp.
- CONABIO. 2009. *Capital natural*, Síntesis, 100 pp; Vol. I, Conocimiento actual de la biodiversidad, 620 pp.; Vol. II, Estado de conservación y tendencias de cambio, 819 pp.; Vol. III, Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad, 299 pp. México.
- CONAFOR, SEMARNAT. 2007. *+ x los árboles*. México, 24 pp.
- GEA, INEA, UNESCO. 2008. *Comunidad de Aprendizaje en Educación y Desarrollo Sostenible*. Grupo de Estudios Ambientales, México. Disponible en: <http://www.educacionsustentabilidad.org>.
- Gobierno del Distrito Federal-Secretaría del Medio Ambiente, 2006. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, 214 pp.
- Gobierno del Distrito Federal-Secretaría del Medio Ambiente, 2008. Portal del Centro Virtual de la Ciudad de México, México. Disponible en: [www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/cvcccm](http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/cvcccm).
- Gobierno del Distrito Federal-Secretaría del Medio Ambiente. Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012., México, 2008 pp.
- IMTA, SEMARNAT. 2008. *Efectos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de México*. Vol. 1, 75 pp.2007; Vol. 2, 118 pp. México.
- INECOL, CONABIO. 2007. *El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático*. México, 208 pp.
- INE-SEMARNAT. 2006. *Tercera Comunicación ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. México, 208 pp.
- . 2008. *¿Por qué nos preocupa el cambio climático?* México, 8 pp.
- . 2009. *Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México*. Volumen 1, 377 pp. y Volumen 2, 487 pp.
- . *Cambio climático. Lo que necesitamos saber* (folleto). México, 2008, 8 pp.
- . 2008. *Impacto sociales del cambio climático en México*. México, 70 pp.
- INE-SEMARNAT, CICESE. 2007. *Carbono en ecosistemas acuáticos de México*. México, 508 pp.
- INE-SEMARNAT, UAM. 2008. *Manejo del proceso del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. México, 105 pp.
- INE-SEMARNAT, Universidad Veracruzana. 2006. *Guía para la Elaboración de Planes Estatales de Acción ante el Cambio Climático*. México.
- ONUUI, SEMARNAT. 2007. *Había una vez una capa de ozono*. I El reino de Ozonosfera, 55 pp.; II ¿Quién dañó la capa de la princesa Ozonidia?, 56 pp.; III El día que salvamos el reino de la Ozonósfera, 56 pp.; México.
- PNUD, GEF, CATHALAC. 2008. *Fomento de las capacidades para la etapa II de adaptación al cambio climático en Centroamérica, México y Cuba.*, México, 36 pp.
- Presidencia de la República. 2007. *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. México, 317 pp.
- SEMARNAT. 2007. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. México, 157 pp.
- . 2009. *Logros de la instrumentación de la estrategia de transversalidad de políticas públicas para el desarrollo sustentable en la Administración Pública Federal (APF) en 2008*. México, 55 pp.
- . 2008. *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. México, 170 pp.

- . 2007. *¿Y el medio ambiente?: problemas en México y el mundo*. México, 192 pp.
- . 2009. *Cambio Climático. Ciencia, evidencia y acciones*. Serie ¿Y el medio ambiente?, México, 80 pp.
- . Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, edición 2008, México, 2009, 358 pp.
- . Programa Regional Ambiental de la Frontera Norte 2008-2012., México, 2007, 46 pp.
- SEMARNAT, UNAM. 2008. Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. México, 133 pp.
- UNESCO. 2005. Convenio para implementar la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable 2005-2014.
- Universidad Autónoma del Estado de México. 2006. *Agua, bosques y cambio climático. Hacia una nueva política de forestación en México*. México, 57 pp.



# VII. Obstáculos, carencias y necesidades relativas al cambio climático

En el país se han realizado diferentes esfuerzos que identifican necesidades de investigación teórico práctica, de desarrollo y transferencia de tecnología, y de financiamiento, para instrumentar acciones que de manera directa o indirecta contribuyan a fortalecer las capacidades nacionales para enfrentar el cambio climático.

## 7.1 Necesidades de estudios e investigación sobre el cambio climático en México

En el transcurso de los últimos años, las autoridades nacionales encargadas del tema, así como las dependencias de la Administración Pública Federal; instituciones y centros de investigación, públicos y privados y organizaciones de la sociedad civil, han manifestado los requisitos de investigación necesarios para abordar de mejor manera la mitigación y la adaptación al cambio climático.

En el 2007 se realizó el seminario “Prioridades de investigación en cambio climático: aportaciones al Programa Especial”, coordinado por el INE y la Universidad Autónoma Metropolitana, (UAM Azcapotzalco); y en 2008 se llevó a cabo el Taller para la elaboración de elementos prioritarios para la Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Las demandas sectoriales de investigación contenidas en el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012, las presentadas en reuniones de expertos e interesados (INE 2008), así como las identificadas durante la elaboración de esta Cuarta Comunicación Nacional, se presentan en este Apartado en cinco grandes grupos:

- 7.1.1) Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero;
- 7.1.2) Observación, información y escenarios;
- 7.1.3) Impactos, vulnerabilidad y adaptación;
- 7.1.4) Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero; y
- 7.1.5) Estudios jurídicos, económicos e internacionales.

### 7.1.1 Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Para mejorar los próximos inventarios, con la experiencia adquirida en los anteriormente publicados, sería conveniente realizar las actividades siguientes:

- 1. Consolidar el sistema de actualización del inventario.
- Establecer el proceso continuo de identificación de actores y arreglos institucionales, basado en un plan de trabajo detallado, con tiempos de inicio, de entrega de

resultados, de revisión interna y externa, y de publicación. El sistema contendrá también la documentación técnica, el mecanismo de aseguramiento de la calidad de la información de cada actualización, la planificación de mejoras, así como el archivo histórico del inventario.

2. Realizar estudios sobre factores de emisión en fuentes clave.
  - En los rellenos sanitarios no tecnificados, es necesario conocer su profundidad, las características de la basura y los valores de factores de emisión que aplican bajo dichas características.
  - Las emisiones fugitivas de PEMEX se estiman actualmente con factores de emisión, por defecto, del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC). Al mejorar dichos factores con información del país, se reduciría la incertidumbre del inventario.
  - En el transporte se requiere analizar los estudios realizados en varias ciudades, y estimar factores de emisión con información de la flota vehicular respectiva. Asimismo, se ha propuesto continuar con el estudio y mejoramiento de la determinación de factores de emisión nacionales, para las siguientes fuentes emisoras de GEI:
    - La producción, transformación y transporte de petróleo y petrolíferos;
    - La generación de energía eléctrica;
    - El tratamiento de aguas residuales urbanas; y
    - El sector agrícola, el de cambio de uso de suelo, y el sector ganadero.
3. Profundizar el análisis de las diferencias entre el método de referencia y el sectorial para el cálculo de emisiones de GEI.
4. Fortalecer las capacidades institucionales para la utilización de la metodología 2006 del PICC para la elaboración de inventarios. Para ello se cooperará con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para realizar talleres enfocados al entrenamiento en dichas metodologías.
5. Llevar a cabo análisis históricos de las causas sociales, ambientales, económicas y políticas que influyeron en el incremento o reducción de las emisiones de GEI en el país.

6. Reforzar las capacidades de los Estados de la República Mexicana para realizar inventarios estatales de emisiones de GEI.

## 7.1.2 Observación, escenarios e información científica

Durante las consultas realizadas a científicos y técnicos expertos en clima, se han manifestado necesidades relativas a profundizar las actividades de observación, la elaboración de escenarios y modelos, y la obtención de información científica. A continuación se mencionan algunas de ellas:

### Actividades de observación

- Consolidar un sistema nacional de observación meteorológica e hidrológica, con la renovación y modernización de las redes de observación existentes.
- Incrementar, actualizar e integrar las redes de monitoreo.
- Fortalecer y desarrollar nuevas tecnologías para el monitoreo y la alerta temprana ante fenómenos de perturbación del clima, que permitan salvaguardar a la población, a sus bienes y a su entorno ante las condiciones variantes del clima, y en especial ante la presencia de eventos extremos.
- Realizar análisis, monitoreo e informes sobre la situación y degradación de suelos.
- Ampliar y consolidar las redes de monitoreo y seguimiento ambiental y ecológico, que apoyen la planificación del desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos terrestres, pesqueros y acuícolas, así como las relacionadas al nivel del mar.
- Desarrollar y publicar el primer Atlas Nacional de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático.
- Elaborar y publicar la cartografía de tierras frágiles.
- Elaborar y publicar la cartografía de morbilidad y mortalidad asociadas a riesgos sanitarios, potenciados por el cambio climático.
- Publicar el Atlas Nacional de Biodiversidad.
- Elaborar mapas de vulnerabilidad y riesgo ante el cambio climático para destinos turísticos.

## Modelos y escenarios

- Continuar el desarrollo de técnicas y análisis de pronóstico estacional regionalizado del clima para México, utilizando diferentes herramientas y métodos para fortalecer la toma de decisiones en los sectores productivos del país, sobre todo los que dependen de las condiciones de clima.
- Continuar perfeccionando los escenarios probabilísticos de cambio climático, tanto nacionales como regionales, mediante el uso de modelos dinámicos para las climatologías 2030's y 2050's.
- Generar y analizar escenarios probabilísticos regionalizados de cambio climático para México, aplicando técnicas de reducción de escala dinámica a 20 km x 20 km.

Asimismo, se precisa continuar la elaboración y el perfeccionamiento de modelos bajo diferentes escenarios de cambio climático, por ejemplo, con modelos:

- numéricos, para la caracterización del cambio climático a escalas regional, estatal y nacional; para llegar a construir un programa de modelación del clima, como parte de un Sistema Nacional de Información Climática;
- locales, de predicción de cambios climáticos;
- de interacción entre biosfera y atmósfera;
- computacionales, sobre los impactos en los ecosistemas naturales y servicios ambientales;
- de simulación, para predecir sequías y proyectar escenarios de reconversión temporal hacia especies agrícolas con mayor capacidad de adaptación;
- predictivos, de impacto en la dinámica migratoria;
- de análisis y proyecciones demográficas sobre el comportamiento de las variables mortalidad y morbilidad;
- de pronóstico de riesgo sanitario;
- de distribución de especies, para avanzar en la identificación de funciones de distribución de probabilidad, a través del ensamble, tanto de escenarios de cambio climático como de escenarios de distribución de nicho;
- locales predictivos, para evaluar la vulnerabilidad de la ganadería;

- de distribución y abundancia de especies de interés pesquero y su comportamiento futuro, caracterizando su potencial productivo; y
- de la variabilidad genética y el potencial del flujo genético entre variedades.

## Bases de datos

Es muy importante sistematizar la información sobre la vulnerabilidad y las opciones de adaptación, algunos ejemplos de las tareas por emprender se mencionan a continuación:

- Sistematizar información sobre la vulnerabilidad y opciones de adaptación de los ecosistemas ante los posibles efectos del cambio climático.
- Desarrollar sistemas integrales de información en apoyo para a la coordinación y operación del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).
- Generar y actualizar bases de datos sobre cultivos de importancia agrícola.
- Generar bases de datos sobre el potencial productivo de especies de interés forestal, que puedan verse afectadas por el cambio climático.
- Integrar un banco de información climática con datos observados y modelados, que pueda ser consultado en una página electrónica por cualquier investigador o tomador de decisiones.

## Adquisición de información científica

A continuación se mencionan algunas de las necesidades prioritarias de información científica e investigación básica, para el mejor entendimiento de la vulnerabilidad, los impactos y la adaptación al cambio climático:

### Clima

- Analizar la frecuencia, intensidad y las variaciones de fenómenos extremos a nivel regional y local bajo cambio climático.
- Detectar la señal de cambio climático (variación espacial y temporal) mediante índices y la cuantificación de la incertidumbre.

- Realizar el análisis histórico del clima en México, incluyendo la identificación de cambios espaciales con datos observados y extrapolados del pasado.

#### Riesgo

- Determinar la resiliencia de socio-ecosistemas y los umbrales de riesgo para sectores y regiones prioritarios.

#### Agua

- Continuar el estudio del ciclo hidrológico en el país, en especial de las modificaciones en las variables hidrometeorológicas debidas al cambio climático.
- Identificar la vulnerabilidad de cuencas hidrológicas prioritarias ante los impactos de los fenómenos hidrometeorológicos extremos, debidos a la variabilidad y al cambio climático.
- Analizar el diseño de obras hidráulicas bajo escenarios de cambio climático.

#### Ecología

- Profundizar el conocimiento e identificar afectaciones en la biodiversidad por fenómenos hidrometeorológicos extremos.
- Continuar el análisis de las especies indicadoras clave o que están en la lista de especies protegidas, considerando información pasada y presente, para hacer un análisis a futuro bajo cambio climático.
- Profundizar el conocimiento de especies indicadoras clave e invasoras, y de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (listados de biodiversidad en riesgo) y su capacidad de dispersión y adaptación.
- Profundizar el conocimiento sobre el ciclo de carbono en el país, incluyendo los ecosistemas costeros y marinos.
- Estudiar los coeficientes de contenido de carbono y de la capacidad de captura de carbono de las principales eco-regiones (marina, forestal y agrícola) del país.
- Promover estudios de ecología funcional en las zonas costeras y marinas más vulnerables.

#### Agricultura y ganadería

- Fortalecer la investigación para apoyar el aprovechamiento integral de la biomasa animal y la reducción de emisiones de GEI en la ganadería.
- Identificar las zonas de cultivo en las que se podrían tener períodos libres de heladas bajo cambio climático.
- Identificar cambios locales en la fenología de las plagas y la relación con su tolerancia climática.
- Caracterizar y evaluar el papel del suelo como facilitador y condicionante de la resistencia y dispersión de plagas, bajo efectos de cambio climático.
- Elaborar un inventario georeferenciado de las plagas en predios forestales.

#### Océanos

- Establecer un centro de información y estudios oceanográficos, con funciones operativas y de investigación aplicada.

### 7.1.3 Impactos, vulnerabilidad y adaptación

Entre las necesidades de investigación identificadas para el entendimiento y tratamiento de los diversos sistemas y sectores que se verán afectados por el cambio climático en México, resaltan las siguientes, agrupadas por tema:

#### Evaluación

- Evaluar impactos, vulnerabilidad y desarrollo de medidas de adaptación en sectores prioritarios de México, ante la variabilidad y el cambio climático, y los fenómenos hidrometeorológicos extremos.
- Evaluar las medidas de adaptación identificadas en cada uno de los sistemas y sectores, con el análisis de costos, beneficios, fortalezas, deficiencias, obstáculos, necesidades y factibilidad para su instrumentación.
- Generar información sobre impactos y costo beneficio de medidas de adaptación ante el cambio climático en los centros de población.

#### Costas

- Ampliar y fortalecer la identificación y análisis de los impactos de fenómenos hidrometeorológicos extre-

mos y del incremento del nivel del mar en zonas y municipios costeros vulnerables.

#### Recursos naturales

- Generar información para establecer corredores biológicos que unan las áreas naturales protegidas, para permitir la movilidad y dispersión de especies, tomando en cuenta el análisis de su vulnerabilidad, cambios en la estructura, fenología y composición ante el cambio climático.
- Identificar cambios en los procesos biológicos (comportamiento y alimentación) de la flora y fauna de México que incluyan los efectos fisiológicos (cambios en la producción) y fenológicos (cambios en el desarrollo) de especies clave, invasoras y de control, dentro de los ecosistemas, para generar medidas de adaptación.
- Identificar patrones de distribución actual y ante escenarios de cambio climático para determinar si hay agregación, desaparición, adaptación o desplazamiento de especies vegetales o animales.
- Continuar el desarrollo de investigaciones sobre el impacto del cambio climático en los ecosistemas marinos y su diversidad biológica, incluyendo la evolución de la estructura y la capacidad de carga de los ecosistemas marinos y costeros.
- Identificar áreas vulnerables a la desertificación, para tomar medidas y prevenir impactos negativos.

#### Salud

- Ampliar el análisis del impacto de los cambios en las condiciones climatológicas y ambientales en diferentes regiones del país que favorecen la transmisión de enfermedades emergentes y re-emergentes, considerando factores sociales, demográficos, económicos y ambientales para determinar la vulnerabilidad de la población.
- Profundizar el análisis de los efectos en la salud por cambios en la disponibilidad o calidad del agua bajo cambio climático, así como las posibles formas de control de los contaminantes en esas condiciones.
- Evaluar la morbi-mortalidad causada por las ondas de calor en grupos vulnerables, bajo escenarios de cambio climático.

- Analizar la modificación en la distribución espacial de algunos vectores de enfermedades transmisibles a nivel estatal y nacional.

#### Agua

- Continuar la identificación de las medidas para la reducción de la vulnerabilidad a los impactos de fenómenos hidrometeorológicos extremos en cuencas hidrológicas.
- Profundizar la evaluación del impacto en la calidad del agua por efectos del cambio climático.
- Analizar el drenaje urbano bajo condiciones de cambio climático en ciudades vulnerables ante los impactos de fenómenos extremos, para proponer medidas de prevención y adaptación.
- Continuar con la identificación y evaluación de los impactos bajo cambio climático en la disponibilidad y calidad del agua subterránea para consumo humano, y determinar la vulnerabilidad de los sitios impactados.
- Evaluar el impacto de las sequías bajo escenarios de cambio climático en la seguridad alimentaria.
- Analizar de manera integral la variabilidad espacial y temporal de las demandas hídricas agrícolas a nivel de cuenca, considerando los cambios en los patrones climáticos esperados para cada una de las zonas de riego en el país. Además, considerar los patrones de cultivos actuales con diferentes fechas de siembra, los ciclos agrícolas y las proyecciones climáticas esperadas a nivel local.

#### Bosques

- Evaluar y analizar la ocurrencia de incendios forestales ante la variabilidad y el cambio climático.
- Estimar la superficie de bosques afectada por el impacto del cambio climático y, en su caso, las especies que podrían resultar beneficiadas.

#### Efectos sociales

- Evaluar los escenarios de migración masiva e impactos sociales bajo condiciones de cambio climático, utilizando como antecedente los impactos de fenómenos meteorológicos extremos; ello, para proponer

estrategias de adaptación, manejo o atención de estos eventos.

- Analizar la información histórica de los disturbios y tensiones sociales por el acceso a los recursos naturales afectados por el cambio climático, para desarrollar insumos que sirvan de base para políticas públicas de atención a esta problemática.

### 7.1.4 Mitigación de Gases de Efecto Invernadero

Para una mejor implementación de las opciones de mitigación en el país, se requiere complementar la información disponible sobre diversas actividades y tecnologías, por lo que resulta necesario realizar los estudios e investigaciones siguientes:

- Evaluación del potencial de opciones tecnológicas para los sectores emisores clave.
- Escenarios de emisiones de GEI, en el mediano y largo plazo, a nivel nacional y estatal.
- Establecimiento de líneas base de emisiones sectoriales, para el mediano y largo plazo.
- Investigaciones sobre mapas tecnológicos y su impacto en las emisiones a mediano y largo plazo y en la economía.
- Análisis de costos y beneficios asociados al desarrollo de proyectos de reducción de emisiones de GEI.
- Revisión del estado del arte de las tecnologías de captura geológica de CO<sub>2</sub> y la viabilidad de las mismas en el contexto mexicano.
- Desarrollo de esquemas para la medición, reporte y verificación de la mitigación de emisiones en los sectores estratégicos, particularmente en los susceptibles de ser incorporados dentro de las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs, por sus siglas en inglés).
- Desarrollo de metodologías para los nuevos esquemas “programáticos y sectoriales” del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), que incluyan líneas base, pruebas de adicionalidad, protocolos de verificación, monitoreo y reportes, para actividades y sectores prioritarios.

- Determinación del potencial de participación de los sectores clave en los mercados de carbono.

#### Energía

- Investigar las diferentes alternativas de reducción de emisiones de GEI en el sector energía.
- Evaluar el potencial energético de todas las fuentes renovables disponibles en México, para saber dónde invertir en el desarrollo de tecnologías.
- Conocer el potencial nacional de cogeneración.
- Analizar la conveniencia de un programa que impulse la ampliación de la generación de electricidad con tecnología nuclear.
- Evaluar la integración de tecnologías para el aprovechamiento de la bioenergía en México, sustentada en el análisis de ciclo de vida y del grado de sustentabilidad de las opciones y el estudio de los escenarios.
- Investigar el tema de la seguridad energética y el cambio climático.

#### Transporte

- Analizar las medidas potenciales de reducción de emisiones de GEI en el transporte público y privado de las principales Zonas Metropolitanas del país, tomando en cuenta el ordenamiento del territorio.

#### Agricultura, ganadería y forestal

- Desarrollar procesos de obtención de biocombustibles de segunda y tercera generación.
- Mejorar el conocimiento de las metodologías de línea base, adicionalidad, límites de proyecto, las líneas base de remoción de GEI por sumideros (bosques, selvas, manglares) y calcular fugas, riesgos e incertidumbres, para proyectos de mitigación de emisiones.
- Realizar mayor investigación sobre biofertilizantes con miras a sustituir fertilizantes nitrogenados.
- Aumentar la investigación sobre la relación entre alimentación del ganado rumiante y producción de metano.
- Mejorar las metodologías para determinar líneas base y de adicionalidad para deforestación evitada, a las escalas de proyecto, región y país.

- Identificar áreas prioritarias para participar en el esquema Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación Forestal (REDD).
- Evaluar los métodos de monitoreo de carbono en la agricultura, ganadería y bosques.

#### Sociedad y asentamientos humanos

- Evaluar el potencial integral de reducción de emisiones de los asentamientos humanos.
- Construir modelos para estimar las emisiones de GEI del sistema urbano nacional y la huella de carbono de nuevos conjuntos habitacionales.
- Estudiar la contribución de emisiones de GEI del sector turístico y el potencial de participación en los mercados de carbono.

### 7.1.5 Estudios jurídicos, económicos e internacionales

#### Estudios jurídicos

Ha sido puesta en evidencia la necesidad de realizar estudios jurídicos a los niveles nacional y local, para determinar las barreras y oportunidades que las actuales regulaciones presentan y la necesidad de nuevas normas jurídicas con relación al cambio climático. Un ejemplo de lo anterior puede ser la regulación que limita o favorece la utilización de energías alternativas en su conexión a la red eléctrica nacional.

Asimismo, se requiere realizar un diagnóstico sobre el grado de adecuación de la legislación mexicana con los instrumentos internacionales en materia de cambio climático y sustentabilidad ambiental.

#### Estudios económicos y financieros

- Ampliar la evaluación de los costos, los beneficios y las fuentes de financiamiento para llevar a cabo las medidas de mitigación de emisiones y adaptación al cambio climático, y con ello alcanzar las metas de mediano y largo plazo establecidas en el PECC 2009-2012.
- Afinar las estimaciones sobre los posibles costos económicos y financieros de los impactos del cambio climático en los principales sectores productivos del país.

- Continuar el análisis del calentamiento global bajo diversos escenarios de impacto, valorando costos de la inacción y costos de la adaptación y la mitigación.
- Establecer modelos predictivos sobre la evolución de la economía, el comercio y la competitividad, en el marco del proceso de valoración progresiva del carbono en la economía global.
- Analizar instrumentos económicos que desalienten el desarrollo de infraestructura y de asentamientos humanos en zonas de alta vulnerabilidad frente a las consecuencias del cambio climático.
- Determinar la viabilidad de la generación y utilización de biocombustibles para el transporte, a fin de establecer criterios para definir la conveniencia y factibilidad social, ambiental, técnica y económica de su introducción masiva.

#### Estudios internacionales

- Analizar los impactos sociales, económicos y ambientales debidos al cumplimiento de los compromisos internacionales de México en materia de cambio climático, tanto presentes como potenciales en el futuro.

## 7.2 Transferencia de tecnología

El uso de tecnologías eficientes representa uno de los elementos principales con que cuentan los países del mundo para enfrentar la problemática actual del cambio climático y estabilizar las emisiones de GEI, mantener el crecimiento económico, e instrumentar opciones de adaptación.

Cabe destacar que la transferencia tecnológica requerida debe entenderse en todas las etapas que la conforman. Es decir, desde las fases de investigación y desarrollo, hasta las de comercialización y despliegue.

México es en la actualidad la décimo tercera economía del mundo, y contribuyó en 2006 con aproximadamente 1.5% de las emisiones de GEI por quema de combustibles fósiles a nivel global (véase capítulo II), Requiere diseñar, evaluar e implementar tecnologías lim-

pías y eficientes para llevar a cabo las diferentes acciones contenidas en el PECC 2009-2012 para el corto plazo, como las que planea aplicar en el mediano y largo plazo.

Existe una amplia gama de tecnologías limpias y eficientes, especialmente las que están relacionadas con la generación de energía y el transporte; además de las que coadyuvan a reducir la degradación y la deforestación de bosques y selvas. Todo ello ofrece grandes oportunidades de reducción de emisiones de GEI, que pueden además convertirse en un factor que ayude al desarrollo económico y social de México.

Entre las tecnologías eficientes que se busca implantar, que además de reducir las emisiones de GEI pudieran permitir desacoplar el desarrollo económico de las emisiones, se destacan las siguientes:

### Generación de energía

- Generación eólica, solar fotovoltaica y concentración solar térmica (CST), captura y secuestro de carbono (CCS, por sus siglas en inglés), así como la geotermia y otras.

### Transporte

- Producción de biocombustibles de segunda generación, así como los vehículos híbridos, eléctricos y de hidrógeno.

### Otras tecnologías

- Introducción de LEDs; controles de iluminación en edificios comerciales; electrodomésticos eficientes; uso directo de biogás de rellenos sanitarios y generación de energía eléctrica en estos sitios; evaluación de vacunas antimetanoagénicas para el ganado vacuno; reciclaje de residuos; cogeneración en la industria petrolera; energía nuclear; y transporte público eléctrico.

México cuenta con un gran potencial para la instrumentación de tecnologías eficientes, especialmente aquellas que tienen que ver con el uso de energías re-

novables. En un estudio realizado por el Centro Mario Molina (2008) se estima al respecto que el País tiene el potencial de aumentar la participación de las energías renovables en la generación de electricidad de 16% en 2005, a 50% en 2030.

La transferencia tecnológica podría ser un instrumento útil para la implementación masiva de tecnologías eficientes, que podría ayudar a acortar la curva de aprendizaje, particularmente por medio de mecanismos de mercado que permitan transferir no sólo las patentes y licencias, sino también los procesos de “saber cómo”.

Para ello, es necesario mejorar e innovar los mecanismos de transferencia tecnológica, de tal forma que se corrijan las fallas de mercado actuales. La transferencia de tecnología también podría realizarse a través de convenios de colaboración entre los sectores público y privado.

Una acción que apoyaría la transferencia es la creación de mecanismos estratégicos de cooperación entre centros de investigación de países desarrollados y en vías de desarrollo, con inversión pública y privada que permita financiar proyectos específicos en tecnologías eficientes.

En resumen, existe un portafolio amplio de tecnologías eficientes, el cual ayudaría a mitigar las emisiones de GEI y adaptarse al cambio climático si se implementa de manera adecuada. México ha identificado sus necesidades tecnológicas para reducir sus emisiones en el corto y mediano plazo, mismas que se mencionan en el Capítulo V del presente documento.

## Bibliografía

- Centro Mario Molina. 2008. *Low-Carbon Growth. A Potential Path for Mexico*. Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos de Energía y Medio Ambiente, México.
- Climate Works Foundation. 2009. *Finding solutions for clean technology transfer*. Project CATALYST.
- Programa Especial de Cambio Climático (PECC). 2009-2012 y sus consultas públicas. 2009. SEMARNAT, México.
- Seminario sobre Prioridades de Investigación en Cambio Climático. 2008. INE, México.