

México

2a Comunicación Nacional

ante la **Convención Marco**

de las **Naciones Unidas**

sobre el **Cambio Climático**



COMITÉ INTERSECRETARIAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

Secretarías participantes:

Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)*
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,
Pesca y Alimentación (SAGARPA)
Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT)
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)
Secretaría de Economía (SE)
Secretaría de Energía (SENER)
Secretaría de Medio Ambiente
y Recursos Naturales (SEMARNAT) *

* Dependencias que coordinan el Comité Intersecretarial
sobre Cambio Climático

México

Segunda Comunicación Nacional
ante la Convención Marco
de las Naciones Unidas
sobre el Cambio Climático



Primera edición: julio de 2001

© Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

© Instituto Nacional de Ecología-(SEMARNAT)

Av. Revolución 1425 Col. Tlacopac

01040 México, D.F. México

La integración de esta *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* estuvo a cargo de la Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global del Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT.

COORDINACIÓN EDITORIAL: Dirección de Publicaciones-INE-SEMARNAT

DISEÑO DE PORTADA: Laura Esponda Aguilar

FOTOS DE PORTADA: Archivo INE. La imagen del globo terráqueo fue tomada de la siguiente dirección de la NASA en Internet:
http://visibleearth.nasa.gov/data/ev5/ev557_BlueMarble_3Kx3K.tif

México: Segunda Comunicación Nacional
ante la Convención Marco de las Naciones Unidas
sobre el Cambio Climático — México:
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales:
Instituto Nacional de Ecología, 2001
374 pp.: cdrs., figs.; 17 cm x 23 cm.
Incluye bibliografía, anexos
1. Gases de efecto invernadero 2. Política ambiental
3. Cambios climáticos 4. Conservación de bosques
5. Convenios mundiales

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

GE 149. M6 P74 2001

Este texto se puede consultar en línea en: www.ine.gob.mx

ISBN 968-817-494-7

Impreso y hecho en México / *Printed in Mexico*

ÍNDICE

ABREVIATURAS UTILIZADAS EN ESTE TRABAJO	15
RESUMEN EJECUTIVO	19
CONTEXTO NACIONAL	19
INVENTARIO DE EMISIONES	20
Transporte	22
Procesos industriales.....	22
Agricultura	23
Emisiones por cambio de uso del suelo	23
Desechos	23
POLÍTICAS DE MITIGACIÓN EN EL ÁREA FORESTAL	24
Conservación del carbono fijado	24
Manejo sustentable de bosques y selvas	25
Sustitución de combustibles fósiles	25
SECTOR AGROPECUARIO	26
POLÍTICAS DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR ENERGÍA	26
Energías renovables	27
Algunas actividades de investigación en investigación	28
Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)	28
Investigaciones sobre contaminación local y global en la Ciudad de México	29
Investigación sobre variabilidad climática y cambio climático	30
Proyecto de adaptación	32
Estudios de apoyo para la presentación de proyectos al Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL)	32
Educación y capacitación	32
ACTIVIDADES INSTRUMENTADAS CONJUNTAMENTE (AIC)	33

COOPERACIÓN INTERNACIONAL	34
EXECUTIVE SUMMARY	37
NATIONAL CONTEXT	38
EMISSIONS INVENTORY	38
Transport	40
Industrial processes	40
Agriculture	41
Land use change emissions	41
Waste	41
MITIGATION POLICIES IN THE FOREST AREA	42
Conservation of fixed carbon	42
Sustainable management of forests and rainforests	43
Substitution of fossil fuels	43
Agricultural sector	44
MITIGATION POLICIES IN THE ENERGY SECTOR	44
Renewable energy	45
Some research activities	46
Registration of Emissions and Transfer of Pollutants (RETC)	46
Research Projects Urban Air pollution in Mexico City	47
Research on climate variability and climate change	48
Adaptation project	49
Studies for presenting projects to CDM	50
Education and training	50
ACTIVITIES IMPLEMENTED JOINTLY (AIJ)	51
INTERNATIONAL COOPERATION	52
INTRODUCCIÓN	55
LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LA POLÍTICA DE DESARROLLO EN MÉXICO	56
Intensidad energética e intensidad ambiental	57
Medidas de política	59
El compromiso de México con la comunidad internacional	60
INTRODUCTION	63
GHG EMISSIONS AND MEXICO'S DEVELOPMENT POLICY	64
ENERGY INTENSITY AND ENVIRONMENTAL INTENSITY	65
POLICY MEASURES	66
Mexico's commitment with the International Community	68

I. CONTEXTO NACIONAL.....	69
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	69
CLIMA	70
RECURSOS NATURALES	71
POBLACIÓN	73
RECURSOS ENERGÉTICOS	81
PRODUCCIÓN NACIONAL DE ENERGÍA PRIMARIA	85
CONSUMO DE ENERGÍA	85
RESERVAS DE PETRÓLEO	89
SECTORES ENERGÉTICOS	89
SECTOR ELÉCTRICO	89
SECTOR PETROLERO	93
AGRICULTURA	94
GANADERÍA	95
TRANSPORTE	96
INDUSTRIA	99
AVANCES DEL SECTOR INDUSTRIAL	102
REGULACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL INDUSTRIAL	104
Normas	105
DESARROLLO URBANO	105
ORDENAMIENTO TERRITORIAL	106
PROGRAMA DE 100 CIUDADES	107
Regulación del suelo y administración urbana	109
Incorporación de suelo al desarrollo urbano	109
Vialidad y transporte	110
Aspectos urbanos ambientales	110
Programa de impulso a la participación social en el desarrollo urbano ...	112
RECURSOS FORESTALES	112
Generalidades	112
Deforestación	113
El sector forestal en la economía nacional	113
LA PRODUCCIÓN FORESTAL	115
BALANZA COMERCIAL DE PRODUCTOS FORESTALES	116
CONSUMO NACIONAL APARENTE DE PRODUCTOS FORESTALES	116
II. AVANCES EN LEGISLACIÓN AMBIENTAL	117
LEYES	117
ACUERDOS INTERNACIONALES	118
REGLAMENTOS	119

III. CUMPLIMIENTO DE LOS COMPROMISOS DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC)	121
MARCO INSTITUCIONAL	121
COMITÉ INTERSECRETARIAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO	121
REPRESENTACIÓN ANTE LA CMNUCC	123
PROYECTOS PATROCINADOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO	125
IV. ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (1994–1998)	127
PANORAMA GENERAL	128
ENERGÍA	130
COMBUSTIÓN (FUENTES FIJAS Y DE ÁREA)	132
COMBUSTIÓN (TRANSPORTE)	132
EMISIONES FUGITIVAS	135
PROCESOS INDUSTRIALES	137
AGRICULTURA	138
CAMBIO EN EL USO DEL SUELO	140
DESECHOS	142
OTROS GASES	143
V. ESCENARIOS DE EMISIONES FUTURAS	145
DATOS HISTÓRICOS DE ACUERDO CON EL BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 1996	149
VI. POLÍTICAS DE MITIGACIÓN	151
SECTOR FORESTAL	151
Incremento de la captura de carbono	154
RESTAURACIÓN DE LAS ÁREAS FORESTALES DEGRADADAS	155
Programa Nacional de Reforestación (PRONARE)	155
Líneas estratégicas	155
Logros obtenidos	157
Participación de las instituciones	158
Otras acciones	158
ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES	161
Programa de Plantaciones forestales comerciales (PRODEPLAN)	161
Fuentes de financiamiento y aseguramiento	163
Logros obtenidos	163
Primera licitación (1997)	163
RECONVERSIÓN DE TIERRAS AGRÍCOLAS A USO FORESTAL	168

Programa para la Defensa de la Frontera Forestal	168
Logros obtenidos	169
Conservación del carbono fijado en la vegetación forestal y en el suelo .	172
Control de la deforestación	173
PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN FORESTAL	176
Áreas naturales protegidas	176
Líneas estratégicas de las áreas naturales protegidas	178
Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre	180
Situación de las UMA	182
MANEJO SUSTENTABLE DE BOSQUES Y SELVAS	184
Programa de Desarrollo Forestal (PRODEFOR)	184
Participación social	185
Beneficiarios elegibles	185
Características de los subsidios	185
Logros obtenidos	186
Programas de Desarrollo Regional Sustentable	189
Comisión Nacional Forestal	189
PROYECTO DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS FORESTALES EN MÉXICO (PROCYMAF)	191
Objetivos	192
Componentes del proyecto	192
CONTROL DE INCENDIOS	195
Programa Nacional de Protección contra los Incendios Forestales	195
DIAGNÓSTICO DE LOS INCENDIOS FORESTALES (1994–2000)	196
Programa especial y emergente para la restauración de las áreas afectadas por incendios	199
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	200
Programa Nacional de Sanidad Forestal	200
Diagnostico fitosanitario	200
Conservación y restauración de manglares	201
Sustitución de emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles	205
Captura de carbono total	207
Proyectos de captura de carbono	208
Estudios de caso en México	209
Estimación del potencial de captura de carbono en tres sitios restaurados que fueron afectados por incendios forestales en México	214
Proyecto de Conservación de la Biodiversidad en Comunidades Indígenas de los estados de Oaxaca, Michoacán y Guerrero, COINBIO	216

Cruzada por los Bosques y el Agua	216
SECTOR AGROPECUARIO	218
SECTOR ENERGÍA	221
Conae	221
PROGRAMAS DEL LADO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA	222
Programas de aislamiento térmico de vivienda	222
Programas para ahorro de energía en iluminación doméstica	223
Normas obligatorias para la eficiencia energética	224
Horario de verano	225
Programa de ahorro de energía en inmuebles de la administración pública federal	227
Campaña de ahorro y uso eficiente de energía en Petróleos Mexicanos ..	228
PROGRAMAS DEL LADO DE LA OFERTA	229
Cogeneración	229
ENERGÍAS RENOVABLES	231
ORIGEN DEL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA	
DEL SECTOR ELÉCTRICO Y DEL FIDE DE MÉXICO	233
ESTRATEGIA GENERAL DEL FIDE	234
PROYECTOS REALIZADOS Y LOGROS ALCANZADOS	235
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS	241
PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2001-2006	243
SISTEMA INTEGRADO DE REGULACIÓN DIRECTA Y GESTIÓN AMBIENTAL	
DE LA INDUSTRIA (SIRG)	244
PROGRAMA DE NORMALIZACIÓN AMBIENTAL INDUSTRIAL 1997-2000	245
REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES (RETC)	246
EMISIONES A LA ATMÓSFERA	247
DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES	248
GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	249
VII. INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA	251
ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE DOCE TECNOLOGÍAS PARA MITIGAR EMISIONES	
DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	251
Sector energético	252
Sector industrial	252
Sector residencial y comercial	252
Sector forestal	252
Sector agrario	252
Sector transporte	252
Modelo	253

Sector energía	253
Sector forestal	254
Costos de mitigación	255
Línea base	256
Emisiones futuras de CO ₂	257
Potencial de reducción de emisiones de CO ₂	258
Costos de mitigación de gases de efecto invernadero	259
Curva de costos incrementales	261
CONCLUSIONES	262
PROYECTOS DE LA COMISIÓN AMBIENTAL METROPOLITANA PARA MEJORAR	
LA CALIDAD DEL AIRE (MITIGACIÓN DE EMISIONES)	263
Evaluación de las acciones realizadas en el Proaire 1995–2000	264
Meta 1: Industria limpia	266
Meta 2: Vehículos limpios	267
Meta 3: Nuevo orden urbano y transporte limpio	268
Meta 4: Recuperación ecológica	269
Elaboración de un diagnóstico integral sobre la problemática de la calidad del aire en la ZMVM, y diseño y evaluación de estrategias posibles para el futuro	270
Estudios relacionados con problemas que tienen efectos sobre la contaminación local, regional y global	272
Eficiencia energética en inmuebles de los sectores público y privado en la ZMVM	272
Hoteles	273
Hospitales	274
Edificios en general	275
Conclusiones	277
Adopción de alternativas tecnológicas que permitan reducir las fugas domésticas de gas licuado de petróleo	277
Estudio de prefactibilidad para introducir autobuses híbridos en la prestación de servicio público de transporte de pasajeros en la ZMVM ...	279
Análisis de costo–efectividad	280
Resultados del análisis de costo–efectividad	281
CONCLUSIONES	282
Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero asociados con la producción y uso de la energía en la ZMVM	283
BALANCE DE ENERGÍA PARA LA ZMVM	284
Reducción de óxidos de nitrógeno (NOx) en las dos plantas de generación de electricidad de la ZMVM	285

Uso de instrumentos económicos en México: propuesta para el próximo Programa de Calidad del Aire	287
ESTUDIO DE SALUD PARA LA ZMVM	288
Beneficios adicionales	288
Estudio «Estimación económica del mejoramiento de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México»	289
CONCLUSIONES	291
PROGRAMA AMBIENTAL DE LA DELEGACIÓN TLALPAN DEL DISTRITO FEDERAL	291
La Delegación Tlalpan	292
El Programa Ambiental	293
Resultados	296
CAPTURA DE METANO Y SU USO EN UN RELLENO SANITARIO. PROYECTO DEMOSTRATIVO	299
VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO	300
Utilización de pronósticos climáticos en actividades agrícolas en Tlaxcala	301
Estudio de vulnerabilidad en la ciudad de México	302
El clima y los recursos hídricos en el noroeste de México: estudio de caso, Sonora	303
MODELACIÓN MACROECONÓMICA	304
SISTEMAS OBSERVACIONALES CLIMATOLÓGICOS	305
EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN	306
 VIII. ACTIVIDADES DE INSTRUMENTACIÓN CONJUNTA	 307
PROYECTO ILUMEX	307
PROYECTO DE UNA MINI RED DE ENERGÍA RENOVABLE (APS)	309
SCOEL TĒ	310
CARBÓN CAPTURADO	311
Responsables de la ejecución del proyecto	311
Investigaciones asociadas con el proyecto	312
CAPTURA DE CARBONO MEDIANTE EL CULTIVO DE LA SALICORNIA EN BAHÍA DE KINO, SONORA, MÉXICO	313
REPOBLACIÓN FORESTAL PERMANENTE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO, MÉXICO	314
SILVICULTURA SUSTENTABLE EN LA SIERRA NORTE DE OAXACA	316
DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE Y CAPTURA DE CARBONO EN LA SELVA LACANDONA, CHIAPAS, MÉXICO	317
DINÁMICA DE EMISIONES Y CAPTURA DE CARBONO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO	319
CONSERVACIÓN BIOLÓGICA Y CULTURAL «EL CARRICITO», SIERRA MADRE OCCIDENTAL	320
PROYECTO PILOTO EN FASE DE APROBACIÓN: CERVECERÍA CUAUHTÉMOC MOCTEZUMA	321

IX. COOPERACIÓN INTERNACIONAL	323
ASUNTOS MULTILATERALES	323
PROTOCOLO DE MONTREAL	323
PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD)	325
PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA)	326
CMNUCC	327
ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE)	328
BANCO MUNDIAL	328
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO	329
ACCIÓN CLIMÁTICA DE LOS GOBIERNOS LOCALES EN MÉXICO (ICLEI)	329
Compromisos locales	330
Compromisos del Iclei	330
ASUNTOS HEMISFÉRICOS Y REGIONALES	332
INSTITUTO INTERAMERICANO PARA LA INVESTIGACIÓN DEL CAMBIO GLOBAL (IAI)	332
Proyectos del programa científico	333
Red de colaboración para la investigación	334
Cursos, talleres y seminarios	335
COMISIÓN DE COOPERACIÓN AMBIENTAL (CCA) DEL TRATADO DE LIBRE COMERCIO CON AMÉRICA DEL NORTE (TLCAN)	336
ASUNTOS BILATERALES	337
Canadá	337
Estados Unidos de América	338
AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS (USEPA)	339
PROYECTO PILOTO DE ACUERDO DE COOPERACIÓN DE TECNOLOGÍA (TCAPP)	339
AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (USAID/MÉXICO)	340
Cursos de capacitación	341
PROGRAMA FRONTERA XXI	341
ANEXO I. DECISIÓN 10/CP.2	347
ANEXO II. RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg)	351
ANEXO III. Compuestos químicos, unidades y factores de conversión	355

ABREVIATURAS UTILIZADAS EN ESTE TRABAJO

AMCM	Área Metropolitana de la Ciudad de México
AMM	Área Metropolitana de Monterrey
ANES	Asociación Nacional de Energía Solar
APS	Arizona Public Service
BANDAN	Banco para el Desarrollo de América del Norte
BM	Banco Mundial
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAM	Comisión Ambiental Metropolitana
CCA	Centro de Ciencias de la Atmósfera
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CILA	Comisión Internacional de Límites y Aguas
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNA	Comisión Nacional del Agua
COCEF	Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
CONAZA	Comisión Nacional de Zonas Áridas

CdP	Conferencia de las Partes de la CMNUCC
CRE	Comisión Reguladora de Energía
EPA	Environmental Protection Agency
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
FMMA	Fondo Monetario del Medio Ambiente
GEF	Global Environment Facility
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GTZ	Agencia Alemana de Protección Ambiental
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INGEI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
IRDC	International Research and Development Center (Centro Internacional de Investigación y Desarrollo)
LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
LyFC	Luz y Fuerza del Centro
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
NMPC	Niagara Mohawk Power Corporation
NREL	National Renewable Energy Laboratory (Laboratorio Nacional de Energía Renovable)
OCDE	Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico
ONG	Organismo no gubernamental

PAESE	Programa de Ahorro de Energía en el Sector Eléctrico
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto
PICC	Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
SAGAR	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SBSTA	Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico)
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transporte
SENER	Secretaría de Energía
SECOFI	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
SE	Secretaría de Economía
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMARNAP	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEP	Secretaría de Educación Pública
SRE	Secretaría de Relaciones Exteriores
SSA	Secretaría de Salud
TLC	Tratado de Libre Comercio
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USAID	United States Agency International Development

(Agencia de los Estados Unidos de América para el
Desarrollo Internacional)

USDOE Unites States Department of Energy (Departamento de
Energía de los Estados Unidos de América)

ZMVM Zona Metropolitana del Valle de México

ZMVT Zona Metropolitana del Valle de Toluca

RESUMEN EJECUTIVO

La *Primera Comunicación Nacional de México* se presentó a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1997, tres años después de que este instrumento entrara en vigor para el país. Este informe incluyó los avances y resultados de estudios, talleres, cursos, conferencias y publicaciones sobre vulnerabilidad e inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero. La elaboración de la *Segunda Comunicación Nacional de México sobre Cambio Climático* inició en el año 2000, en un contexto muy importante para el país, ya que el Protocolo de Kioto fue ratificado por unanimidad, en el pleno del Senado de la República, el 29 de abril de ese año. El instrumento de ratificación fue depositado en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York el 7 de septiembre del mismo año. El documento incluye la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el período 1994-1998. Las cifras del *Inventario* para cambio de uso de suelo de 1998 se publicarán posteriormente como un anexo a esta Comunicación, en cuanto termine el proceso de validación en campo del *Inventario Nacional Forestal* cuya elaboración inició en el 2000.

CONTEXTO NACIONAL

Con base en el censo oficial del año 2000, la población mexicana alcanzó un total de 97.48 millones de habitantes. La tasa de crecimiento demográfico de

1995 al 2000 fue de 1.4% anual; de mantenerse esta tasa, se alcanzarán 112.2 millones de habitantes en el año 2010 y casi 129 millones en el 2030.

Una vez superada la crisis económica de 1994–1995 (periodo en que el Producto Interno Bruto [PIB] registró una profunda caída de –6.2%, con un grave repunte inflacionario de 52%), la producción y el empleo han registrado un aumento continuo. Para 1996, la tasa de crecimiento promedio anual del PIB fue de 5.13% y para 1999 de 3.79%, en términos reales. La producción de petróleo crudo ascendió a 2,906 miles de barriles diarios. En el 2000, el PIB de México ascendió a 574,445.1 millones de dólares, cifra que a continuación se desglosa por sector: agropecuario 4.3%; industrial 28% (manufacturas 73%) y servicios 67.7%.

El aumento anual del consumo de la energía fue de 2.7% de 1998 a 1999, lo cual representó un incremento de 163.5 PJ en dicho periodo. En 1995, el decremento en el consumo de energía con respecto a 1994 fue de 2.8%. La intensidad energética del periodo 1994–1999 muestra un decremento en el consumo de energía KJ/\$ producido. En 1994, la intensidad energética fue de 4,304.4 KJ/\$ y en 1999 de 4184.2 KJ/\$. En el periodo 1994–1998, el uso de la electricidad aumentó anualmente 5.58%, lo que equivale a 282.31 PJ.

INVENTARIO DE EMISIONES

La actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, GEI, comprendió los años 1994, 1996 y 1998. Se utilizó la metodología revisada por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (PICC). La información relacionada con las emisiones derivadas del cambio de uso del suelo para 1998 se presentará próximamente como un anexo a esta Segunda Comunicación.

En 1996, las emisiones de GEIs en equivalentes de bióxido de carbono fueron de alrededor de 686 mil Gg, tomando en consideración al

bióxido de carbono, al metano y al óxido nitroso. Del total, 514,047 Gg (75%) correspondieron a CO₂; 157,648 Gg (23%) a metano y 14,422 Gg (2%) a óxido nitroso. Los procesos de combustión interna para el transporte emitieron 100,158 Gg y los demás procesos de combustión interna 219,432 Gg de CO₂ equivalente. Las emisiones de producción y consumo de energía equivalieron a 47% del total. Las emisiones fugitivas de metano y gas natural en la industria del petróleo fueron de 44,599 Gg (6.5%). Las emisiones derivadas de procesos industriales de esos tres gases en equivalentes de CO₂ fueron de 43,121 Gg (6.3%). La agricultura y la ganadería emitieron 55,674 Gg (8 %). El sector forestal aportó 161,422 Gg (24%), lo cual significa que es la segunda fuente en importancia. El manejo de desechos urbanos e industriales contribuyó con 61,710 Gg (9%). En los resultados del sector energía, las emisiones de CO₂ por la combustión de fuentes fijas, de área y sector transporte, muestran que en 1998 se alcanzó un valor de 350.38 millones de toneladas de CO₂, lo que significa 18% más que en 1990.

En 1998, el país produjo cerca de 1,120.7 millones de barriles de petróleo crudo (6,562.9 PJ), de los cuales 56% se destinó a la exportación. En lo que concierne al consumo interno de energía primaria, 53% provino de derivados del petróleo, 30% de gas natural, 4% de carbón, 1.6% de energía nuclear, 6% de biomasa, 4% de energía hidroeléctrica y 1% de energía geotérmica. Los combustibles que tuvieron mayor crecimiento entre 1990 y 1998 fueron el gas natural y el combustóleo, mientras que los sectores de mayor consumo y crecimiento fueron el de generación eléctrica y el de transporte.

Las cifras muestran el evidente decremento que el consumo final de energía registró en 1995, cuando se presentó una crisis económica que provocó una caída del PIB mayor a 6 %. Aunque el crecimiento fue dinámico y estable a partir de 1996, el consumo de combustibles comerciales creció en 28% en el periodo de 1990 a 1998, pasando de 4,020.9 a 5,134.7 PJ.

TRANSPORTE

El consumo de energía del sector transporte aumentó en 20% durante el periodo 1990–1998. La aviación nacional aumentó en 42% su consumo de energía, el autotransporte lo hizo en 20% y la navegación marítima nacional en 31%. El transporte por ferrocarril disminuyó su consumo en 13%.

En 1998, el consumo de energía del transporte internacional se incrementó en 70% (1,737 Gg), pero representó sólo el 1.6% del consumo total. El combustible de mayor demanda fue el queroseno, para la aviación. Las emisiones de metano para este sector fueron de 28 Gg en 1996, lo cual significa un incremento de 23% con respecto a 1990. Las emisiones de óxido nitroso fueron de 7.7 Gg, 385% superiores a las de 1990. Este aumento está relacionado con la introducción de convertidores catalíticos en los automóviles particulares a partir de 1991. Por su parte, las emisiones fugitivas de metano en equivalentes de CO₂ en el Sistema de Petróleo y Gas Natural en México para 1998 varían entre 39,719.4 a 53,608.8 Gg, lo que representa un incremento del 26% con respecto a 1990.

PROCESOS INDUSTRIALES

En el primer inventario, de 1990, sólo se reportaron emisiones de la industria del cemento, con 11,621 Gg. Con el inventario de 1998 se observó un crecimiento de dicha industria, correspondiente a 3.8% con respecto a 1990. En la presente actualización ampliada se cubrieron todos los rubros de los sectores de productos minerales, la producción de metales y la industria química. En 1994, las emisiones de CO₂ totales del sector fueron de 37,108 Gg y crecieron hasta 44,346 Gg en 1998, lo que representó un aumento de 19.5%.

AGRICULTURA

En el inventario de 1990, las emisiones totales derivadas de la agricultura y la ganadería en equivalentes de CO₂ fueron de 38,863 Gg, de las cuales 97% correspondió a metano y 3% a óxido nitroso. En los inventarios de 1994, 1996 y 1998 las emisiones fueron de 57,110; 55,674 y 54,463 Gg en equivalentes de CO₂. Lo que corresponde a metano fue de 82%, 82% y 79%, respectivamente, para cada año.

EMISIONES POR CAMBIO DE USO DEL SUELO

Se estima que en 1996, las emisiones totales netas de CO₂ por cambios en el uso del suelo fueron alrededor de 157 mil Gg, resultado del balance de 110 mil Gg por combustión y descomposición de biomasa aérea asociada, las emisiones de 89 mil Gg de los suelos minerales y la fijación de 42 mil Gg en bosques manejados y tierras abandonadas.

DESECHOS

En 1990, las emisiones de metano provenientes de los desechos domésticos fueron de 526 Gg y de 3,363 Gg en 1998. El enorme aumento en las cifras se debió al uso de la nueva metodología del PICC y a la utilización de información adicional que no estaba disponible cuando se elaboró el inventario de 1990. En términos de equivalentes de CO₂ a 100 años, las emisiones de CO₂ durante 1998 se estimaron en 70,619 Gg.

POLÍTICAS DE MITIGACIÓN EN EL ÁREA FORESTAL

El secuestro de carbono mediante prácticas de manejo forestal está en función de la acumulación y almacenamiento de la biomasa. En el sector de uso del suelo, cambio de uso del suelo y bosques, las principales estrategias que se tienen contempladas son:

- aumentar la tasa de acumulación del carbono, al crear o incrementar sumideros;
- reducir la tasa de liberación de carbono ya fijado en los sumideros existentes; y
- reducir el uso de combustibles fósiles e intensificar el de productos renovables.

Entre los principales logros de los últimos años para conservar los ecosistemas forestales se planificó la reforestación de más de 740 mil hectáreas (Programa PRONARE), plantaciones forestales de más de 47 mil hectáreas entre 1997-2003 (Programa Prodeplan), reconversión de más de 1.3 millones de hectáreas de tierras agropecuarias a tierras para la productividad forestal. Tan sólo en el período 1997-2000 éstas acciones de reconversión favorecerían a largo plazo una captura neta de 3.3 millones de toneladas de carbono.

CONSERVACIÓN DEL CARBONO FIJADO

Protección de la biodiversidad

México es el cuarto país con mayor biodiversidad en el mundo. Para proteger esta riqueza biológica se ha incrementado la superficie del territorio nacional ocupada por áreas naturales protegidas (ANP) y por Unidades de Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA). La superficie cu-

bierta por ANP pasó de 13.4 millones de hectáreas en 1994 a 17 millones en el año 2000. Por su parte, la superficie ocupada por las UMA pasó de 2.0 a 14.1 millones de hectáreas durante el período 1995 a 2000.

MANEJO SUSTENTABLE DE BOSQUES Y SELVAS

Para el periodo 1997–2000, el Programa de Desarrollo Forestal (PRODEFOR) apoyó la integración eficiente de cadenas productivas silvícolas en más de siete millones de hectáreas. Con la instrumentación completa del Programa, la captura de carbono se estimaría en 288 millones de toneladas, de las cuales 237 correspondieron a selvas y 27 a vegetación de zonas áridas. Adicionalmente, el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales en México (PROCYMAF) ha integrado más de 116 mil hectáreas a esquemas de manejo forestal sustentable, y más de 13 mil hectáreas bajo el esquema de conservación.

Entre 1994 y 2000 se presentaron un total de 61,089 incendios forestales afectando 2,123,803 hectáreas, con un promedio anual de 303,400 hectáreas. En 1998 se instauró un programa especial de restauración para restablecer las condiciones originales de las áreas afectadas por los incendios.

SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES

La leña aún representa el principal biocombustible de uso rural en México. En 1990, 25.6 millones (31.4% de la población total del país) usaban leña para cocinar. Se estima que la demanda total de biomasa forestal (leña y carbón) asciende a 355 PJ/año.

Las estufas y hornos vernáculos y artesanales tienen una eficiencia de tan sólo 17%, además de ocasionar daños a la salud por el humo que generan. Para reducir estas emisiones está en marcha un programa rural de ins-

talación de estufas con mayor eficiencia energética que se espera permita reducir el uso de alrededor de 6 millones de toneladas de madera por año.

Estudios académicos coordinados por el INE el año pasado indican que de 1995 al 2000, el conjunto de programas y estrategias para el sector forestal incluyeron acciones en 8.6 millones de hectáreas y la captura neta de carbono a largo plazo podría ser de 416 millones de toneladas.

SECTOR AGROPECUARIO

Para dar mayor sustentabilidad al uso de los recursos naturales, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación con la colaboración de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, continúan con los programas de desarrollo agropecuario y rural, de empleo temporal y de capacitación y extensión, entre otros. Estos programas buscan mejorar los sistemas agropecuarios que usan fuego, reconvertir tierras agrícolas marginales en ecosistemas naturales, mejorar la utilización de los restos de las cosechas y propiciar los cultivos perennes, incluyendo la agrosilvicultura.

POLÍTICAS DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR ENERGÍA

Durante los últimos diez años, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) implementan programas para un uso más sustentable de la energía, entre los que destacan: el aislamiento térmico de viviendas, la introducción de equipos de aire acondicionado de alta eficiencia, la sustitución de 500 mil focos incandescentes por lámparas fluorescentes para iluminación residencial, y la emisión de 20 normas oficiales sobre ahorro de energía para aparatos electrodomésticos y otros productos.

Se estima que los ahorros de energía acumulados en los últimos cinco años, derivados de los programas mencionados ascendieron a 39 mil GWh, lo que significó una reducción de poco más de 24 millones de toneladas de CO₂. Tan sólo durante el año 2000 el país tuvo ahorros de energía equivalentes a 11 mil GWh y se evitó la demanda de más de 2,200 MW, mediante programas orientados a mejorar la eficiencia en el uso final de la energía. Estas cifras representaron una reducción de casi siete millones de toneladas de CO₂.

El FIDE se constituyó en 1990. Los ahorros de energía alcanzados por el FIDE para 1999 fueron de 1,140 MW. Como resultado de proyectos específicos se evitó la emisión de aproximadamente 4.99 millones de toneladas de CO₂. Entre los proyectos más importantes del FIDE están el de ILUMEX y el de Incentivos para Alumbrado Doméstico, los cuales de manera conjunta han impulsado la sustitución de cinco millones de lámparas incandescentes por compactas fluorescentes, con una meta de 6.1 millones de unidades.

Otros programas que han producido importantes ahorros de energía son: la aplicación del horario de verano, el programa de ahorro de energía en edificios públicos y el programa de ahorro energético de Petróleos Mexicanos. Este último incluye ahorros en el consumo de electricidad, gas natural y otros combustibles. Tan sólo por los programas de cogeneración de PEMEX se espera una reducción anual de más de 50 mil toneladas en equivalentes de CO₂. En el sector productivo, con fondos de la CFE y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), se contempla el desarrollo de proyectos relacionados con incentivos económicos para la adquisición de motores, luminarias y compresoras de alta eficiencia.

ENERGÍAS RENOVABLES

Desde hace varias décadas se han desarrollado prototipos, proyectos, industrias e instituciones relacionadas con el aprovechamiento de las energías renovables en México. Hasta diciembre de 200 existían en México:

- 345 mil m² de paneles solares planos para el calentamiento de agua, de los cuales tan sólo en 1999 se instalaron 35 mil m²;
- 50,000 sistemas fotovoltaicos, especialmente en zonas rurales que no están conectadas a la red nacional de suministro de energía;
- 2 plantas piloto de electricidad de generación eólica una de 1.55 MW de capacidad en Oaxaca y la otra de 600 KW de capacidad en Baja California Sur;
- Dos permisos recientemente otorgados para la explotación de biogás y 16 para la generación eléctrica en sistemas híbridos de combustóleo y bagazo de caña.

ALGUNAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA

En el terreno de la investigación, de 1990 a 1999 el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) ha llevado a cabo estudios sobre el potencial de la energía eólica, sistemas híbridos solar-eólico, y el uso de pequeños sistemas fotovoltaicos para aplicaciones diversas.

Adicionalmente, el Instituto de Ingeniería de la UNAM llevó a cabo un estudio para evaluar el potencial de mitigación asociado con diferentes tecnologías y sectores, entre los que destacan el análisis de plantas generadoras ciclo combinado, generación de electricidad eólica para el bombeo de agua potable, eficiencia en calderas industriales, iluminación eficiente, manejo de biogás en el sector agroforestal, y utilización del metano proveniente de un relleno sanitario, entre otros.

REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES (RETC)

Estimaciones preliminares de la antes SEMARNAP (2000) indican que se emiten al ambiente cerca de cuatro millones de toneladas de residuos peligrosos, doce millones de toneladas de contaminantes atmosféricos (sólo en

cuencas urbanas) y cien mil toneladas de sustancias tóxicas y bioacumulables. A fin de enfrentar esta situación, la antes SEMARNAP instrumentó el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). Dicho registro es una base de información sobre la emisión y transferencia de contaminantes en distintos medios (aire, agua y suelo) en relación con los sectores de la economía y a lo largo de municipios y estados del país. El RETC incluye ocho categorías de fuentes de emisión, 178 contaminantes relacionados con el agotamiento de la capa de ozono, la contaminación del aire en cuencas urbanas, el cambio climático, la contaminación del agua, los residuos peligrosos y las sustancias tóxicas.

INVESTIGACIONES SOBRE CONTAMINACIÓN LOCAL Y GLOBAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO

El desarrollo de estos proyectos tiene gran importancia para el cambio climático, dada la relación entre mejorar la calidad del aire y la necesaria disminución de la quema de combustibles fósiles en la Zona Metropolitana del Valle de México.

El propósito es que para el año 2010 la calidad del aire se mejore sustancialmente en términos de reducción de concentraciones de partículas, ozono, hidrocarburos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno. El programa cuenta con el apoyo de la Iniciativa de Aire Limpio para Latinoamérica del Banco Mundial, y su objetivo es mejorar la salud de la población, y será el primero elaborado en México que evalúe las implicaciones o impactos globales de la contaminación emitida en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

En los últimos cinco años se han desarrollado estudios sobre contaminación atmosférica que tienen efectos tanto a nivel local como regional y global, entre los que destacan:

- análisis del uso masivo de colectores solares para calentamiento de agua;

- mejoramiento de la eficiencia energética en edificios públicos y privados;
- opciones para reducir fugas de gas licuado de petróleo en el sector doméstico;
- proyecto piloto del uso de autobuses híbridos para el transporte público de pasajeros;
- revisión del Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero relacionados con la producción de energía en la ZMVM.

En la ZMVM se emiten el 12% del total nacional de emisiones de gases de efecto invernadero por quema de combustibles fósiles. En el balance de energía, la producción de energía a nivel local en 1996 fue de sólo el 6.5% del total de la energía consumida en la ciudad. En 1996, el consumo final de energía de la ZMVM fue de 569.6 PJ. El consumo final estuvo integrado por 82.3% de gas natural, 17.4 de combustibles sólidos (leña y carbón vegetal) y 0.3% de hidroelectricidad. El consumo sectorial indicó 49.3% del sector transporte, 26% del residencial, comercial y público, 24.5% del industrial y 0.2% del agropecuario.

Una mención especial debe hacerse al Programa Ambiental Integral de la Delegación Tlalpan de la ciudad de México. El programa contempló subprogramas relacionados con la conservación de energía y agua en el sector residencial, producción más limpia y eficiente en instalaciones industriales y hospitalarias, así como de captura de carbono y restauración forestal.

INVESTIGACIÓN SOBRE VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

El clima está modulado por un conjunto de factores complejos y por los cambios del entorno (muchas veces resultado de la actividad humana). Las acciones entre estos componentes se traduce en eventos climáticos extremos, cada día más intensos. Los desastres de origen hidrometeorológico son los que afectan en mayor medida a la población mundial.

El hecho es que en los años recientes se perciben anomalías en el clima que parecen ser más intensas que las experimentadas años atrás. Algunos autores sugieren que la ocurrencia de un cambio climático global está provocando la intensificación del ciclo hidrológico (PICC, 1996).

Las sequías e incendios forestales de 1982–1983 registrados en México y América Central, tuvieron costos estimados en más de 600 millones de dólares. La prolongada sequía de la última década en México parece ser el resultado de cambios climáticos globales. Los eventos «El Niño» se presentan con mayor frecuencia e intensidad a partir de los años ochenta, en comparación con periodos anteriores (Magaña, 1999).

En 1999 se llevó a cabo en México el Taller sobre Evaluación de la Vulnerabilidad y Opciones de Adaptación para México y Centroamérica, organizado por el Programa de Apoyo a Comunicaciones Nacionales del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). En él se elaboraron los términos de referencia de un proyecto presentado al Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), a través de PNUD. Se contempla la realización de este proyecto a largo plazo y se incluye el estudio de la evaluación de la vulnerabilidad y de la adaptación de estos países a la variabilidad climática y al cambio climático.

Como se mencionó en la Primera Comunicación de Cambio Climático a la CMNUCC, México es muy vulnerable a este fenómeno. De 1995 a 1996 se elaboraron escenarios para bosques, desiertos, recursos hidrológicos, sequía y desertificación, asentamientos humanos, zonas costeras, etcétera.

En 1998 se realizó un Estudio sobre vulnerabilidad de la Ciudad de México, con el fin de analizar un escenario de las condiciones bioclimáticas de esta ciudad en caso de que se duplicaran las concentraciones de CO₂. Con uno de los modelos se obtuvo un posible incremento de 2.1°C en la temperatura anual en un área específica de esta zona urbana.

Se iniciará próximamente un estudio sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas en México, mismo que llevará a cabo la Comisión Nacional de para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

PROYECTO DE ADAPTACIÓN

Utilización de pronósticos climáticos en actividades agrícolas en Tlaxcala, México. Este fue el primer proyecto en el país que hizo uso de la información climática disponible (observaciones y pronósticos), en conjunto con un modelo de productividad agrícola para la planeación y realización de actividades en este Estado.

ESTUDIOS DE APOYO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS AL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO (MDL)

Se realizaron estudios para la operación de la futura oficina de mitigación de gases de efecto invernadero y para conocer las ventajas que podría tener nuestro país la presentación de proyectos al Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto.

EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN

Se ha sistematizado la información sobre el material bibliográfico y hemerográfico de cambio climático, en una base de datos del Sistema de Información Automatizado de Bibliotecas de la Universidad de Colima.

Durante los siete últimos años se han impartido talleres, conferencias, cursos, etcétera, sobre el tema de cambio climático a instituciones de educación del país, públicas y privadas, a la iniciativa privada y a los medios de comunicación. Asimismo, el INE ofreció talleres sobre el cálculo de líneas base de emisiones de GEI en el sector energía y en el forestal. Se capacitó personal del INE/SEMARNAT y de otras Secretarías con la ayuda financiera de USAID en temas de captura de carbono en el sector forestal y comercio de emisiones, entre otros. Son numerosas las publicaciones, na-

cionales e internacionales, de los expertos mexicanos sobre las diferentes áreas del tema.

Para México resulta de suma importancia realizar en un futuro cercano un análisis de los estudios sobre la evaluación de la vulnerabilidad ya efectuados y sobre las opciones de adaptación del país. Próximamente se iniciará un estudio sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas, fundamental para un país megadiverso.

ACTIVIDADES INSTRUMENTADAS CONJUNTAMENTE (AIC)

México está en favor de estas actividades, que se encuentran en fase piloto. Según se estableció en la Primera Conferencia de las Partes de la CMNUCC, en 1995, en ellas se permite instrumentar proyectos de mitigación de emisiones entre países desarrollados y países en desarrollo. En esta fase no hay acreditación de las reducciones de emisiones para ninguna de las partes.

El primer proyecto de este tipo fue ILUMEX, relacionado con la obtención de eficiencia energética por cambio de luminarias de incandescentes a compactas fluorescentes. El proyecto recibió en 1999 el primer certificado en el mundo en materia de reducción de emisiones en el área de energía. Fue verificado y certificado por auditores independientes del gobierno de Noruega y del Banco Mundial. En el periodo 1995–1998 se obtuvo una reducción en equivalentes de CO₂ de 171,169 toneladas. El gobierno de Noruega aportó al proyecto tres millones de dólares.

Se presentó a la Iniciativa Estadounidense de Instrumentación Conjunta (USJI, por sus siglas en inglés), el proyecto de una mini-red de energía renovable en Baja California, Sur, México. El proyecto lo desarrolla la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de México y el Arizona Public Service, de Estados Unidos.

En el área forestal se presentó a la USJI el proyecto *Scolet Te* en Chiapas, cuyo responsable es la Unión de Crédito Pajal, El Colegio de la Frontera

Sur (ECOSUR) y el instituto de Ecología y Manejo de Recursos de la Universidad de Edimburgo, Escocia. Otros proyectos son:

- Cultivo de la salicornia, en Bahía de Kino, Sonora.
- Repoblación forestal permanente en la reserva de La Biosfera de la Sierra Gorda, Querétaro.
- Silvicultura sustentable en la Sierra Norte de Oaxaca.

Muchos otros se encuentran en etapa de preparación, por ejemplo, Desarrollo forestal sustentable y captura de carbono en La Selva Lacandona, Chiapas; Conservación biológica y cultural en «El Carricito», en la Sierra Madre Occidental, etcétera.

Se esperaría que los proyectos AIC pudieran ser los primeros que el país pueda presentar al MDL del Protocolo de Kioto.

COOPERACIÓN INTERNACIONAL

En el marco de los acuerdos internacionales, el caso del Protocolo de Montreal es muy significativo, ya que en los últimos 10 años (1989–1999) la contribución de México a la protección de la capa de ozono ha sido muy importante. Se aplicó un calendario acelerado para eliminar la mayor parte del consumo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono para el año 2000. Lo anterior se ha logrado con la aportación del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal y con la activa participación de los diferentes sectores industriales del país.

Desde 1993 se realizan actividades con el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI).

Se participa anualmente en el Foro de Cambio Climático y en el Grupo de Trabajo de Agricultura y Cambio Climático de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

El Consejo Internacional para las Iniciativas Ambientales Locales (ICLEI) trabaja con las autoridades locales en la elaboración de inventarios de

emisiones de GEI y en la identificación de proyectos. La importancia de ICLEI en México reside en que ha colaborado con la gran tarea de incorporar el tema de cambio climático en la agenda ambiental local.

El Proyecto Piloto del Acuerdo de Cooperación en Tecnología (TCAPP por sus siglas en inglés), es una iniciativa del gobierno de Estados Unidos de América, a través del Laboratorio Nacional de Energías Renovables de Estados Unidos (NREL). El equipo TCAPP en México está integrado por representantes de NREL, de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) y del INE. Se han identificado tecnologías de reducción de emisiones de GEI con avances importantes y se ha establecido un proceso de consulta para su próxima instrumentación.

Mediante el Programa Frontera XXI en un horizonte cercano se incorporarán actividades de cambio climático.

Con fondos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) se realizó la actualización de los inventarios de emisiones de GEI, el análisis de programas forestales en México, el apoyo a un taller de modelación macroeconómica y un proyecto de la dinámica del cambio de uso del suelo en la selva tropical húmeda de Chiapas.

El Banco Mundial apoyó el financiamiento de tres estudios para la futura oficina mexicana de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero: 1) líneas base en el sector energético, 2) líneas base en el sector forestal y 3) modelos económicos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) financió un estudio sobre factores de emisión de gases de efecto invernadero provenientes de sistemas vivos en el centro de México y el desarrollo de un sistema virtual para la información, 1998.

EXECUTIVE SUMMARY

The First National Communication of Mexico was submitted to the United Nations Framework Convention on Climate Change in 1997, three years after this instrument went into effect in this country. This first report included the advances and results of studies, workshops, courses, talks and publications on vulnerability, and inventories of greenhouse gas emissions.

The preparation of the Second National Communication of Mexico on Climate Change began in 2000, at a very important juncture for the country, since the Kyoto Protocol was ratified unanimously, in the plenary session of the Senate of the Republic on April 29, 2000. The ratification instrument was deposited at the headquarters of the United Nations, New York City, on September 7 of the same year.

The document includes the updating of the National Greenhouse Gas Emissions Inventory for the period 1994-1998. The figures of the Inventory for land use and land use change for 1998 will be published later as an annex to the Communication, as soon as the process of validation in the country side of the National Forest Inventory prepared in 2000 is completed.

NATIONAL CONTEXT

Based on the official census for the year 2000, the Mexican population reached a total of 97.48 million inhabitants. The rate of population growth between 1995 and 2000 was 1.4% annually; if this rate is maintained, the level will reach a total of 112.2 million inhabitants by 2010 and almost 129 million in 2030.

Since overcoming the economic crisis of 1994-1995 (a period in which the Gross Domestic Product [GDP] registered a steep decline of -6.2%, with a serious inflationary upturn of 52%), production and employment have registered a continuous increase. For 1996, the average annual rate of growth of the GDP was 5.1% and for 1999, 3.7%, in real terms. The production of crude oil amounted to 2,906 thousand barrels per day. In 2000, Mexico's GDP reached US \$ 574,445.1million, a figure that breaks down by sector as follows: agricultural 4.3%; industrial 28% (manufacturing 73%) and service sector 67.7%.

The annual increase in energy consumption was 2.7% from 1998 to 1999, which represented an increase of 163.5.PJ over this period. In 1995, the decrease in energy consumption with respect to 1994 was 2.8 %. The energy intensity for the period 1994-1999 shows a decrease in the energy consumption in KJ/\$ produced. In 1994, the energy intensity was 4,304.4 KJ/\$ and 4,184.2 KJ/\$ in 1999. Over the period 1994-1998, the use of electricity increased 5.58% annually, which is equivalent to 282.31 PJ.

EMISSIONS INVENTORY

The updating of the national inventory of greenhouse gas emissions covered the years 1994, 1996 and 1998. The methodology reviewed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) was used. The information concerning emissions deriving from land use change for 1998 will be presented later as an annex to the Second Communication.

In 1996, the emissions of GHGs in equivalents of carbon dioxide were around 686 thousand Gg, taking into consideration three gases: carbon dioxide, methane and nitrous oxide. Of the total, CO₂ was responsible for 514,047 Gg (75%); methane for 157,648 Gg (23%) and nitrous oxide for 14,422 Gg (2%). The internal combustion processes for transport emitted 100,158 Gg and other internal combustion processes 219,432 Gg in CO₂ equivalent. The emissions from production and consumption energy came to 47% of the total.

Fugitive emissions of methane and natural gas in the oil industry were 44,599 Gg (6.5%). Emissions deriving from industrial processes of the three gases were, in CO₂ equivalent, 43,121 Gg (6.3%). Agriculture (including livestock raising) emitted 55,674 Gg (8%). The forest sector contributed 161,422 Gg (24%), which means that it is the second most important source. The management of urban and industrial waste contributed with 61,710 Gg (9%).

In the results of the energy sector, CO₂ emissions from the combustion of fixed and area sources, and transport sector show that in 1998 a value of 350.38 million tons of CO₂ was reached, which means 18% more than in 1990.

In 1998, the country produced close to 1,120.7 million barrels of crude oil (6,562.9 PJ), of which 56% was allocated to exporting. As for the domestic consumption of primary energy, 53% came from oil derivatives, 30% from natural gas, 4% from coal, 1.6% from nuclear energy, 6% from biomass, 4% from hydroelectric energy and 1% from geothermal energy.

The fuels that experienced the greatest growth between 1990 and 1998 were natural gas and fuel oil, whereas the sectors of greatest consumption and growth were those of electricity generation and transport.

The figures show the obvious decrease in the final consumption of energy in 1995, when there occurred an economic crisis that caused a fall in the GDP of over 6 percent. Although the growth was dynamic

and stable from 1996 on, the consumption of commercial fuels grew by 28% in the period from 1990 to 1998, mounting from 4,020.9 to 5,134.7 PJ.

TRANSPORT

The consumption of energy in the transport sector increased by 20% during the period 1990-1998. Between 1990 and 1998, national aviation increased its energy consumption by 42%, automobile transport by 20% and domestic marine bunkers by 31%. Railway transport reduced its consumption by 13%.

In 1998, the consumption of energy in international transport increased by 70% (1,737 Gg), but represented only 1.6% of the total consumption. The fuel in greatest demand was kerosene, for aviation. Methane emissions for this sector were 28 Gg in 1996, which represents an increase of 23% with respect to 1990. Nitrous oxide emissions amounted to 7.7 Gg, 385% greater than in 1990. This increase is related to the introduction of catalytic convertors in private automobiles beginning in 1991.

Emissions from leaks of methane, in CO₂ equivalent, in the Oil and Natural Gas System in Mexico for 1998 vary between 39,719.4 and 53,608.8 Gg, which represents an increase of 26% with respect to 1990.

INDUSTRIAL PROCESSES

In the first inventory, in 1990, only emissions of the cement industry were reported, with 11,621 Gg. With the 1998 inventory, an increase in this industry was observed, corresponding to 3.8% with respect to 1990. In this present updating, all categories in the sectors of mineral products, metal production and the chemical industry are included. In 1994, total

CO₂ emissions of the sector were 37,108 Gg and grew to 44,346 Gg in 1998, which represented an increase of 19.5 %.

AGRICULTURE

In the 1990 inventory, total emissions deriving from agriculture (including livestock raising), in CO₂ equivalents, were 38,863 Gg, of which methane accounted for 97% and nitrous oxide for 3%. In the 1994, 1996 and 1998 inventories, the emissions were 57,110, 55.674 and 54.463 Gg in equivalents of CO₂. The part accounted for by methane was 82%, 82% and 79%, for each year respectively.

LAND USE CHANGE EMISSIONS

It is estimated that in 1996, the net total emissions of CO₂ for changes in land use were about 157 thousand Gg, as a result of balancing 110 thousand Gg from combustion and decomposition of associated air biomass and the emissions of 89 thousand Gg from mineral floors against the fixing of 42 thousand Gg in managed forests and abandoned lands.

WASTE

In 1990, the methane emissions from domestic waste were 526 Gg, which became 3,363 Gg in 1998. The enormous increase in the figures was due to the use of the new IPCC methodology and the use of additional information that was not available when the inventory of 1990 was prepared. In terms of CO₂ equivalent to 100 years, the CO₂ emissions during 1998 were estimated at 70,619 Gg.

MITIGATION POLICIES IN THE FOREST AREA

Carbon sequestration through practices of forest management is a function of the accumulation and storage of biomass. In the sector of land use, change in land use, and forests, the main strategies contemplated are:

- increasing the rate of accumulation of carbon, by creating or increasing sinks;
- reducing the rate of carbon liberation already fixed in existing sinks; and
- reducing the use of fossil fuels and intensifying that of renewable products.

The main achievements over the past few years in conserving forest ecosystems include the reforestation of more than 740 thousand hectares (PRONARE Program), forest planting of more than 47 thousand hectares between 1997-2003 (PRODEPLAN Program), reclaiming of over 1.3 million hectares of agricultural lands for forestry production. In the period 1997-2000 alone these reclaiming actions permitted a capture of 3.3 million tons of carbon.

CONSERVATION OF FIXED CARBON

Protection of biodiversity

Mexico is the country with the 4th greatest biodiversity in the world. In order to protect this biological wealth, the area of national territory occupied by Protected Natural Areas (ANP) and by Units for the Management and Sustainable Exploitation of Wildlife (UMA) has been increasing. The area covered by ANP grew from 13.4 million hectares in 1994 to 17 millions in the year 2000. And for their part, the surface occupied by the UMA rose from 2.0 to 14.1 million hectares during the period between 1995 and 2000.

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF FORESTS AND RAINFORESTS

For the period 1997-2000, the Program of Forest Development (PRODEFOR) supported the efficient integration of productive wildlife chains on more than 7 million hectares. With the complete instrumentation of the Program, the carbon capture was estimated at 288 million tons, of which 237 were accounted for by forests and 27 by vegetation in arid areas. In addition, the Project of Conservation and Sustainable Management of Forest Resources in Mexico (PROCYMAF) has included over 116 thousand hectares in programs of sustainable forest management, and brought over 13 thousand hectares under the conservation program.

Between 1994 and 2000 a total of 61,089 forest fires occurred, affecting around 2,123,803 hectares, with an annual average of 303,400 hectares. In order to reestablish the original conditions in the areas affected by forest fires in 1998, a special program of restoration was established.

SUBSTITUTION OF FOSSIL FUELS

Firewood still represents the main biofuel used in rural zones in Mexico. In 1990, 25.6 million people (31.4% of the country's total population) used firewood to cook. It is estimated that the total demand for forest biomass (firewood and coal) is as high as 355 PJ/year.

Traditional and handmade stoves and ovens have an efficiency of only 17%, besides causing damages to the health because of the smoke generated. To reduce these emissions, a rural program is in progress for installing stoves with a greater energy efficiency which are expected to permit a reduction in the use of around 6 million tons of wood per year.

Academic studies coordinated by INE last year indicate that from 1995 to 2000, the set of programs and strategies outlined for the forest sector

included actions affecting 8.6 million hectares and the net long-term carbon capture could come to 416 million tons.

AGRICULTURAL SECTOR

To give greater sustainability to the use of natural resources, the Ministry of Agriculture, Livestock Raising, Rural Development, Fisheries and Food (SAGARPA in Spanish) with the collaboration of the Ministry of the Environment and Natural Resources, develop programs of agricultural and rural development, for seasonal employment and for training and extension, among others. These programs seek to improve the agricultural systems that use fire, to reclaim marginal agricultural lands for natural ecosystems, to improve the use of the remains from the crops and to encourage perennial crops, including agroforestry.

MITIGATION ACTIONS IN THE ENERGY SECTOR

Over the past 10 years, the National Commission for Energy Savings (CONAE) and the Trusteeship for Electric Energy Savings (FIDE) have been implementing programs for a more sustainable use of energy, especially: thermal insulation of homes, the introduction of highly efficient air conditioning equipment, the replacement of 500 thousand incandescent fixtures by fluorescent ones in residential lighting, and the issuing of 20 official norms on energy saving for household appliances and other products.

It is estimated that the energy savings accumulated over the last five years deriving from the programs mentioned reached 39 thousand GWh, which meant a reduction of a little over 24 million tons of CO₂. During the year 2000 alone the country had energy savings equivalent to 11 thousand

GWh and the demand for more than 2,200 MW was obviated through programs oriented toward improving efficiency in the final use of the energy. These figures represented a reduction of almost 7 million tons of CO₂ with respect to the baseline of 1990.

FIDE was formed in 1990. The energy savings reached by the FIDE for 1999 were 1,140 MW. As a result of specific projects the emission of 4.99 million tons of CO₂ was obviated. Ilumex and Incentives for Home Lighting, which have together promoted the replacement of five million incandescent fixtures by compact fluorescent ones, are among the most important projects in the FIDE, with a goal of 6.1 million units.

Other programs that have produced important energy savings are: the implementing of daylight saving, the program of energy saving in public buildings and the program of energy saving of the Mexican Petroleum Company (PEMEX: Petróleos Mexicanos). This last includes savings in the consumption of electricity, natural gas and other fuels. Due to the programs of co-generation of PEMEX alone an annual reduction is expected of over 50 thousand tons in CO₂ equivalent.

In the productive sector, with funds from the CFE and the Inter-American Development Bank (IDB), the development of projects involving economic incentives is contemplated for the acquisition of high-efficiency motors, light fixtures and compressors.

RENEWABLE ENERGY

For several decades prototypes, projects, industries and institutions involved in the use of renewable energy in Mexico have been developed. Up until the present time, in Mexico there exist: 345 thousand m² of flat-plate solar panels for water-heating, of which in 1999 alone 35 thousand m² were installed; 50,000 photovoltaic systems, especially in rural areas that are not connected to the national network of energy supply; 2 pilot wind

generated electric plants, one with a 1.55 MW capacity, in Oaxaca, and the other with a 600 KW capacity, in Baja California Sur; 2 permits recently granted for the exploiting of biogas and 16 for electric generation in hybrid systems of fuel oil and sugarcane bagasse.

SOME RESEARCH ACTIVITIES ON ENERGY

In the area of research, from 1990 to 1999 the Institute of Electrical Research (IIE) has carried out studies on the potential of wind energy, hybrid solar-wind systems, and the use of small photovoltaic systems for various applications.

In addition, the Institute of Engineering of the UNAM carried out a study to evaluate the mitigation potential associated with different technologies and sectors, including especially the analysis of combined cycle generating plants, the generation of wind electricity for pumping drinking water, efficiency in industrial boilers, efficient lighting, biogas management in the agroforestry sector, and the use of methane from landfill, among others.

REGISTRATION OF EMISSIONS AND TRANSFER OF POLLUTANTS (RETC)

Preliminary estimates of former SEMARNAP (Nov. 2000), indicate that nearly four million tons of dangerous residues are emitted to the atmosphere, twelve million tons of atmospheric pollutants (in urban basins alone) and a hundred thousand tons of toxic and bioaccumulatable substances. In order to deal with this situation, the Registry of Emissions and Transfer of Pollutants (RETC) was implemented. This registration forms a data base on the emission and transfer of pollutants in different media (air, water and land) associated with the sectors of the economy and in municipalities

and states throughout the country. The RETC includes eight categories of emission sources, 178 pollutants associated with the exhaustion of the ozone shield, the polluting of the air in urban basins, Climate Change, water pollution, hazardous residues and toxic substances.

RESEARCH PROJECTS URBAN AIR POLLUTION IN MEXICO CITY

The development of these research is of great importance for climate change, given the relationship between improving air quality and the necessary reduction of the burning of fossil fuels in the Metropolitan Area of the Valley of Mexico.

The aim is for the air quality to improve substantially by the year 2010 in terms of reduction of concentrations of particulate matter, ozone, volatile organic hydrocarbons and nitrogen oxides. The program has the support of the Initiative for Clean Air for Latin America of the World Bank, and its objective is to improve the health of the population; it will be the first one developed in Mexico to review the implications or overall impacts of the pollution emitted in the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico (ZMVM).

Over the past five years studies have been developed on atmospheric pollution that have effects at both the local level and the regional and global level, prominent among which are:

- the analysis of the massive use of solar collectors for water heating;
- improvement of energy efficiency in public and private buildings;
- options to reduce leaks of liquefied petroleum gas in the domestic sector;
- project pilot of the use of hybrid buses for public transportation of passengers;
- revision of the Inventory of greenhouse gas emissions related to energy production in the ZMVM.

Twelve per cent of the national total of greenhouse gas emissions is produced in the ZMVM. With respect to the balance of energy, the energy production at the local level in 1996 was only 6.5% of the total energy consumed in the city. In 1996, the final consumption of energy in the ZMVM was 569.6 PJ. The final consumption was made up of 82.3% natural gas, 17.4% solid fuels (firewood and charcoal) and 0.3% hydroelectricity. The consumption by sector indicated 49.3% of the transport sector, 26% of the residential, commercial and public, 24.5% of the industrial and 0.2% of the agricultural sectors.

A special mention should be made of the Integral Environmental Program of the Delegación Tlalpan of Mexico City. The program contemplated subprograms involving the conservation of energy and water in the residential sector, cleaner and more efficient production in industrial and hospital facilities, as well as of carbon sequestration and forest restoration.

RESEARCH ON CLIMATE VARIABILITY AND CLIMATE CHANGE

Climate is modulated by a set of complex factors and by changes in the environment (often as a result of human activity). The actions among these components are translated into extreme climatic events, which are becoming more and more intense every day. The disasters of a hydro-meteorological origin are those that affect the world population the most.

The fact is that in recent years anomalies have been perceived in the climate that seem to be more intense than in previous years. Some authors suggest that the occurrence of a global climate change is causing the intensifying of the hydrologic cycle (IPCC 1996).

The 1982-1983 droughts and forest fires registered in Mexico and Central America caused damages estimated at more than US \$600 million. The extended drought over the past decade in Mexico seems to be the result of

general climate changes. The «El Niño» events have been occurring more frequently and more intensely since the eighties, as compared with previous periods (Magaña 1999).

In 1999 the Workshop on Vulnerability Assessment and Adaptation Options for Mexico and Central America and Cuba, organized by the National Communications Support Program of the United Nations Development Program (UNDP), was held in Mexico. There the terms of reference for a project presented to the GEF, through UNDP, were established. The carrying out of this project is contemplated over the long term and includes the study of the assessment vulnerability and adaptation of these countries to climate variability and climate change.

As was mentioned in the First Communication of Climate Change to the UNFCCC, Mexico is very vulnerable to this phenomenon. From 1995 to 1996 scenarios were prepared for forests, water resources, drought and desertification, human settlements, coastal areas, between the most important.

In 1998 a Vulnerability Study of Mexico City was carried out, in order to analyze a scenario of the bioclimatic conditions of this city in the case of a doubling of CO₂ concentrations in the atmosphere. With one of the models a possible increase of 2.1° C in the annual temperature was obtained for a specific part of this urban area.

ADAPTATION PROJECT

The use of climate forecasting in agricultural activities in Tlaxcala, Mexico - this was the first project in the country that made use of available climatic information (observations and forecasting), together with a model of agricultural productivity for planning and carrying out activities in this state.

STUDIES FOR PRESENTING PROJECTS TO CDM

The studies were carried out for the operation a possible future office of greenhouse gas mitigation and to find the advantages that our country would have by presenting projects to the Clean Development Mechanism (CDM) of the Kyoto Protocol.

EDUCATION AND TRAINING

Information on materials, namely books, newspapers and periodicals, in the National Institute of Ecology has been systematized in a database of the Automated Information System for Libraries of the University of Colima.

Over the past seven years workshops, lectures, courses, etc., on the topic of climate change have been given for the country's educational institutions, both public and private, for private enterprise and for the media. INE-SEMARNAT has also offered workshops on calculating baseline emissions in the energy and forestry sectors. Personnel of this Institute and of other Departments have been trained, with the financial help of USAID, in topics of carbon capture in the forestry sector and of emissions trading, among other areas.

There are numerous publications, both national and international, by Mexican experts on the different areas of the topic.

For Mexico it is of the utmost importance to analyze in the near future the studies on vulnerability assessment that have already been carried out and on the country's adaptation options. A study on ecosystems vulnerability, which is essential for a megadiverse country, will soon be underway.

ACTIVITIES IMPLEMENTED JOINTLY (AIJ)

Mexico is in favor of these activities, which are in the pilot phase. As established in the First Conference of Parts of the UNFCCC, in 1995, it is permitted to implement, in them, projects of emissions mitigation between developed countries and developing countries. In this phase there is no accreditation for the reductions of emissions for either part.

The first project of this type was ILUMEX, which involved gaining energy efficiency by a change in lighting from incandescent fixtures to compact fluorescent ones. In 1999 the project received the first certification in the world for reducing emissions in the area of energy. It was verified and certified by independent auditors of the Norwegian government and the World Bank. In the period 1995-1998 there was a reduction, in CO₂ equivalents, of 171,169 metric tons. The government of Norway contributed three million dollars to the project.

The project of a mini-grid of renewable energy in Baja California Sur, Mexico, was also presented to the United States Initiative for Joint Implementation (USIJI). The joint project is being developed by the Mexican Federal Electric Commission and by the Arizona Public Service.

In the area of forestry, we have the project presented to the USIJI *Scolet Te* in Chiapas. Those responsible for it are La Unión de Crédito Pajal, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) and the Institute of Ecology and Resource Management of the University of Edinburgh, Scotland.

Other projects are:

- Growing of Salicornia, in Kino Bay, Sonora.
- Permanent reforestation in the Biosphere Reserve of the Sierra Gorda, Queretaro.
- Sustainable silviculture in the Sierra Norte of Oaxaca.

Many other projects are in the preparation stage: Sustainable Forestry Development and Carbon Capture in the Selva Lacandona, Chiapas,

Biological and Cultural Conservation in «El Carricito», in the Sierra Madre Occidental, among others.

The AIJ projects could be the first ones that the country presents to the CDM of the Kyoto Protocol.

INTERNATIONAL COOPERATION

In the area of international agreements, the case of the Montreal Protocol is very significant, since over the last ten years (1989-1999) the contribution of Mexico to the protection of the ozone shield has been very important. An accelerated schedule was applied to eliminate most of the consumption of the substances exhausting the ozone layer for the year 2000. This has been achieved with the contribution of the Multilateral Fund of the Montreal Protocol and with the active participation of the country's different industrial sectors.

Since 1993, activities have been carried out with the Inter-American Institute for Global Change Research (IAI).

There is annual participation in the Forum on Climate Change and in the Working Group in Agriculture and Climate Change of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).

The International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI) works with local authorities in preparing GHG emissions inventories and in identifying projects. The importance of the ICLEI in Mexico lies in its having collaborated in the great task of adding the topic of climate change to the local environmental agenda.

The Technology Cooperation Agreement Pilot Project (TCAPP), an American government's initiative, has been conducted through the American National Renewable Energy Laboratory (NREL). The TCAPP team in Mexico is made up of representatives of NREL, of the National Energy-Savings Commission (CONAE: Comisión Nacional para el Ahorro de Ener-

gía) and of the National Institute of Ecology (INE: Instituto nacional de Ecología). Technologies in reduction of GHG emissions have been identified with important advances and a consulting process has been established for its implementation in the near future.

Through Program Frontier 21, climate change activities will soon be included.

Using Environmental Protection Agency (EPA) funds, GHG emissions inventories were updated, the forestry programs in Mexico were analyzed, a workshop in macroeconomic modeling were given support, and a project in the dynamics of land-use change in the tropical rainforest in Chiapas was carried out.

The World Bank supported the financing of three studies for the future Mexican office of mitigation of greenhouse gas emissions: 1) baselines in the energy sector, 2) baselines in the forestry sector and 3) economic models.

United Nations Development Program (UNDP) funded a study on emission factors for live systems in Mexico, 1998.

INTRODUCCIÓN

En la última década, México ha mantenido una política de desarrollo nacional consistente con una decidida acción para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Se parte de una economía de carácter dual que debe enfrentar los desafíos propios de un país en desarrollo, que ha mejorado sustancialmente su desempeño, pero que aún tiene alrededor del 40% de sus casi 100 millones de habitantes en una situación de extrema pobreza. México ha promovido diversas medidas que han contribuido no sólo a mejorar la eficiencia de su economía, sino también a impulsar un desarrollo sustentable.

La importancia de este esfuerzo destaca si se considera que la vulnerabilidad de México frente a los efectos climáticos muestra signos de estarse incrementando. México está sometido a una acusada irregularidad hídrica, con fuerte tendencia a la sequía y a la desertificación en amplias zonas del territorio y posee tierras bajas en las zonas costeras. Durante las últimas dos décadas se han presentado eventos climáticos extremos entre los que destacan: en 1982 el huracán *Paul*; en 1985 lluvias torrenciales en Nayarit; en 1988 el huracán *Gilberto*; en 1995 huracanes Ismael y Opal; en 1997 huracán Paulina; en 1998 lluvias torrenciales en Chiapas y en 1999 lluvias torrenciales en el Golfo-Centro y en el Sureste del país. Esta secuencia de

huracanes es mayor a la experimentada en años anteriores. De la misma manera, aumentó la secuencia de incendios forestales, en 1998 se registraron 14,445, siendo común un promedio de 7,198 (entre 1992 y 1997), afectando una superficie de 849,632 ha.

En este contexto, este documento precisa las líneas de política de México para responder a los desafíos que el cambio climático representa, en consonancia con el compromiso del país ante la comunidad internacional en este tema.

LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LA POLÍTICA DE DESARROLLO EN MÉXICO

México ha seguido un ambicioso programa de reforma estructural en su economía durante la última década, que se apoya en la transición de un Estado productor de bienes y servicios a uno que opera como agente regulador e impulsor del desarrollo, que involucra de manera creciente la participación de la iniciativa privada y la sociedad civil en la ejecución de políticas públicas. En esa nueva orientación del desarrollo, las políticas que abordan problemas ambientales incluyen simultáneamente aspectos relacionados con la eficiencia energética, desarrollo de energías renovables y combustibles más limpios, políticas de conservación de bosques y reforestación, entre otras.

En su conjunto, esta combinación de políticas ha creado un entorno competitivo, contrario a la ineficiencia y al desperdicio de recursos, tanto en el sector público como en el privado. Además de ampliar significativamente la participación de la iniciativa privada en múltiples áreas de la economía anteriormente reservadas al Estado, este conjunto de políticas ha impulsado una importante serie de cambios en materia de regulación e instituciones que favorecen un desarrollo ambientalmente amigable. Así, se ha ampliado la participación de la iniciativa privada en el sector energético, particularmente en la distribución de gas natural y en la cogeneración y autoabastecimiento de electricidad, se ha fortaleci-

do la capacidad de gestión y coordinación de los organismos rectores de la política ambiental.

Una evaluación de los principales indicadores sobre desempeño económico y desarrollo energético muestra el impacto de esta política nacional. Desde la perspectiva que ésta brinda, las medidas útiles para entender la dinámica de producción de GEIs son dos: la intensidad energética y la intensidad de uso de carbono en la producción de energía. Para un mismo nivel de intensidad de energía, la intensidad de uso de fuentes con carbono puede variar, de acuerdo a la tecnología que se emplee para producir esta energía.

INTENSIDAD ENERGÉTICA E INTENSIDAD AMBIENTAL

México ha incrementado consistentemente su eficiencia energética, es decir, produce cada vez más Producto Interno Bruto (PIB), con cada vez menos energía. Si se considera el período 1984 -1998, años para los cuales hay cifras disponibles, se nota una disminución progresiva de la intensidad energética (consumo de energía/PIB producido).

Por otro lado, la energía se produce con una intensidad de emisiones decreciente; es decir, con cada vez menor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero. Al comparar la cantidad de CO₂ producida por unidad de energía, se observa una disminución progresiva de la intensidad de carbono en el período 1981-1998, años para los cuales hay cifras disponibles.

Estas tendencias resultan de un continuo viraje en los bienes elaborados por los sectores productivos de la economía mexicana, así como en la combinación de insumos empleados en su producción. Durante la última década, la apertura comercial ha incidido en la estructura de la oferta de bienes de la economía. Los bienes que ahora producimos para el mercado externo son manufacturas menos intensivas en el uso de energía. Asimismo, las empresas con capital foráneo tienden a emplear tecnologías de

MÉXICO: INTENSIDAD ENERGÉTICA
(TERAJOULES DE ENERGÍA PERCÁPITA / MILES DE US\$ DE 1990)



FUENTE: Elaboración de la SENER con datos de la Agencia Internacional de Energía e INEGI.

MÉXICO: EMISIONES DE CO₂/OFERTA INTERNA BRUTA DE ENERGÍA
(TONELADAS DE CO₂/TERAJOULES)



FUENTE: Elaboración de la SENER con datos de la Agencia Internacional de Energía e INEGI.

punta más amigables con el medio ambiente y por otro lado, la liberación comercial ha permitido que las empresas mexicanas tengan acceso a tecnologías de producción más eficientes y limpias en el uso de energéticos.

Finalmente, las políticas y medidas anteriores han logrado un menor nivel de emisiones.

MEDIDAS DE POLÍTICA

Adicionalmente, se han tomado una serie de medidas que han resultado en una disminución de la tasa de crecimiento de las emisiones de gases efecto invernadero en el sector energético, entre las que destacan:

- CONSERVACIÓN Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

El impulso a la cogeneración y el uso de tecnologías que ahorren energía, a través de organismos como la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) y el Fideicomiso de Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). Estos incluyen programas de sustitución de equipos y el desarrollo de las bases de un mercado para empresas de servicios energéticos. Se ha impulsado además un programa de cambio de horarios para ahorrar energía.

- USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

El desarrollo de plantas de generación eléctrica que emplean un ciclo combinado, mismas que resultan más eficientes en la producción de energía (producen 1.5 veces la misma cantidad de energía que una planta convencional) y emiten cantidades menores de GEI.

- MEJORAMIENTO DE COMBUSTIBLES

La disminución del contenido de plomo y carbono en las gasolinas empleadas en el país, y la sustitución en la generación de energía eléctrica de combustóleo por gas natural, que resulta mucho más limpio.

- PRECIOS DE COMBUSTIBLES

La reducción de los subsidios a energéticos específicos, así como incrementos en los impuestos a las gasolinas. Esto ha contribuido a mitigar el consumo de esos combustibles.

- CAMBIOS EN LA POLÍTICA DE CONSERVACIÓN DE BOSQUES

Lo que ha contribuido a disminuir las emisiones de carbono por quema de bosques y aumentar la tasas de secuestro de carbono en la atmósfera.

La combinación de estas medidas ha conseguido disminuir la tasa de crecimiento de emisiones sin afectar los niveles de crecimiento de la economía. Esta política continuará y reforzará en el futuro el compromiso de México con un desarrollo sustentable, eficiente, y más limpio.

EL COMPROMISO DE MÉXICO CON LA COMUNIDAD INTERNACIONAL

Con la presentación de la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Gobierno mexicano reitera su compromiso de informar sobre los avances realizados para mitigar las emisiones de GEI.

Este documento resume la evolución del marco de referencia nacional con el fin de precisar el perfil general de las emisiones de los gases de efecto invernadero, así como las políticas y medidas que han ayudado a mitigar dichas emisiones en México. Recoge también lo realizado en materia de capacitación de recursos humanos y de divulgación de los resultados obtenidos. Su elaboración representa un esfuerzo conjunto del Comité Intersecretarial sobre Cambio Climático, coordinada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), por medio del Instituto Nacional de Ecología (INE), y contó, como en el caso de la Primera Comunicación Nacional (1997), con la amplia colaboración de diver-

Los centros e institutos de investigación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En particular, cabe resaltar la destacada participación del Centro de Ciencias de la Atmósfera, del Programa Universitario de Energía y de los Institutos de Ecología y de Ingeniería. Otros organismos de la administración pública, brindaron valiosas aportaciones, como son el Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Instituto Mexicano del Petróleo.

El gobierno de México presenta la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, con el fin de contribuir a los propósitos de este instrumento y como un testimonio del compromiso de México en materia de cambio climático.

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL DOCUMENTO FUE RECAADA A PARTIR DE LA PUBLICACIÓN DE LA PRIMERA COMUNICACIÓN NACIONAL, Y CORRESPONDE AL PERIODO 1997-2000, CON ACTUALIZACIONES EN ALGUNOS RUBROS HASTA JULIO DE 2001.

INTRODUCTION

In the past decade, Mexico has advanced a national development policy consistent with a significant impulse for greenhouse gas (GHG) emissions mitigation efforts. Starting from a dual economy which faces many of the challenges common to developing countries, including having around 40% of its population in extreme poverty, Mexico has promoted diverse measures not only to improve its economic performance, but also to promote sustainable development.

The importance of this effort cannot be underestimated if the country's vulnerability to climate change effects is considered. Mexico not only has a large number of low coastal areas, but has also been already suffering acute hydro-irregularities, with severe droughts and desertification trends in significant areas of its territory. During the last two decades, the incidence of extreme climate phenomena appears to be increasing: Hurricane Paul (1982); torrential rains in Nayarit state (1985); Hurricane Gilberto (1988); Ismael and Opal hurricanes (1995); Paulina hurricane (1997); torrential rains in Chiapas (1998), and again torrential rains in gulf-central and southeastern part of the country (1999). This hurricane sequence is more severe than in previous decades. Furthermore, the amount of forest fires has increased to 14,445 during 1998, when the

average during 1992-1997 was of 7,198. The affected surface during 1998 was of 849,632 ha.

In this context, this document outlines the main policy actions of the Mexican government to meet the challenges climate change represents, in accordance with the country's international commitments, and summarizes the contents of the *Mexico's Second National Communication*.

GHG EMISSIONS AND MEXICO'S DEVELOPMENT POLICY

Mexico has followed this last decade an ambitious program of structural reforms in its economy, based on a transition in the role of the of the state in the economy, passing from being a provider of goods and services to being a regulator and a promoter of development, fostering in the process an increased participation of private actors and civil society in the implementation of public policies. In this new development orientation, Mexico's environmental policies simultaneously take into account aspects related to energy efficiency and energy conservation, development of renewable energies and clean fuels, forest conservation and reforestation policies, among others.

This set of policies has created a more open and competitive environment, hostile to inefficiency and waste in the public and private sectors. The participation of private agents has increased in multiple areas of the economy formerly reserved to the State. It has also promoted important institutional and regulatory changes that favor an environmentally sound development. In the energy sector in particular, the scope of private intervention has been broadened in natural gas distribution, energy co-generation and energy self-generation. Furthermore, the management and policy coordination capabilities of key institutions involved in environmental policy have also been strengthened.

An evaluation of key economic management and energy development indicators can show the impact of this national development policy. From such a perspective, there are two key measures to understand GHG

production: energy intensity and carbon use intensity. For the same level of energy intensity, carbon intensity can fluctuate according to the technology employed to produce the energy.

ENERGY INTENSITY AND ENVIRONMENTAL INTENSITY

Mexico has steadily increased its power efficiency; it tends to produce more Gross Domestic Product (GDP) with less energy every year. As the graph below shows, energy intensity has been decreasing in the 1984 – 1998 period (for which there is data available).

MEXICO: ENERGY INTENSITY
(TERAJOULES OF PER CAPITA ENERGY / THOUSAND OF US\$ 1990)



SOURCE: International Energy Agency (IEA) and INEGI.

Furthermore, energy is being produced with a decreasing intensity of emissions; the same amount of energy is being produced with a smaller amount of GHG emissions.

As the graph above shows, a progressive reduction of carbon intensity can be noted, particularly for the 1981-1997 period. In that period, the

MEXICO: CO₂ EMISSIONS/DOMESTIC ENERGY NET SUPPLY
(TONES OF CO₂ / TERAJOULES)



SOURCE: International Energy Agency (IEA) and INEGI.

amount of CO₂ produced by energy unit has been decreasing. These trends are the result of a progressive shift in the GDP produced by different productive sectors within the Mexican economy, as well as steady improvements in production processes. During the past decade, economic liberalization has had a strong impact in the supply structure of the economy.

Furthermore, goods produced for external trade tend to be less energy intensive, while trade liberalization has allowed the entry and adaptation of more energy efficient technologies. Summing up, this new development orientation has brought forward a more efficient and clean use of energy, which in turn translates into a smaller amount of GHG emissions.

POLICY MEASURES

These developments have been coupled to specific measures designed to reduce the GHG emissions rate of growth of the economy as a whole. These can be summarized as follows:

- ENERGY CONSERVATION AND ENERGY EFFICIENCY

Mexico has supported electric co-generation projects as well as the use of technologies for energy conservation. Through the creation of institutions such as the National Energy Conservation Commission (CONAE in Spanish), and an Electric Trust for Electric Energy Savings (FIDE in Spanish), Mexico has developed programs for the substitution of non-efficient equipments, for energy conservation ones as well as the development of a market base for Energy Services Companies (ESCO's). It is important to mention that country-wide energy daylight savings programs have also been implemented, with significant energy savings.

- NEW USE OF TECHNOLOGIES

Electric power plants using combined cycle plants have been introduced in the electric system. These are more efficient in terms of energy production (they produce 1,5 times the same amount of energy compared with a conventional plant) and report a minimum amount of GHG emissions.

- FUEL IMPROVEMENTS

These have resulted in reduced lead and carbon contents in major fuels as well as the substitution of fuel oil for natural gas.

- FUEL PRICES

Specific energy subsidies have been reduced, as well as an increase of gasoline taxes. The net effect is less consumption of gasoline.

- POLICY CHANGES IN FOREST CONSERVATION

These have contributed to reducing GHG emissions related to forest fires, as well as an increase of carbon sequestration (sinks) in the atmosphere.

All the aforementioned measures have contributed to a reduced emissions rate growth without affecting economic growth. This policy will

continue and will support Mexico's commitments with a sustainable, efficient and cleaner development.

MEXICO'S COMMITMENT WITH THE INTERNATIONAL COMMUNITY

With the presentation of the Second National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), the Mexican government once again underlines its commitment to inform about the advances undertaken to mitigate GHG emissions.

The document summarizes the evolution of the national reference framework so the general profile of GHG emissions, and the set of policies measures for GHG emissions implemented in Mexico can be outlined. It also presents the achievements in improving human capital formation in related areas, and in the spreading of the results obtained.

The Communication represents a joint effort of the Inter-Ministerial Committee on Climate Change, it was coordinated by the Ministry of Environment and Natural Resources (SEMARNAT) through its National Institute of Ecology (INE), and as in the case of the First National Communication (1997) diverse research centers and the National Autonomous University of Mexico (UNAM) supported it. The valuable participation of the Center on Atmospheric Sciences, the University Energy Program and the Ecology and Engineering Institutes should also be acknowledged. Other public sector institutions also provided important input, including the Electric Research Institute and the Mexican Petroleum Institute.

The Mexican government presents the Second National Communication as a contribution to the achievements of the objectives of the UNFCCC and as a testimony of Mexico's commitment to them.

INFORMATION WAS COLLECTED FROM 1997 TO 2000;
HOWEVER, SOME AREAS WERE UPDATED TO JULY 2001.

I. CONTEXTO NACIONAL

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

México se localiza en la porción norte del continente americano. Tiene como límites las siguientes coordenadas extremas: al norte, 32°43'06'', el Monumento 206 de la frontera internacional México–Estados Unidos de América; al oeste, 118°27'24'' la isla Guadalupe; al Este 86°42'36'' la isla Mujeres y al sur, 14°32'27'' la desembocadura del río Suchiate. México colinda en su parte norte con Estados Unidos de América, a lo largo de una frontera de 3,152.2 km, y al sureste con Guatemala y Belice, con una frontera conjunta de 1,149.2 km de extensión. La longitud de sus costas continentales es de más de once mil km, por lo cual ocupa el tercer lugar en América, después de Estados Unidos y Canadá.

La extensión territorial del país es de 1,964,381.7 km², con una superficie continental de 1,959,248.3 km² y una insular de 5,133.4 km². Esta extensión lo ubica en el decimocuarto lugar entre los países del mundo con mayor territorio. La división política del territorio nacional está constituida por 31 estados y el Distrito Federal. La capital del país es la Ciudad de México, localizada a 2,240 m de altura sobre el nivel del mar.

El terreno del país es muy accidentado, con una gran cantidad de montañas, planicies, valles y altiplanos. El 36 % de la superficie del país corresponde a zonas con pendientes menores a 10%; el resto incluye regiones serranas. La altura máxima se presenta en las cimas de los principales volcanes, llegando a ser de 5,610 metros sobre el nivel del mar en el Pico de Orizaba. El mar territorial es una franja con una amplitud de 12 millas náuticas, medidas a partir de la línea base (línea de costa).

CLIMA

En México, se observa una variedad de climas, que va desde los cálidos, con temperaturas medias anuales mayores a 32 °C, hasta los fríos, con temperaturas menores a 10 °C. Esta variedad se debe a lo complejo de su topografía y a que el país se extiende desde regiones tropicales hasta latitudes medias. Sin embargo, las temperaturas medias de superficie varían en 93% del territorio nacional entre 10 °C y 26 °C. Este rango comprende climas cálidos-subhúmedos en 23% del territorio nacional, secos en 28%, muy secos en 21% y templados-subhúmedos en 21%.

Los años recientes han sido considerados como los más cálidos en el mundo. México no ha escapado a esta tendencia y en el bienio 1997-1998 se registraron temperaturas récord en casi todo el país. En la Ciudad de México la precipitación ha aumentado casi 200 mm y la temperatura en aproximadamente 3 °C desde principio del siglo pasado, en buena medida debido al fenómeno conocido como «isla urbana de calor».

Aunque en invierno llueve ocasionalmente, las lluvias más intensas ocurren en verano. De forma general se puede decir que la temporada de lluvias en México comienza entre mayo y julio, terminando en septiembre y octubre, dependiendo de la zona. Por otra parte, el invierno se caracteriza por condiciones secas en la mayor parte del territorio, excepto en el noroeste y en la vertiente del Golfo de México. Por el hecho de presentarse

lluvias durante el verano en la mayor parte del país y condiciones secas durante el invierno, el clima de México se caracteriza como monzónico.

RECURSOS NATURALES

Por su situación geográfica, clima, orografía y geología, la República Mexicana presenta una gran diversidad de condiciones ecológicas, únicas en el mundo. Estas condiciones han dado como resultado una enorme variedad de ecosistemas lo que le confiere una gran diversidad de flora y fauna.

En México se localizan extensiones de terreno con mínima o nula vegetación, como sucede en las partes más áridas de los desiertos o cerca de las nieves perpetuas. En contraste con ello, se encuentran selvas exuberantes cuyos árboles alcanzan más de 40 m de altura en áreas con precipitaciones superiores a los cuatro mil mm anuales. Entre estos extremos existe una gran variedad de comunidades arbustivas que forman extensos y diversos matorrales, pastizales, bosques de coníferas y de encinos en casi todos los sistemas montañosos, palmares y selvas con diferente grado de caducidad de follaje, manglares muy desarrollados en el sur de ambos litorales y comunidades vegetales pioneras en las dunas costeras, entre otras.

Esta variedad de ecosistemas de la que disfruta el país es resultado de su posición de frontera entre las regiones neártico y neotropical, de su historia climática y geológica, que determinó radicales transformaciones en sus líneas de costa. Asimismo, su compleja orografía y la consiguiente distribución desigual de la precipitación. La complejidad de la vida que hallamos en el actual territorio mexicano es producto de múltiples adaptaciones a profundos cambios espaciales y temporales.

La excepcional riqueza biológica de México ubica al país en el restringido grupo de naciones «megadiversas», junto con Brasil, Colombia, Perú, China, Indonesia y Australia, entre otros. Aunque representa menos de 1.5% de la superficie total terrestre del planeta, en el país se localiza cerca de 10%

de las especies de plantas superiores conocidas. Más de 40% de ellas son endémicas, esto es, sólo pueden encontrarse en nuestro país. Los endemismos mexicanos son también numerosos entre las especies animales. La presencia de una diversidad biológica extraordinaria representa para México una gran oportunidad, así como la responsabilidad de conservarla.

Los ecosistemas constituyen un capital natural vital, asociado con un conjunto de bienes y servicios estratégicos. Este patrimonio natural ha sido objeto de deterioro durante largos periodos. El caso de las selvas altas y medianas perennifolias es ilustrativo. Este ecosistema ocupaba originalmente cerca de 200 mil km², extendiéndose desde el sur de Tamaulipas hasta Chiapas, incluyendo buena parte de Veracruz, Tabasco, Campeche y algunas porciones de San Luis Potosí, Hidalgo y Oaxaca. En la actualidad, ha quedado reducido a menos de la cuarta parte de su extensión original.

En las últimas décadas, se ha perdido cerca de la mitad de los bosques templados. La pérdida de los muy valiosos bosques mesófilos es algo mayor. Queda apenas una tercera parte de la extensión original de manglares, necesarios para la reproducción de múltiples especies de interés pesquero. La deforestación de bosques, selvas y zonas áridas siguió avanzando en la década pasada a un ritmo estimado de alrededor de 600 mil hectáreas por año, extensión superior a la de todo el territorio de Aguascalientes. Al cambio del uso del suelo han contribuido numerosos procesos, incluyendo la ganadería extensiva, formas no sustentables de agricultura, tala inmoderada de bosques, incendios forestales y dispersión de asentamientos humanos, entre otros.

De los recursos no renovables disponibles en México, destacan las reservas de petróleo y gas. En 1998, las reservas probadas de hidrocarburos se estimaron en 60,160 millones de barriles, de las cuales 80% corresponden a petróleo crudo y 20% a gas natural. Existe también una reserva de 660 millones de toneladas de carbón que se localiza principalmente en Coahuila y, en menor grado, en los estados de Nuevo León, Sonora y Oaxaca. Por otro lado, las reservas de uranio se estimaron en 14.5 miles de toneladas. Sin embargo, debido a que México no cuenta con una planta

procesadora de uranio, es necesario importar este combustible para la central de Laguna Verde, Veracruz, cuya capacidad instalada es de 1,309 megawatts. Otro recurso no renovable que destaca es la plata, cuya producción ha llevado a México a ocupar el primer lugar a nivel mundial en cuanto a producción de este metal, que en 1997 fue de 2.701 toneladas.

POBLACIÓN

La dinámica de población mundial, así como sus patrones de crecimiento y de distribución, inciden en la disponibilidad de los recursos naturales y en los diferentes ámbitos del bienestar humano. El crecimiento demográfico cobró mayor intensidad en las regiones urbanas en las últimas cinco décadas. De los 2,500 millones de habitantes en 1950 se llegó a los 6,000 millones al final del siglo pasado. Este proceso está requiriendo que los países realicen acciones cada vez más costosas para satisfacer las crecientes necesidades básicas de las nuevas generaciones.

De las 80 ciudades con más de un millón de personas que había en 1950, se llegó a 280 ciudades con esa cantidad en 1995 y 15 de ellas —a diferencia de las doce que había en 1990— ya superan los 10 millones de habitantes. Tokio permanece como la ciudad más grande del mundo, en tanto que la ciudad de México, que en 1950 ocupaba el decimosexto lugar y en 1990 el tercero, en 1995 ascendió al segundo, aunque para el año 2015 se proyecta que descenderá hasta el décimo lugar.

El intenso proceso de urbanización de las últimas décadas —uno de los factores más significativos del cambio global del uso del suelo— se traduce en que ahora 45% de la población mundial vive en áreas urbanas, donde se aceleran los cambios demográficos y se acentúa la mala calidad atmosférica, el hacinamiento y la inseguridad.

En México, con base en el último censo de población realizado en el año 2000, la población alcanzó un total de 97.48 millones de habitantes.

La tasa de crecimiento demográfico del país durante el periodo 1995–2000 fue de aproximadamente 1.4% anual. De mantenerse esa tasa, las perspectivas demográficas muestran (figura 1.1) que la población mexicana alcanzará alrededor de 112.2 millones en el 2010, 128.9 millones en el 2030 y 132 millones en el 2050, nivel en el que se estabilizaría.

FIGURA 1.1. PROYECCIONES DE LA POBLACIÓN DE MÉXICO



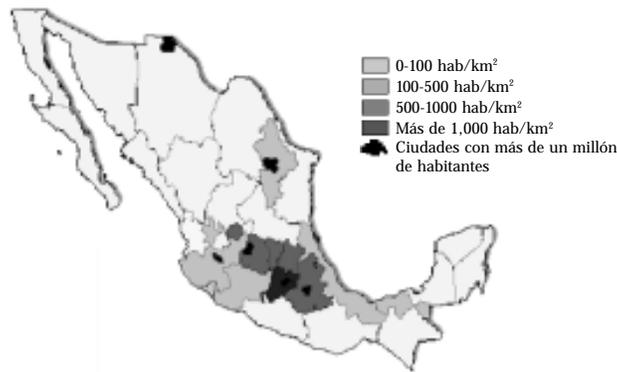
FUENTE: Consejo Nacional de Población (CONAPO). *Proyecciones de la población de México 1996-2050* (1998).

La densidad nacional de población fue de 50 personas/km² en el año 2000; sin embargo, en promedio, las densidades en las entidades federativas varían considerablemente desde cifras tan bajas como las de Baja California Sur con seis personas/km², Chihuahua, Sonora, Campeche, Durango con 12 personas/km² y Coahuila, con 15 habitantes por kilómetro cuadrado, hasta densidades tan altas como las del Distrito Federal y el Estado de México, de 5,634 y 611 habitantes por km², respectivamente (figura 1.2).

En la perspectiva de las localidades y núcleos de población se identificaron áreas metropolitanas como las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, que ocupan 2% del territorio nacional y donde reside 25% de

la población total del país. Por otro lado, poco más de un tercio de la población reside en localidades rurales, con menos de 15 mil habitantes.

FIGURA 1.2. DENSIDAD DE POBLACIÓN



FUENTE: SEMARNAP-INEGI, 1998.

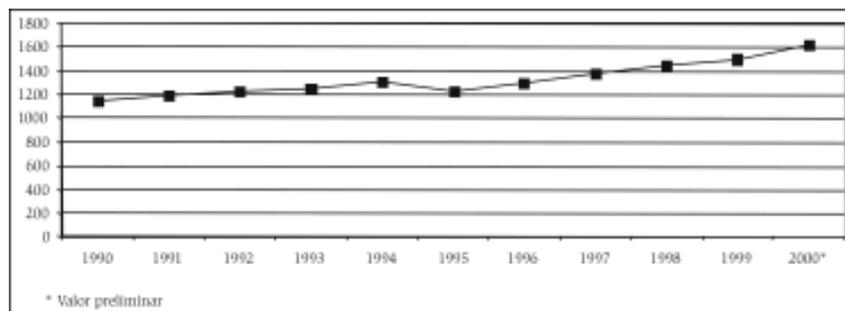
ECONOMÍA

La estrategia económica en los últimos años ha comprendido un estricto control fiscal y monetario, el fortalecimiento del sistema financiero y la promoción del cambio estructural. Dichos elementos han permitido que una vez superada la crisis económica de 1994–1995, cuando el Producto Interno Bruto (PIB) registró una profunda caída de -6.22% , con un grave repunte inflacionario de 52% , la producción y el empleo hayan registrado un continuo incremento.

Para 1996, la tasa de crecimiento promedio anual del PIB fue de 5.13% y para 1999 de 3.79% en términos reales. Si bien fue inferior al alcanzado en 1998, resultó mayor al previsto para ese año, en que el crecimiento de

la economía mundial fue de 2.5%. En 1999, el PIB de México ascendió a 483,671.7 millones de dólares (figura 1.3). Por otra parte, la producción de petróleo crudo fue de 2,906.08 miles de barriles diarios. Para el año 2000, el PIB de México ascendió a 574,445.1 millones de dólares, la distribución por sector fue la siguiente: el agropecuario 4.3%; el industrial 28.0%, donde las manufacturas constituyen el 73.0% de su valor; y el sector de los servicios 67.7%, donde donde las manufacturas constituyen el 73.0% de su valor; y el sector de los servicios 67.7%, donde sobresalen los comunales, sociales y personales con un 33.8%.

FIGURA 1.3. EVOLUCIÓN DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO
(MILES DE MILLONES DE PESOS A PRECIOS DE 1993)



FUENTE: Página electrónica de INEGI (www.inegi.gob.mx). *Indicadores económicos de coyuntura*.

Para el ejercicio 2000, se propuso alcanzar un crecimiento real del PIB de 4.5%. En materia de inflación, el Banco de México y el Ejecutivo Federal acordaron continuar los esfuerzos para mantener su tendencia decreciente, estableciendo como meta que ésta no fuera superior a 10.0% al cierre del año. En el cuadro 1.1 se presentan las cifras reales de los indicadores económicos mencionados:

CUADRO 1.1. MARCO MACROECONÓMICO DE MÉXICO, 1994–2000

Indicador	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000*
Producto Interno Bruto**	1,312.20	1,230.61	1,293.86	1,381.53	1,450.06	1,504.97	1,609.14
Crecimiento (% real)	4.50	-6.22	5.13	6.78	4.96	3.79	6.92
Inflación	5.40	35.00	41.57	19.21	12.19	17.06	10.89

*Cifras esperadas

** Mmp a precios de 1993.

FUENTE: Elaboración propia con base en datos proporcionados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). *Criterios generales de política económica para el 2000* y Página electrónica de INEGI. *Indicadores económicos de coyuntura*.

La balanza comercial registró un déficit de 8,048.9 millones de dólares, cantidad mayor en 44.2% a la registrada en 1999. Las exportaciones se ubicaron en 166,424.0 millones de dólares, monto superior en 22% al reportado en 1999. Entre sus componentes destaca el dinamismo de las de origen petrolero. Por su parte, las importaciones registraron un incremento anual de 22.9%, al situarse en 174,472.9 millones de dólares.

La inversión y el consumo públicos presentaron un nivel superior con respecto al año anterior, al registrar crecimientos de 8.6 y 3.5% real, en cada caso. El dinamismo de la economía impactó positivamente en los niveles de empleo. La tasa de desempleo abierto continuó la trayectoria descendente iniciada en 1996. Según los resultados de la Encuesta Nacional de Empleo para 1999, el 56.0% de la población de 12 años y más pertenece a la Población Económicamente Activa (PEA), la cual asciende a 39,751,385 personas.

La solidez de la economía y la confianza de los inversionistas extranjeros permitieron que la cuenta capital reportara un saldo positivo, a su interior se distingue la inversión extranjera directa que presentó un incremento anual de 10.5%.

La participación de México en el Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) y la firma reciente de los Tratados de Libre Comercio con la Unión Europea (Acuerdo de Asociación Económica, Concertación Política y Cooperación) y con Israel, colocan a nuestro país en posición de comerciar y, por tanto, competir, con la mayoría de los países industrializados del mundo.

Adicionalmente, México suscribió tratados de libre comercio con Chile, Colombia, Venezuela, Bolivia, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Guatemala y Honduras.

RECURSOS HÍDRICOS

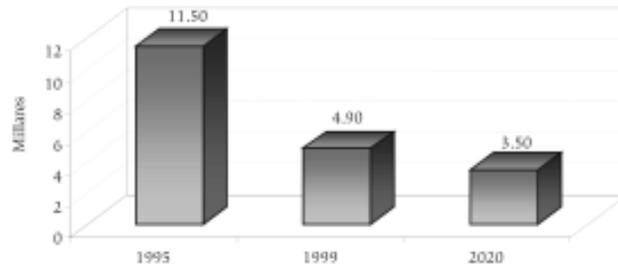
Un indicador básico para evaluar la situación de los recursos hídricos en un país es la disponibilidad natural del agua por habitante y año. En la actualidad, más de la mitad de los países del mundo tienen disponibilidades anuales, per cápita, menores a los cinco mil m³ y más de 15% se ubica debajo de la barrera que define la escasez.¹ Con las tendencias actuales, en el año 2025, aproximadamente, las dos terceras partes de la población mundial vivirán en países con baja disponibilidad de recursos hídricos.

La disponibilidad promedio en México fue de 11,500 m³/habitante/año en 1955 y por efecto del crecimiento demográfico, en 1999 pasó a

¹ La disponibilidad natural de agua se considera muy baja cuando es menor a 1,000 m³/habitante/año. La disponibilidad es baja si se encuentra entre 1,000 y 5,000 m³/habitante/año. Valores superiores a 5,000 m³/habitante/año representan disponibilidades medianas y altas.

4,900 m³/habitante/año, por lo cual nuestro país ya se encuentra entre los países con baja disponibilidad de agua. Con base en proyecciones de la Comisión Nacional del Agua (CNA), para el año 2020 la disponibilidad de agua descenderá a 3,500 m³/habitante/año, como se aprecia en la figura 1.4.

FIGURA 1.4. EVOLUCIÓN EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN MÉXICO
(m³/habitante/año)



FUENTE: Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria, A.C. FEMISCA/AIDIS, Año 12 Núm. 47, México 2000.

La disponibilidad de agua está distribuida en forma desigual en el país: contrastan los más de 28 mil m³/habitante/año disponibles en la región de la frontera sur, con 227 m³/hab/año en el Valle de México. En varias regiones del centro y norte se tienen ya niveles inferiores a los 2,500 m³ anuales por habitante. En particular, en las regiones de la Península de Baja California, del Río Bravo y de las cuencas del norte, la disponibilidad para el año 2020 será menor a los 1,000 m³/hab/año.

Para el desempeño de sus funciones, la CNA cuenta con 13 regiones administrativas. Cinco de estas regiones destacan por su cobertura geográfica: Valle de México, con 19.44 millones de personas; Lerma-Santiago-

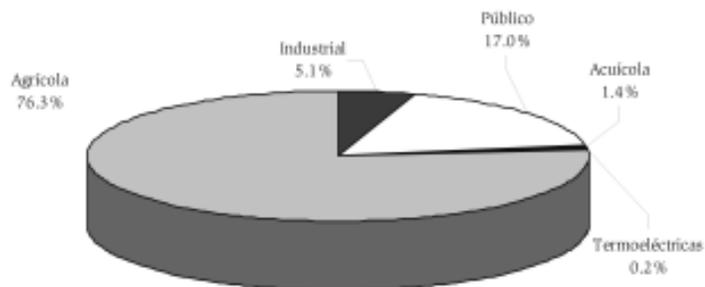
Pacífico, con 18.83 millones de personas; Balsas, con 9.93 millones de personas; Bravo, con 9.25 millones de personas y Golfo centro, con 9.18 millones de personas.

El volumen almacenado por los siete principales lagos en México fue de 6,717 hm³ en 1998. Existen además 4,500 presas que almacenan en total 150 km³. El agua proveniente de las presas La Angostura, Malpaso, Infiernillo, Temascal, Aguamilpa y La Amistad se utiliza principalmente para generar energía eléctrica.

En México se extrajeron 198.4 km³ de agua en 1998, de los cuales 79.4 km³ se destinaron para consumo, distribuidos como se muestra en la figura 1.5. El agua extraída para este fin es principalmente de origen superficial y se destina en su mayor parte al sector agrícola. El agua subterránea se destina al consumo público, al industrial y a las termoeléctricas.

FIGURA 1.5. CONSUMO DE AGUA EN MÉXICO

VOLUMEN TOTAL EXTRAÍDO: 79.4 m³



FUENTE: SEMARNAP/CNA. *Compendio básico del agua en México*. México 1999.

La baja eficiencia en la utilización del agua contribuye a incrementar la problemática del sector. El sector agrícola desperdicia 55% del total de

agua que se extrae para ese fin, debido a fugas, exceso de riego entre otros. El sector urbano pierde 43%. Se estima que las pérdidas en la industria y los servicios son mínimas. Las pérdidas totales representan 49% del agua que se extrae para usos consuntivos.

Los restantes 119 km³ de agua tuvieron un uso no consuntivo y se destinaron a las plantas hidroeléctricas para generar energía eléctrica. Las plantas hidroeléctricas generaron aproximadamente 25.6 mil GWh al año, lo que representó 18% del total de la energía eléctrica generada en el país. La capacidad instalada de generación hidroeléctrica fue de 9,700 MW en 1998.

RECURSOS ENERGÉTICOS

El sector energético juega un papel fundamental en el futuro de México, como en el de cualquier país. La razón es sencilla: la disponibilidad de energía es requisito indispensable para la expansión y la competitividad de las actividades productivas. Disponer de energía es una condición para el crecimiento económico.

La Secretaría de Energía (SE) fija las políticas y orienta a los organismos del sector a cumplir con el mandato que tiene el Estado de asegurar la explotación y el uso racional de los recursos energéticos. De acuerdo con estos objetivos y en un entorno de respeto al medio ambiente, la política energética actual se lleva a cabo mediante la instrumentación de acciones concretas como son la producción y abastecimiento de mejores combustibles, la adopción de adelantos tecnológicos para acceder a fuentes alternas de energía renovable y la promoción de una mayor eficiencia en el consumo.

México es un país rico en recursos energéticos. En 1999 ocupó el quinto lugar en la producción de petróleo, el octavo en reservas petroleras probadas, el doceavo en reservas de gas natural y el décimo cuarto en producción

de este combustible. En 1999, la inversión en el sector energético representó 4.6% del PIB. En el 2000, el presupuesto destinado a este sector fue de 19.5 miles de millones de dólares, lo que representó 2% más que el año anterior.

El Balance Nacional de Energía de 1999 describe la estructura de la producción, transformación y el consumo de energía en México. Las cifras más relevantes respecto a 1999 son:

1. El consumo per cápita de energía fue de 64.6 millones de kilojoules por persona (10.9 barriles equivalentes de petróleo), equivalente a mantener encendidos diez focos de 100 watts durante dos años.

2. La producción de energía primaria alcanzó 9,315 petajoules (4.3 millones de barriles equivalentes de petróleo diarios).

3. Los hidrocarburos fueron la principal fuente de energía al aportar 88.7% de la producción total de energía.

4. La electricidad primaria, que incluye la hidroelectricidad, geoenergía y energía nuclear participó con 5.4%, la biomasa con 3.7% y el carbón con 2.2%. La hidroenergía reportó el mayor crecimiento en la estructura de la energía primaria, siendo de 32.9% de incremento entre 1998 y 1999.

5. El 88.5% de la oferta interna bruta de energía primaria se destinó a centros de transformación y un 10.3% a consumidores finales. El 1.2% restante se repartió entre el consumo propio del sector energético, pérdidas y diferencias estadísticas.

6. El consumo nacional de energía creció 2.7% con respecto a 1998, y alcanzó 6,280.5 petajoules, de los cuales 35.4% se destinó al mismo sector de energía y 64.6% al consumo final. Este incremento es resultado de una mayor demanda interna, causada por el incremento de la población y el mejoramiento del bienestar social.

7. La balanza comercial de energía presentó un resultado superavitario. La exportación de energía fue de 3,588 petajoules, 9.0% menor que en 1998. El petróleo crudo representó 93.4% de las exportaciones, y los productos refinados y el gas natural restante 6.6%.

8. México también es un importante importador de energía: las importaciones alcanzaron un total de 732 petajoules principalmente de productos refinados (básicamente gasolinas, combustóleo y gas licuado), que en conjunto representaron 83.1% de las importaciones de energía.

Se estima que la energía generada en 1999, mediante fuentes alternas, totalizó 1.6 petajoules, cantidad superior al 11.4% a la observada en 1998. La CONAE estimó que en nuestro país existe el siguiente potencial de generación eléctrica por fuentes de energía alternas:

CUADRO 1.2. POTENCIAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA (MW)

TIPO DE ENERGÍA	POTENCIAL DE GENERACIÓN
Micro-hidroeléctrica	3,250 MW
Eólica	5,000 MW
Biomasa	1,000 MW
Solar	5 kWh/m ² diarios

FUENTE: Secretaría de Energía, SENER. 2001.

México impulsa políticas y acciones que permiten mitigar simultáneamente los efectos del cambio climático, por medio de medidas sobre eficiencia energética (mejora de combustibles, establecimiento de nuevas regla para las emisiones de la industria, promoción de proyectos sobre fuentes de energía renovable, etc.) como en la vertiente del aprovechamiento, conservación y restauración de los recursos naturales. La política energética ambiental de nuestro país aparece brevemente resumida en el cuadro 1.3 de la página siguiente.

CUADRO 1.3. ELEMENTOS PARA UNA POLÍTICA ENERGÉTICA AMBIENTAL

1. REDUCCIÓN DE EMISIONES	<ul style="list-style-type: none"> · Sustitución de combustibles menos limpios (combustóleo por gas natural). · Mejoramiento de procesos de combustión en plantas de CFE y PEMEX. · Reducción de contaminantes en combustibles. · Aprovechamiento de biogás en basureros municipales.
2. MEDIDAS DE USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA	<ul style="list-style-type: none"> · Cogeneración. · Modernización de plantas generadoras de electricidad. · Horario de verano. · Programas de ahorro y uso eficiente en: Industria, hogares e inmuebles de la Administración Pública Federal. · Eliminación de subsidios a los grupos que no lo requieran · Normas Oficiales de Eficiencia Energética.
3. OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA	<p>Eliminar pérdidas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Producción petrolera y generación eléctrica. · Transmisión eléctrica · Transporte de combustibles. · Reducir la quema de gas asociado en la región marina.
4. AMPLIACIÓN DE SUMIDEROS DE CARBÓN	<ul style="list-style-type: none"> · Protección de áreas boscosas. · Recuperación de suelos.
5. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (IIE, IMP, ININ)	<ul style="list-style-type: none"> · Diversificación energética. · Aprovechamiento de fuentes renovables de energía. · Eficiencia de conversión energética. · Mitigación de emisiones.

FUENTE: Secretaría de Energía (SENER), 2001.

PRODUCCIÓN NACIONAL DE ENERGÍA PRIMARIA

La producción nacional de energía primaria fue de 8,086 PJ en 1990, de 9,520 PJ en 1998 y de 9,314 PJ en 1999. La variación del 22% entre 1998 y 1999 se debió en términos generales a la menor producción del petróleo crudo, condensados, gas asociado, geoenergía y bagazo de caña. Por otro lado, las fuentes primarias de energía que tuvieron un incremento en su producción fueron el carbón, el gas no asociado, nucleenergía, hidroenergía, energía eólica y leña.

Los hidrocarburos se mantuvieron como la principal fuente en la producción de energía primaria. Aumentaron su participación a 90%, debido fundamentalmente al incremento del 48.4% observado en la producción de gas no asociado, lo cual refleja el propósito de promover la oferta de gas natural como combustible más limpio.

Se estimó que la demanda de gas natural durante el bienio 1999–2000 crecería por encima del incremento de la actividad económica a una tasa de 8.7%, comparada con una tasa de crecimiento de 3.6% durante el periodo 1991–1998. En los cuadros siguientes se presentan la producción y la oferta interna bruta de energía para 1998 y 1999.

CONSUMO DE ENERGÍA

El consumo total nacional de energía registró la cifra de 6,280.5 petajoules en 1999, superior en 2.7% a la obtenida en 1998 que fue de 6,117.0 petajoules.

El aprovechamiento de la energía continuó mejorando, los requerimientos internos de ésta, por unidad de PIB, fueron de 4,184.2 kilojoules por cada peso producido, cifra inferior en 0.9% a la registrada en 1998. El consumo de energía por habitante fue de 64.6 millones de kilojoules, cifra 1% superior a la registrada en 1998.

CUADRO 1.4. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA 1998-1999

ENERGÉTICO	1998		1999		VARIACIÓN PORCENTUAL 1999/1998
	PETAJOULES	%	PETAJOULES	%	
TOTAL	9,520.22	100.00	9,314.51	100.00	-2.20
<i>Carbón</i>	199.41	2.10	200.47	2.20	0.50
<i>Hidrocarburos</i>	8,561.90	89.90	8,270.30	88.70	-3.40
Petróleo crudo	6,562.91	68.90	6,266.62	67.30	-4.50
Condensados	145.90	1.50	124.92	1.30	-14.40
Gas no asociado	362.93	3.80	422.17	4.50	16.30
Gas asociado	1,490.16	15.70	1,456.59	15.60	-2.30
<i>Electricidad</i>	411.61	4.40	502.25	5.40	22.00
Nucleoenergía	100.47	1.10	108.26	1.20	7.80
Hidroenergía	252.96	2.70	336.15	3.60	32.90
Geenergía	58.13	0.60	57.78	0.60	-0.60
Energía eólica	0.05	N.s.	0.06	N.s.	21.60
<i>Biomasa</i>	347.29	3.60	341.49	3.70	-1.70
Bagazo de leña	99.28	1.00	91.98	1.00	-7.40
Leña	248.02	2.60	249.51	2.70	0.60

N.s.: No es significativo.

FUENTE: Secretaría de Energía (SE), 2000.

En la figura 1.6 se aprecia el aumento del consumo de energía por habitante, indicador claro de un mayor desarrollo económico.

Durante 1999, el sector transporte predominó en el consumo final energético con una participación del 41%, mientras que el sector industrial representó 33.7%. Por su parte, el agregado formado por los subsectores residencial, comercial y público registró una participación de 22.4% y el sector agropecuario contribuyó con 2.9% (figura 1.7).

CUADRO 1.5. OFERTA INTERNA BRUTA DE ENERGÍA PRIMARIA 1998-1999*

(*DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA PARA CONSUMO INTERNO)

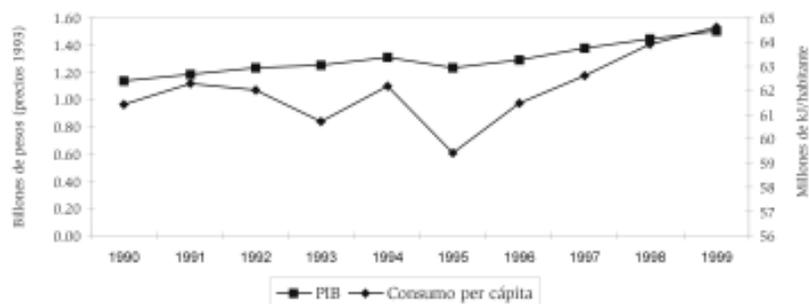
ENERGÉTICO	1998		1999		VARIACIÓN PORCENTUAL 1999/1998
	PETAJOULES	%	PETAJOULES	%	
TOTAL	5,600.40	100.00	5,713.48	100.00	2.00
<i>Carbón</i>	246.05	4.40	250.06	4.40	1.60
<i>Hidrocarburos</i>	4,596.53	82.10	4,620.67	80.90	0.50
Petróleo crudo	2,852.71	50.90	2,810.64	49.20	-1.50
Condensados	145.91	2.60	124.87	2.20	-14.40
Gas no asociado	362.86	6.50	422.17	7.40	16.30
Gas asociado	1,235.05	22.10	1,263.00	22.10	2.30
<i>Electricidad</i>	411.61	7.30	502.25	8.80	22.00
Nucleoenergía	100.47	1.80	108.26	1.90	7.80
Hidroenergía	252.96	4.50	336.15	5.90	32.90
Geoenergía	58.13	1.00	57.78	1.00	-0.60
Energía eólica	0.05	N.s.	0.06	N.s.	21.60
<i>Biomasa</i>	346.21	6.20	340.49	5.90	-1.70
Bagazo de leña	98.19	1.80	90.98	1.60	-7.40
Leña	248.02	4.40	249.52	4.30	0.60

N.s. No es significativo.

FUENTE: Secretaría de Energía (SE), *Balance Nacional de Energía 1999*. México 2000.

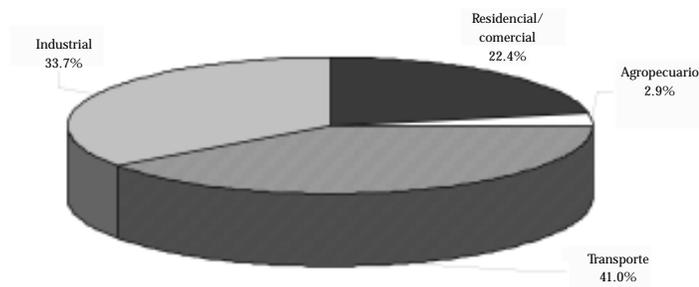
Los energéticos más demandados fueron: gasolina, diesel, gas natural, electricidad, gas licuado y combustóleo. En términos de estructura, la participación porcentual del combustóleo disminuyó de 78.8% en 1997 a 77.3% en 1998; mientras que para el gas natural pasó de 19.9% a 21.1% y la del diesel de 1.3% a 1.6% para el mismo periodo. Esta situación refleja la política de sustitución de combustibles aplicada en el caso del Sistema Eléctrico Nacional.

FIGURA 1.6. CONSUMO DE ENERGÍA PER CÁPITA Y PIB



FUENTE: Secretaría de Energía, 2000

FIGURA 1.7. CLASIFICACIÓN DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA POR GRANDES SECTORES

FUENTE: *Op. cit.*

COMERCIO EXTERIOR

En 1998 las exportaciones de energéticos ascendieron a 41.4% respecto a la producción total de energía. Las exportaciones mexicanas equivalieron a cinco veces las importaciones.

En ese año las exportaciones correspondieron principalmente a petróleo crudo, algunos productos refinados y en menor medida, a electricidad y coque. Entre los combustibles que se importaron sobresalieron el carbón, el combustóleo, las gasolinas y naftas, ya que la producción nacional de estos combustibles no fue suficiente para satisfacer la demanda interna. Durante 1999, la estructura de la exportación de energía secundaria se conformó por 99.8% de productos refinados y gas, y 0.2% de electricidad y coque.

RESERVAS DE PETRÓLEO

México ocupó el quinto lugar mundial en producción de petróleo, el 8° en reservas probadas de petróleo y el 21° en reservas de gas natural, en el año 2000. Asimismo, nuestro país tiene la cuarta reserva más importante de gas natural en el hemisferio (después de los E.U.A., Venezuela y Canadá).

SECTORES ENERGÉTICOS

Existe una estrecha relación entre el sector eléctrico y el petrolero, ya que la mayor parte de la generación de energía depende de los combustibles que produce PEMEX.

SECTOR ELÉCTRICO

Dos organismos públicos integrados verticalmente constituyen la industria eléctrica actual: la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Luz y Fuerza del Centro (LyFC). Ambos llevan a cabo, en forma exclusiva, la generación, transmisión, distribución y venta de energía eléctrica.

CUADRO 1.6. COMERCIO EXTERIOR DE ENERGÍA SECUNDARIA 1998-1999 (PJ)

FUENTE ENERGÉTICO	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	1998	1999	1998	1999
<i>Total</i>	220.28	23.87	719.42	670.50
Coque	0.02	0.02	15.67	7.79
Gas licuado	6.20	6.10	114.82	132.36
Gasolinas y naftas	152.22	134.12	274.44	195.74
Queroseno	6.17	4.83	4.09	5.63
Diesel	17.10	18.85	40.60	57.45
Combustóleo	3.13	2.08	212.66	217.30
Productos no energéticos	23.37	20.89	—	—
Gas natural	11.80	49.52	51.71	51.87
Electricidad	0.28	0.47	5.44	2.36

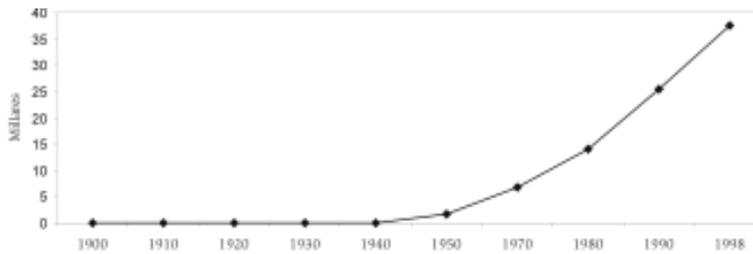
FUENTE: Secretaría de Energía. *Op. cit.*

La capacidad instalada para la generación eléctrica en el territorio nacional comprende instalaciones de estas dos entidades públicas, que representan 92% del total. El 8% restante corresponde a generadores externos como Petróleos Mexicanos, autoabastecedores y cogeneradores privados. En los próximos años se espera que entren en operación varios productores independientes de energía.

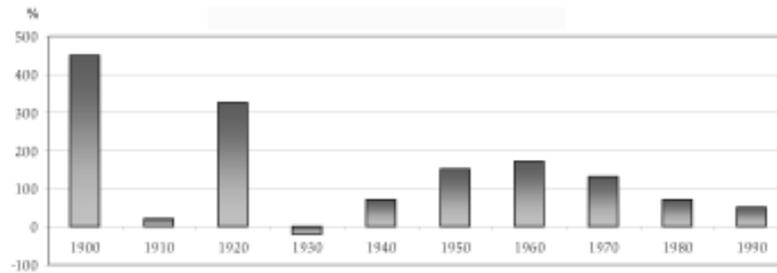
Las limitaciones presupuestales que se dieron en la década de los años ochenta provocaron una desaceleración en el crecimiento de la capacidad

instalada de generación en el sector eléctrico nacional. Como se muestra en la figura 1.8, entre 1960 y 1980 la capacidad instalada en México creció en más de 533 por ciento. De 1980 a 1999 lo hizo en tan sólo 144%. De la misma manera, la diferencia entre las tasas de crecimiento de la generación bruta de 1981 a 1998 con respecto a período 1966 a 1981 fue de 168%.

FIGURA 1.8. CAPACIDAD HISTÓRICA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA INSTALADA POR AÑO (MW)



TASA DE CRECIMIENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN MÉXICO



FUENTE: Estudio «Eficiencia energética en los inmuebles de los sectores público y privado en la Zona Metropolitana del Valle de México. Elaborado por el Tecnológico de Monterrey y Óptima Energía para la Comisión Ambiental Metropolitana. Diciembre de 2000. Financiado por el Banco Mundial.

Actualmente, la capacidad instalada de generación comprende 169 centrales eléctricas, integradas por 570 unidades generadoras de electricidad. La capacidad instalada del *Sistema Eléctrico Nacional* ascendió a 35.3 GW en 1998, de los cuales 53.3% corresponde a unidades de vapor convencional, de ciclo combinado, turbinas de gas y plantas de combustión interna; 27.5% a generación hidroeléctrica; 7.4 % a carbón; 6.0 % a unidades duales diseñadas para quemar carbón o combustóleo; 2.1 % a geotérmica (México ocupa el tercer lugar mundial en su aprovechamiento) y 3.7% a energía nuclear.

Para 1999, la capacidad instalada de generación eléctrica en México alcanzó los 39 GW, de los cuales 35.6 GW pertenecen al *Sistema Eléctrico Nacional*, y el resto a generadores privados. Este valor es más de cuatro veces la capacidad de Chile, 81% superior a la de Venezuela y 66 % mayor a la de Argentina. Durante este mismo año, el consumo de electricidad per cápita en México fue de aproximadamente 1,348 kWh por habitante.

Para satisfacer la creciente demanda del servicio público de energía eléctrica se necesitan instalar 26,281 MW de capacidad de generación en el período 2000-2009. Se estima que la capacidad de autoabastecimiento y cogeneración que se incorporará en el período 2000-2009 será de 4,306 MW.

En México, las ventas de energía eléctrica, sin considerar la exportación, pasaron de 92.1 TWh a 145 TWh entre 1990 y 1999, equivalente a un crecimiento promedio anual de 5.1% durante la última década. Las ventas de electricidad a las entidades paraestatales tendrán un incremento del 77% al pasar de 145 TWh a 257 TWh en el lapso 1999-2009, con una tasa media de 5.9%. Las ventas de electricidad en 1988 fueron por 82.3 TWh, mientras que en 1997 ascendieron a 130.3 TWh, de esta forma, la tasa de crecimiento medio anual fue de 5.2%. Asimismo el incremento en el número de usuarios fue de 768 mil respecto al año anterior.

Tomando un escenario que prevé la utilización de gas natural para la generación de energía eléctrica en zonas ambientalmente críticas, se determinó un programa indicativo de expansión del sistema de generación, que se muestra el cuadro siguiente:

CUADRO 1.7. PROSPECTIVA DE EXPANSIÓN DEL SISTEMA MEXICANO
DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD (1999–2008)

TECNOLOGÍA	COMPROMETIDA (MW)	ADICIONAL (MW)	TOTAL (MW)
Ciclo combinado	10,499	12,490 ¹	22,989
Repotenciación	244	—	244
Hidroeléctrica	905	1,611	2,516
Geotermia	225	5	230
Turbogás	130	—	130
Combustión interna	51	122	173
Total	12,054	14,228	26,281

¹ Con posibilidad de ser sustituido parcialmente por carboeléctrica.

FUENTE: Secretaría de Energía, 2000. *Prospectiva del sector eléctrico 2000-2009*. Secretaría de Energía, México.

SECTOR PETROLERO

México es el quinto país productor de petróleo y el decimotercero de gas natural al registrar un incremento en la producción de gas natural de 3.8% en el período 1990-1999, mientras que PEMEX es la quinta empresa petrolera más importante del mundo.

PEMEX es una compañía del Estado y es la organización industrial más grande del país. Está integrada por cuatro subsidiarias: PEMEX Exploración y Producción, PEMEX Refinación, PEMEX Gas y Petroquímica Básica y PEMEX Petroquímica. El sector energético mexicano (PEMEX, CFE y LyFC) consume 33.8% de la energía fósil generada en el país. PEMEX consume 8.6% de la energía total producida en México. El resto de la energía (66.2%) es consumida por los sectores transporte, industrial, agropecuario y residencial, comercial y público.

AGRICULTURA

De acuerdo con los datos preliminares del Censo General de Población y Vivienda 2000, se tenían 24,651,425 habitantes en poblaciones menores de 2,500 habitantes (25.32% de la población total), que son los que están involucrados primordialmente en las actividades agropecuarias en México.

En 1930, el 73.2% de la fuerza de trabajo del país se hallaba en el sector primario, mientras que para 1998, en este sector laboraba únicamente 20.3% de la población ocupada.

En 1998, el PIB agropecuario, silvícola y pesquero fue de 183,510,579 miles de pesos a precios corrientes, 5.22% del Producto Interno Nacional (5.8% a precios de 1993). Esta misma participación porcentual se conservó para 1999.

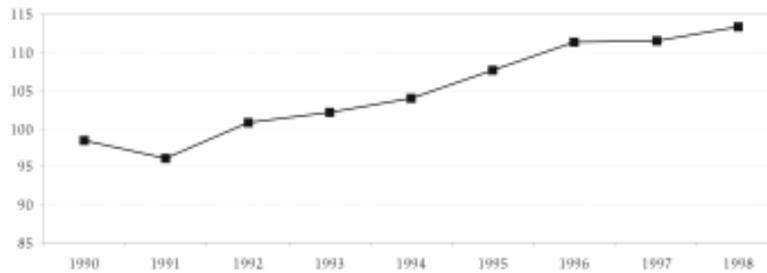
Durante 1999 se produjeron 165,823,373 toneladas de productos agrícolas. Dentro de este rubro, la producción de los 10 cultivos básicos fue de 30'027,500 toneladas.

En este mismo año agrícola se obtuvieron 11,981,500 toneladas de hortalizas, 12,761,800 toneladas de frutas, 49,325,300 toneladas de productos agroindustriales y 61,243,300 toneladas de forrajes.

A principios de los años 80, la participación de los granos básicos en el valor total de la producción era de alrededor de 31%; hoy es de 24%; es decir, se ha diversificado la producción, incorporándose en mayor medida otros productos más intensivos.

Asimismo, se producen mayores volúmenes de otros productos de mayor valía. Por ejemplo las hortalizas, que representaban 25% del valor, ahora tienen 34 %. Los granos van reduciendo su participación con respecto al valor total del sector. Su significación económica se va reduciendo, pero no su producción en toneladas. La evolución del volumen de la producción agrícola se muestra en la figura 1.9.

FIGURA 1.9. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO
(MILLONES DE TONELADAS)



FUENTE: SAGARPA. Página electrónica: www.sagarpa-gob.mx. Centro de Estadística Agropecuaria.

GANADERÍA

En México, la población ganadera (hato ganadero) está compuesta principalmente por bovinos. La ganadería bovina ha manifestado su carácter extensivo ocupando crecientes extensiones de terreno cubierto con matorrales, bosques o pastos naturales o inducidos. A la superficie ocupada por la ganadería, debe agregarse la dedicada indirectamente a esta actividad, como es la destinada a la producción de forrajes. En el cuadro 1.8 se presenta la evolución de la población ganadera de la última década.

El sector pecuario representó más de 40% del valor de la producción del sector agropecuario. La participación de los forrajes aumentó en el valor total de la producción, que en los años 80 era de 13% y en el 2000 llegó al 17 %.

La producción pecuaria en 1999 ascendió a 4,152,623 toneladas de carne en canal de las diferentes especies. Respecto a la leche de bovino se produjeron 8,745,137 litros y también 1,591,951 toneladas de huevo. En relación con 1998, se tuvo un incremento de 3.6% en carne de canal y de leche, y 9% en huevo.

CUADRO 1.8. HATO GANADERO: EVOLUCIÓN 1990–1999

(MILES DE CABEZAS)

AÑO	BOVINO	PORCINO	CAPRINO	OVINO	AVES ¹
1990	23,170	11,282	7,213	3,800	190
1994	23,324	10,053	5,993	3,887	194
1997	30,772	15,735	8,923	6,272	353
1998	31,060	14,972	9,040	5,804	347
1999 ²	30,177	15,748	9,068	5,949	371

¹ Millones de cabezas. Incluye aves productora de huevo, carne y guajolotes.

² Cifras preliminares.

FUENTE: SAGARPA. Página electrónica: www.sagarpa.gob.mx. Centro de Estadística Agropecuaria.

TRANSPORTE

El sistema de transporte en México es de gran importancia económica, ya que en 1999 movilizó 2,766 millones de pasajeros-viaje y más de 726 millones de toneladas de carga, en nueve millones de vehículos de distintos tipos: automóviles, autobuses, camiones de carga, locomotoras y furgones, barcos y aeronaves. En particular, durante ese año el transporte total de carga se concentró de manera significativa en el autotransporte (57.46% del total), seguido del marítimo (31.87%), el ferroviario (10.6%) y la carga transportada por vía aérea (0.06%). En cuanto al transporte de pasajeros, casi el 98% de estos viaja por medio de la red carretera, por lo que es evidente la importancia de las carreteras y autopistas como los principales medios de transporte que se utilizan en el país.

Hasta 1999, la infraestructura comprendía más de 329 mil kilómetros de carreteras, alrededor de 26.6 mil kilómetros de vías férreas, 54 puer-

tos marítimos así como 59 aeropuertos (12 nacionales y 47 internacionales).

En relación con el sistema ferroviario, se continúa impulsando su modernización mediante acciones que permitan la consolidación del proceso de reestructuración de este medio de transporte, con la participación de inversión privada.

Durante años, el volumen de tránsito aumentó gradualmente, de tal forma que en la actualidad una parte importante de la red federal de carreteras, soporta un tránsito superior a los 634 mil vehículos diarios (promedio anual). El mal estado de los pavimentos ha generado un sobrecosto de operación de los vehículos, provocado por el incremento del consumo de combustibles, lubricantes, llantas y refacciones.

Por su parte, las autopistas de cuota representan un elemento fundamental para el transporte y la comunicación nacional. Durante el periodo 1997 a 1998, el aforo vehicular en 23 carreteras de cuota registró un incremento de 17%. Cabe señalar que el mayor crecimiento de usuarios se reflejó en los transportistas de carga, que incrementaron 23% su presencia en las autopistas de cuota.

Con objeto de limitar las emisiones contaminantes de los vehículos, se han desarrollado un conjunto de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que inciden de manera significativa en la eficiencia del parque vehicular, en el consumo de combustibles y en la reducción de emisiones para el caso de los vehículos nuevos; y otro conjunto de normas que mejoran significativamente las condiciones de operación de los vehículos en circulación.

La NOM-041-ECOL-1999 establece los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes para los vehículos automotores en circulación, que utilizan gasolina como combustible, la NOM-042-ECOL-1999 se refiere a vehículos nuevos en planta, la NOM-044-ECOL-1993 se ocupa de los vehículos en planta con diesel como combustible y la NOM-045-ECOL-1996 se refiere a vehículos en circulación con diesel como combustible. Se

hace lo propio para vehículos pesados, con el fin de que los vehículos en circulación estén en condiciones de eficiencia.

En cuanto al uso de combustibles, en las NOM-044-ECOL-1993, NOM-045-ECOL-1996, NOM-050-ECOL-1993 y NOM-076-ECOL-1995 se promueve el uso de gas natural como combustible para vehículos, y se aplica a vehículos automotores de distintos pesos, de acuerdo con el combustible que utilicen. Adicionalmente, se ha realizado una gran inversión para promover el uso de gas comprimido en vehículos en planta.

De manera paralela a las NOM de emisiones de vehículos, se han instrumentado programas de vigilancia del cumplimiento de las mismas en las zonas metropolitanas más importantes del país, lo que se ha reflejado en una mayor tasa de renovación del parque vehicular.

Cabe señalar también la importancia de los avances logrados mediante la reformulación de gasolinas y diesel, con el fin de disminuir emisiones nocivas y lograr un mejor rendimiento en términos de pasajero/kilómetro y carga/kilómetro transportado. La reformulación y mejora de los combustibles se establece en la NOM-086-ECOL-1994, que se revisa periódicamente.

Paralelamente, durante los últimos años, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), ha realizado esfuerzos permanentes en colaboración con la industria automotriz mexicana para mejorar la eficiencia energética de los autos armados en nuestro país. Asimismo, los sistemas de control de emisiones de los vehículos mexicanos nuevos en planta, tienden a situar al país entre las regiones del mundo donde estos estándares son más exigentes.

La problemática de orden estructural que limitaba el desarrollo del transporte ferroviario, está siendo atendida con el propósito de establecer una adecuada integración del ferrocarril a los otros medios de transporte, mediante un enfoque intermodal.

En 1998, el sector exportador nacional incrementó casi en 95% el uso del ferrocarril con respecto al de 1994. Dentro de los sectores exportadores,

el más representativo es el automotriz, al movilizar 1,667 miles de toneladas, lo que representa un incremento de 178% con respecto a 1994.

México cuenta con la más vasta red aeroportuaria de América Latina. Entre 1990 y 1999, el movimiento de pasajeros registró una tasa media de crecimiento anual de 8.6% y el de carga, de 10.3%.

En relación con la protección del ambiente, la iniciativa de ley establece que los concesionarios y permisionarios deberán observar las medidas necesarias para la atenuación del ruido, y también deberán contar con métodos apropiados para el control efectivo de la contaminación del aire, agua y suelo.

El transporte marítimo es de esencial importancia para el comercio internacional, ya que el 85% del volumen total de importaciones y exportaciones de nuestro país se transporta por barco. Entre 1990 y 1999, el movimiento de carga a través de los puertos se incrementó de 169.1 a 231.4 millones de toneladas, lo que significa un crecimiento promedio anual del 4.1%.

INDUSTRIA

El desarrollo industrial constituye uno de los elementos vitales para el desarrollo sustentable del país. El sector industrial se modifica de manera constante para dar cabida a los cambios en los patrones que derivan de los recientes tratados comerciales, así como al cambio en los patrones de demanda nacionales y extranjeros.

El ajuste estructural de 1982-1983, la apertura comercial, las nuevas políticas de precios del sector público que buscan eliminar subsidios en varios sectores, las privatizaciones y la reducción de la participación estatal en la economía son algunos factores que siguen induciendo la reestructuración de la planta productiva.

Los sectores eléctrico, químico y de derivados del petróleo figuran entre los más dinámicos. A éstos se sumaron los de producción de fibras

sintéticas, resinas, fertilizantes, plásticos, pinturas, pigmentos y gases industriales, y en gran medida también los del papel, hule, metalmecánica, cemento y producción de maquinaria.

Desde 1996, el sector manufacturero ha experimentado un crecimiento mayor al de la economía. Al término del tercer trimestre de 1998, por ejemplo, creció 7.1% con respecto al mismo trimestre del año anterior, contra 5% de la economía en su conjunto.

De 1995 a 1998, algunas ramas manufactureras presentaron crecimientos promedio significativos. Tal es el caso de las industrias metálicas básicas (10.4%) y las de fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo (11.1%), mientras que el crecimiento promedio de otras, como la industria de la madera y sus productos (2.0%) y la industria del papel, imprentas y editoriales (2.5%) fue bastante más modesto.

Dada la profundidad de los cambios ocurridos, existen rezagos tecnológicos importantes, particularmente en empresas industriales de menor tamaño, así como grandes oportunidades de aumentar la eficiencia y la competitividad en prácticamente la totalidad de las empresas, esto significa «un campo fértil para la solución paralela de problemas de competitividad y de oportunidades de mitigación de emisiones de gases de invernadero».

El futuro representa un desafío para el sector, ya que parte del desarrollo implica la apertura a mercados sujetos a normas y estándares internacionales, que si bien son restricciones, también constituyen mecanismos que proporcionan oportunidades para alcanzar un mejor desempeño ambiental, tanto local como global.

El 97.5% de las empresas en México son micro, pequeñas y medianas, constituyen un factor crítico de estabilidad económica y social. Asimismo, la globalización les genera una competencia que limita su capacidad productiva y comercial además de poner de manifiesto la necesidad de reconversión para promover el uso eficiente de los recursos, fortalecer la capacidad competitiva del sector y mejorar el desempeño ambiental.

CUADRO 1.9. CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD FACTORIAL TOTAL
(TASA MEDIA ANUAL, EN %)

SECTORES	1970-1981	1981-1987	1988-1994
Minería	-2.8	-1.0	2.0
Manufactureras	1.9	1.3	3.5
Construcción	0.0	1.2	1.3
Electricidad, gas y agua	-2.8	-1.0	2.0
Comercio, restaurantes y hoteles	-2.8	-1.0	2.0
Transporte	-1.8	-2.6	0.6
Servicios financieros, seguros y actividades inmobiliarias	1.0	0.5	-2.6
Servicios sociales y personales	-0.8	0.6	-1.8

FUENTE: Información proporcionada por la SECOFI, 2000.

El fomento de la competitividad constituye un objetivo fundamental para impulsar la eficiencia del aparato productivo nacional y el crecimiento económico del país. En los últimos años se han intensificado las actividades de prevención, investigación y eliminación de las restricciones al proceso de competencia y libre concurrencia. Estas iniciativas inciden en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en una mayor competitividad de la industria.

Entre las acciones específicas de mitigación del sector industrial, se pueden citar aquellas dirigidas a mejorar la calidad del aire, los programas de uso eficiente de los recursos naturales renovables y no renovables así como la adaptación de equipos anticontaminantes y de tecnologías limpias.

Con el propósito de garantizar condiciones de competitividad para productores nacionales, se ha continuado con la adecuación de la estructura arancelaria que permita la importación, libre de arancel, de maquinaria

que no se produce en el país, incluyendo equipo que previene o reduce la emisión de gases de efecto invernadero. La mencionada reducción de aranceles ha traído beneficios a los sectores de la electrónica, automotriz, bienes de capital, agrícola, farmacéutico y metal-mecánico.

En el cuadro 1.10 se resume la situación del mercado crediticio para 1999, constituido en uno de los cuellos de botella que impiden profundizar en la reconversión tecnológica de la industria.

CUADRO 1.10. SITUACIÓN DEL ESTADO CREDITICIO EN 1999

EMPRESAS	UTILIZARON CRÉDITO	NO UTILIZARON CRÉDITO	FUENTES DE FINANCIAMIENTO	
			BANCA EXTRANJERA	PROVEEDORES
AAA ¹	54.2%	45.8%	20.0%	23.3%
pequeñas	28.1	71.9	2.9	58.0

¹ Empresas que vendieron más de 5,000 millones de pesos en 1997.

FUENTE: Banco de México, 1999.

AVANCES DEL SECTOR INDUSTRIAL

En la industria del hierro y del acero, hasta 1998 se registraron inversiones con valor de 4,500 mil millones de dólares para fortalecer y modernizar la estructura productiva. De esas inversiones, 30% se relacionan con los beneficios ambientales, ya que implican una reducción de consumo energético entre 20% y 25% por unidad de producción en los últimos seis años.

La modernización tecnológica y operativa en materia energética ha influido en el importante crecimiento y globalización de las industrias del cemento

y del vidrio. La industria azucarera ha reducido sus emisiones de bióxido de carbono de manera considerable, mediante el proceso de cogeneración.

En algunas ramas industriales con altas emisiones a la atmósfera se están introduciendo nuevas tecnologías de combustión que permiten el reciclaje en sus procesos de cogeneración. El inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México para 1998 incluyeron 6,280 empresas, que en su conjunto emitieron 75,716 toneladas de contaminantes al año. De éstas, 35% corresponde a las emisiones de NO_x, 32% a las de HC, 16% a las de SO₂ y 12% a las de CO. Esta zona reviste particular importancia por la concentración de industrias y habitantes, así como por los elevados niveles de contaminación atmosférica.

Algunos sectores industriales han reportado avances significativos en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Dichos avances constituyen la respuesta a un entorno de negocios más competitivo en los mercados internacionales, que han derivado de importantes esfuerzos tecnológicos e inversiones para incrementar la eficiencia productiva y la reducción del consumo energético por unidad productiva. A continuación se mencionan algunos casos concretos:

- Se incrementó la producción de las industrias de la celulosa y del papel en 2.41% en el periodo de 1990 a 1996, con una reducción del consumo de energía de 24%.²

- De las inversiones realizadas hasta 1998 en la industria del hierro y del acero, aproximadamente 30% se relacionó de manera directa con beneficios ambientales. En los últimos seis años, este sector ha reportado entre 20% y 25% de disminución de consumos energéticos por unidad de producción, con la consecuente disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.³

² *Ibidem.*

³ *Ibidem.*

- La competencia generada en la industria química, a consecuencia de la apertura comercial, ha provocado la optimización de procesos, lo que favorece un vínculo directo con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- La actualización tecnológica y operativa en materia energética ha influido de manera fundamental en el importante crecimiento y globalización de las industrias del cemento y del vidrio.
- La industria azucarera ha mejorado el aprovechamiento del carbono contenido en la caña de azúcar, con niveles crecientes de eficiencia.

REGULACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL INDUSTRIAL

El desafío de la regulación ambiental para el desarrollo sustentable consiste en encontrar los medios para generar más y mejores empleos; con el aprovechamiento óptimo de los recursos renovables y no renovables; la producción más ordenada, limpia y segura y la reducción de los desechos al mínimo.

Este planteamiento conlleva dos grandes retos para el sector industrial y para el gobierno: a) el desarrollo de la capacidad de producción con mayor eficiencia, rentabilidad y competitividad, con una presión decreciente sobre los recursos naturales y b) la reducción de los impactos ambientales negativos en todas las etapas del proceso productivo, con la consecuente reducción de los desechos que afectan los diversos medios (agua, aire y suelo).

En los últimos cinco años se revisó el sistema normativo para la regulación ambiental de la industria. La modernización de la regulación ambiental promueve al mismo tiempo programas voluntarios de gestión que impulsan la autorregulación industrial y buscan favorecer:

- Sistemas que aprovechen beneficios de tecnologías más limpias.
- Auditorías ambientales.

- Desarrollo de programas de gestión ambiental de carácter voluntario.
- Otorgamiento de estímulos a industrias que cumplan más allá de sus obligaciones normativas.
- Un enfoque preventivo multimedia que minimice la emisión de contaminantes y ahorre energía y recursos.

NORMAS

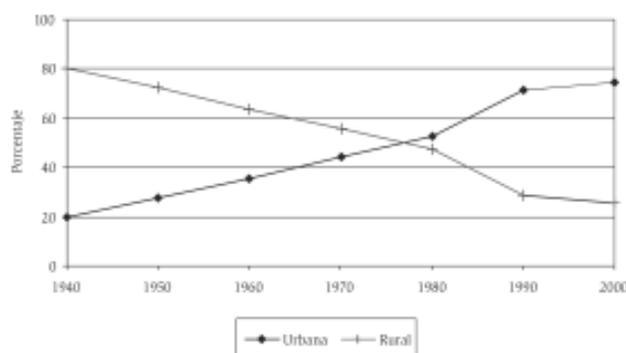
Existen varias normas ambientales obligatorias que enfatizan la prevención y el control de la contaminación y promueven indirectamente la modernización de la planta industrial en cuanto a la reducción de emisiones, la optimización de procesos de combustión y el ahorro energético, factores que constituyen acciones de mitigación indirecta del cambio climático.

DESARROLLO URBANO

México, al igual que otros países en desarrollo, ha experimentado un acelerado proceso de urbanización. En el periodo de 1970 a 2000, el número de localidades urbanas se incrementó de 166 a 513, lo que significó un aumento del 309%. Estas localidades conforman un conjunto urbano nacional que en el 2000 concentraba 72.76 millones de mexicanos, esto es, el 74.64% de la población total del país. En ellas se genera casi la totalidad del producto industrial, comercial y de servicios (cuadro 1.11 y figura 1.10).

El último ejercicio de perspectiva demográfica realizado por el Consejo Nacional de Población indica que para el año 2010 el número de habitantes de nuestro país pasará de los 97.48 millones (resultado del censo del 2000) a 112 millones, y que alcanzará los 129 millones en el 2030 y los 132 millones en el 2050, de los cuales la mayor parte serán residentes urbanos.

FIGURA 1.10. PORCENTAJE DE POBLACIÓN URBANA Y RURAL 1940–2010



De conformidad con los objetivos y líneas de acción establecidos en el Programa Nacional de Desarrollo Urbano 1995–2000 y con base en la Ley General de Asentamientos Humanos, la SEDESOL fomentó el ordenamiento territorial de las actividades económicas y de la población, de acuerdo con el potencial de las ciudades y de las regiones del país. Asimismo, con el propósito de lograr un desarrollo urbano sustentable, trata de consolidar las políticas de apoyo al crecimiento de las ciudades, con estricto apego a la normatividad en materia de desarrollo urbano y equilibrio ecológico.

ORDENAMIENTO TERRITORIAL

En materia de ordenamiento territorial y promoción del desarrollo urbano, la SEDESOL promueve ante las autoridades estatales la actualización y vigencia jurídica de sus planes locales de desarrollo urbano. Al respecto, a finales del 2000, dieciocho entidades federativas disponían de planes actualizados técnicamente para consolidar los asentamientos humanos, ordenar

CUADRO 1.11. MÉXICO: PROCESO DE CRECIMIENTO EN EL NÚMERO DE LOCALIDADES 1970–2000

POBLACIÓN NACIONAL	1970	1980	1990	2000
<i>Población no urbana</i>				
Localidades con menos de 2,500 habitantes	94,254	123,169	154,016	196,328
<i>Población mixta</i>				
Localidades de 2,500 a 15 mil habitantes	1,474	1,831	2,170	2,528
<i>Población urbana</i>				
Localidades de 15,000 a un millón de habitantes	163	222	307	399
Localidades con más de un millón de habitantes	3	4	4	114

FUENTE: SEDESOL. Dirección General de Desarrollo Urbano. Información de los *censos generales de población y vivienda* 1970, 1980 y 1990 y del página electrónica de INEGI: www.inegi.gob.mx.

las regiones en el interior de cada estado y complementar la estructuración de su territorio, en coordinación con el Programa de 100 Ciudades y las cuatro mayores zonas metropolitanas del país (cuadro 1.12).

PROGRAMA DE 100 CIUDADES

El objetivo del Programa de 100 Ciudades, instrumentado desde 1993, es propiciar el desarrollo urbano ordenado de un conjunto de 116 ciudades estratégicas que se caracterizan por su capacidad para generar empleos y

CUADRO 1.12. PLANES ESTATALES DE DESARROLLO URBANO
(SITUACIÓN EN EL AÑO 2000)

ENTIDAD FEDERATIVA	AÑO DE PUBLICACIÓN	ENTIDAD	AÑO DE PUBLICACIÓN	ENTIDAD	AÑO DE PUBLICACIÓN
Aguascalientes*	2000	Guanajuato	1980	Querétaro	1989
Baja California*	1998	Guerrero	1980	Quintana Roo	1980
Baja California Sur	1980	Hidalgo	1979	San Luis Potosí*	2000
Campeche*	1999	Jalisco*	1995	Sinaloa*	1999
Coahuila*	1995	México	1986	Sonora	1980
Colima	1981	Michoacán	1979	Tabasco*	1994
Chiapas*	1996	Morelos*	1996	Tamaulipas	1979
Chihuahua*	1998	Nayarit	1984	Tlaxcala*	2000
Distrito Federal	1979	Nuevo León*	1999	Veracruz*	1999
Durango*	2000	Oaxaca*	1997	Yucatán*	1998
		Puebla*	2000	Zacatecas	1979

*: Se considera actualizado cuando su elaboración y aprobación son posteriores a la Ley General de Asentamientos Humanos, publicada en 1993.

FUENTE: Página electrónica de la SEDESOL (www.sedesol.gob.mx).

captar flujos migratorios, así como por su importante influencia en sus entornos regionales. En el año 2000, este grupo de ciudades albergó a 34.4 millones de mexicanos y, junto con las cuatro grandes zonas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara, Monterrey y Puebla-Tlaxcala, constituyó la estructura básica de los asentamientos humanos en el ámbito nacional.

Están en curso varias líneas de acción que atienden los principales problemas que presentan hoy en día las ciudades mexicanas. De ellas, las cuatro que se describen a continuación están vinculadas, de manera directa o indirecta, a la mitigación del cambio climático o a la adaptación a sus efectos.

REGULACIÓN DEL SUELO Y ADMINISTRACIÓN URBANA

El crecimiento de las zonas urbanas ha superado las posibilidades de planeación en muchas de las zonas de alto riesgo, permitiendo el asentamiento de población —sobre todo marginada— y la creación de zonas de alta vulnerabilidad ante fenómenos naturales, especialmente de carácter hidrometeorológico, que se pudieran originar por el cambio climático. Por lo anterior, desde 1993 se ha desarrollado una línea de trabajo denominada «Prevención de desastres a través de la regulación del uso del suelo».

Se diseñó una metodología específica, así como una guía denominada «Zonas de riesgo en centros de población, ¿cómo identificarlas?», con el propósito de que las autoridades estatales y municipales tengan elementos para mejorar sus análisis de riesgo en las ciudades e incorporen lineamientos y estrategias que favorezcan un uso adecuado del suelo, evitando la pérdida de equipamiento urbano e infraestructura, de bienes e incluso vidas humanas.

INCORPORACIÓN DE SUELO AL DESARROLLO URBANO

Con el *Programa Nacional de Desarrollo Urbano 1995-2000* se identificó la necesidad de incorporar 150 mil hectáreas, para los planes de desarrollo urbano de la población de las 116 localidades del Programa de 100 Ciudades.

Por medio del Programa de Incorporación de Suelo Social (PISO), durante el periodo 1995–2000, se promovió la incorporación de poco más de 100 mil hectáreas de origen social al desarrollo urbano; 18% por la vía de la expropiación en favor de los gobiernos de los estados y municipios; 28% mediante la Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CORETT), quien las ha titulado en beneficio de sus poseedores; 7% por medio de la constitución de sociedades inmobiliarias ejidales; y 47% por la adopción de dominio pleno, procedimiento gracias al cual las tierras dejan de ser ejidales, convirtiéndose en propietarios a sus poseedores.

VIALIDAD Y TRANSPORTE

Dentro de la definición de planes de desarrollo urbano de cada ciudad se ha dado prioridad a las obras que permiten la integración de zonas de alta marginalidad, tales como la construcción de accesos viales a colonias populares. También se promueven acciones de construcción, pavimentación y mantenimiento de vialidades primarias y secundarias, reestructuración de rutas de transporte, señalización y centros de control del tránsito. Se ha promovido la realización de estudios integrales de vialidad y transporte y proyectos ejecutivos, de tal forma que las acciones de corto, mediano y largo plazo que se realicen, estén consideradas dentro de un enfoque integral y de protección al ambiente.

En el año 2000 se concluyeron más de 1,135 obras de infraestructura vial en beneficio de 103 ciudades, entre las que destacan distribuidores viales y libramientos carreteros.

ASPECTOS URBANOS AMBIENTALES

En materia de residuos sólidos, se están llevando a cabo importantes acciones para el desarrollo de infraestructura adecuada para la correcta dis-

posición de los desechos, lo que deriva en la reducción de emisiones de metano. Entre los retos para el mediano plazo en este ámbito, se encuentra la recuperación de este gas para su uso posterior en la generación de energía.

Con el objeto de sustentar apoyos futuros con créditos del Banco Mundial (BM), se elaboran proyectos ejecutivos de rellenos sanitarios y estudios de impacto ambiental para diversas ciudades del país. Asimismo, se cuenta con el Programa de Residuos Sólidos Municipales, financiado parcialmente con recursos que proporciona asistencia técnica y capacitación al personal de los estados y municipios. Además, en diversos municipios del país se instrumenta el Programa Nacional de Capacitación para el Manejo de Residuos Sólidos Municipales en las fases de recolección, transporte, transferencia y disposición final.

Los aspectos anteriores se apoyan en un conjunto de acciones y programas que, según las atribuciones de los gobiernos estatales y municipales, contribuyen a la mitigación del cambio climático. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley General de Asentamientos Humanos contemplan que estos órdenes de gobierno posean, en su correspondiente territorio, diversas competencias relacionadas con la gestión del desarrollo urbano y del medio ambiente.

Un ejemplo de los esfuerzos en materia de eficiencia energética en el alumbrado público —además de los que ya se están realizando en diversas ciudades del país— es el caso del Programa Piloto de Mejora Ambiental en la Delegación Tlalpan, en la Ciudad de México, que se sustenta en un sistema de gestión ambiental que permite generar iniciativas de participación local, propiciar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero con los correspondientes beneficios locales, atraer inversiones privadas y promover la réplica de proyectos similares en otras zonas urbanas del país.

Programa de impulso a la participación social en el desarrollo urbano

Este programa tiene como propósito general instaurar procesos permanentes de participación social, para que los diversos sectores y actores de la población intervengan en la definición, jerarquización, seguimiento y evaluación de las acciones de desarrollo urbano.

En relación con la coordinación entre el gobierno federal y los gobiernos estatales y municipales, actualmente se encuentran en funcionamiento 75 Consejos Consultivos en igual número de ciudades; 15 requieren reinstalación y 16 tienen que ser instalados por primera vez. Además, existen 21 Consejos Estatales de Desarrollo Urbano instalados, seis (Baja California Sur, Chiapas, Hidalgo, Durango, Quintana Roo y San Luis Potosí) se encuentran en proceso de organización y los restantes seis estados (Guanajuato, México, Nayarit, Oaxaca y Sonora) requieren instalación. Se ha apoyado la constitución y consolidación de 61 patronatos y consejos de centros históricos. Con la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción se promueven 44 proyectos urbanos de alto impacto social.

RECURSOS FORESTALES

GENERALIDADES

En México, de acuerdo con las estadísticas forestales, los bosques, selvas y otras áreas con vegetación natural ocupan aproximadamente 74% del territorio nacional. Abarcan una superficie de 146.1 millones de hectáreas, de las cuales 70 millones de hectáreas corresponden a bosques y selvas, 57.5 millones a matorrales y 18.6 millones a otros tipos de vegetación.

La importancia de los ecosistemas forestales de México radica en cuatro consideraciones elementales: 1) *biológica*, debido a su gran

biodiversidad; 2) *ambiental*, debido a que estabilizan los suelos, conservan los ciclos hídricos, capturan carbono y regulan el clima; c) *social*, porque son una fuente de productos de subsistencia de la población rural y d) *económica*, porque constituyen una fuente de productos maderables y no maderables

DEFORESTACIÓN

La deforestación y el desmonte son los principales procesos de cambio en la vegetación natural. Se observa conjuntamente una tasa de cambio de 700 mil hectáreas afectadas anualmente. La fragmentación se presenta como el proceso de cambio más crítico y de mayores consecuencias en la vegetación natural. Este fenómeno reporta su mayor tasa de afectación en los bosques y con cierto grado de estabilización e incluso de recuperación en las selvas. Asimismo, la fragmentación en las áreas agrícolas y de pastizal representa posibles áreas con vestigios de vegetación natural y con mayores probabilidades de recuperación.

Las causas de la deforestación varían de acuerdo con las regiones ecológicas y los tipos de bosques y selvas. El cambio de uso de suelo forestal a otros usos es la causa principal de la eliminación de la vegetación. Otras causas dominantes del proceso de deforestación son la tala clandestina y los incendios forestales.

En años recientes, el fenómeno de la deforestación ha decrecido como consecuencia de la disminución en los desmontes no controlados.

EL SECTOR FORESTAL EN LA ECONOMÍA NACIONAL

En 1998, el PIB del sector forestal ascendió a 16,760 millones de pesos (base 1993), lo cual representó un crecimiento de 2.7% con res-

CUADRO 1.13. COMPARACIÓN DEL PIB DEL SECTOR FORESTAL CON LOS SECTORES
MANUFACTURERO Y AGROPECUARIO 1993-1998. MILLONES DE PESOS

PIB POR SECTOR	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Total Nacional	1,155,132	1,206,135	1,230,608	1,294,152	1,381,352	1,447,946
Var. anual %	2.0	4.4	2.0	5.2	6.7	4.8
Manufacturero	219,934	228,892	217,582	241,386	265,175	284,838
Var. anual %	-0.7	4.1	-4.9	10.9	9.9	7.4
Maderero (incl. papel y cartón)	11,705	11,971	11,471	12,506	12,814	13,226
Var. anual %	-2.4	2.3	-4.2	9.0	2.5	3.2
Maderero/manu- facturero %	5.3	5.2	5.3	5.2	4.8	4.6
Agropecuario, silvicultura y pesca	72,703	72,834	74,005	76,646	76,792	77,147
Var. anual %	3.1	0.2	1.6	3.6	0.2	0.5
Silvicultura	3,133	3,191	2,971	3,164	3,502	3,533
Var. anual %	-5.1	1.9	-6.9	6.5	10.7	0.9
Silvicultura/ agropecuario %	4.3	4.4	4.0	4.1	4.6	4.6
Forestal ^{3/}	14,838	15,162	14,442	15,670	16,315	16,760
Var. anual %	-3.0	2.2	-4.7	8.5	4.1	2.7
Forestal/ nacional %	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2

^{1/}El valor de la participación de la industria del papel y del cartón en el PIB maderero se calculó con base en su participación promedio en el PIB de papel, cartón, imprenta y editorial en el periodo 1988-1996. ^{2/}El valor del PIB de la silvicultura se calculó con base en su participación promedio en el PIB agropecuario, silvicultura y pesca en el periodo 1988-1996. ^{3/}El PIB Forestal incluye el PIB de silvicultura y el maderero.

FUENTE: SEMARNAP, 1999. *Anuario estadístico forestal, 1998*. SEMARNAP, México.

pecto a 1997. La participación del sector en la economía nacional fue de 1.2% del valor del PIB nacional, que ascendió a 1,447,946 millones de pesos.

Para el periodo de 1996 a 1998, el PIB del sector forestal creció en promedio 5.6%, a pesar de que en 1995 había disminuido en 4.7% con respecto a 1994 (cuadro 1.13).

LA PRODUCCIÓN FORESTAL

En la década pasada, la producción forestal maderable anual varió de 8.2 millones de m³r en 1990 hasta 6.3 millones de m³r en 1993. Sin embargo, destaca que a partir de 1996 se logró revertir la tendencia decreciente. En 1998, la producción forestal maderable ascendió a 8.3 millones de m³r, cifra superior en 0.619 millones (8.0%), con respecto a la producción de 1997, que ascendió a 7.7 millones.

En 1998 se registraron incrementos importantes en los volúmenes destinados a la industria de aserrío (571 mil m³r), de tableros (29 mil m³r), postes (26 mil m³r) y combustibles (2 mil m³r), lo que representa aumentos de 10%, 10%, 15% y 1% respectivamente, con respecto al destino de la producción de 1997. En relación con la producción de celulosa, se observó una disminución de 0.7%, equivalente a 8 mil m³r, con respecto a 1997.

En 1998, la producción forestal no maderable, sin incluir la extracción de tierra de monte, fue de 47,392 toneladas. Esta cifra es superior en 8% con respecto a la producción de 1997. De la producción total, 51% corresponde a la producción de resina de pino, que se concentró principalmente en los estados de Michoacán y Jalisco, con 95% del total.

BALANZA COMERCIAL DE PRODUCTOS FORESTALES

A partir de 1994 se registró una tendencia decreciente en el déficit de la balanza comercial de productos forestales, que se manifestó en una reducción de 12% en el saldo de la balanza de 1995, que fue de 1,529 millones de dólares.

En 1998, la balanza comercial de productos forestales presentó un déficit de 1,074 millones de dólares, cifra superior en 11% al saldo de la balanza comercial registrada en 1997, que fue de 967 millones.

El desequilibrio de la balanza comercial se registró fundamentalmente en los productos celulósicos, cuyas importaciones ascendieron a 404 millones de dólares, equivalente a 29% del valor total de las importaciones; sin embargo, destaca también el valor de las importaciones de papel, que representaron 55% del valor total.

El intercambio comercial de productos maderables de México con el mercado internacional registró un déficit de cinco millones de dólares, después de que en el periodo 1996–1997 había presentado un superávit.

CONSUMO NACIONAL APARENTE DE PRODUCTOS FORESTALES

El consumo de productos forestales en el país mostró una tendencia creciente en el periodo de 1990 a 1998, con una tasa de crecimiento media anual de 17.4 por ciento. En 1998, la producción forestal maderable, con 8.3 millones de m³r, satisfizo 57% del consumo nacional aparente, que ascendió a 14.5 millones de m³r.

II. AVANCES EN LEGISLACIÓN AMBIENTAL

Durante la pasada Administración, la LVI y la LVII Legislaturas del Congreso de la Unión y la SEMARNAP desarrollaron un intenso trabajo conjunto sobre los diversos temas ambientales. Esto permitió la progresiva consolidación de un cuerpo jurídico moderno en la materia, que incluyó la sanción de diversas leyes ambientales, así como la aprobación de varios acuerdos. Además, el Ejecutivo Federal expidió un conjunto de reglamentos para proveer elementos de aplicación de la legislación ambiental en la esfera de la administración. A continuación, se mencionan aquellos cuerpos jurídicos más relevantes en lo que concierne al ámbito específico del cambio climático.

LEYES

· La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) se modificó de manera profunda mediante el decreto de 1996 que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de esa Ley. Una primera idea de los alcances de estas modificaciones la puede quizás proporcionar el hecho de que se reformaron 161 de los 194 artículos originales de la LGEEPA, se hicieron 60 adiciones en diversas partes de la Ley y, como consecuencia de lo

anterior, se derogaron 20 artículos de la misma Ley (incluidos los que tipificaban los delitos ambientales del orden federal).

- En 1997 también se modificó la Ley Forestal mediante un decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de esa Ley, en términos tales que afecta a la casi totalidad de sus preceptos.

- En 1998 se adicionó el párrafo quinto al artículo 4 Constitucional, estableciéndose que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar. Asimismo, se modificó el artículo 25 Constitucional para establecer que el desarrollo nacional debe ser no sólo integral sino también sustentable.

- En el año 2000 se expidió la Ley General de Vida Silvestre, que regula todo lo relacionado con la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y de su hábitat, lo que comprende además la regulación del aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables y de las especies cuyo medio de vida parcial sea el agua, así como de todas las especies o poblaciones en riesgo.

ACUERDOS INTERNACIONALES

- En diciembre de 1994 se ratificó la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación en Países afectados por la Sequía Grave o la Desertificación, en especial África.

- En 1995 se ratificó el Convenio Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales, que reconoce los derechos de los obtentores de esas variedades.

- En 1997 se ratificó el Protocolo entre los Gobiernos de México y los Estados Unidos de América, por el cual se modifica la Convención para la Protección de Aves Migratorias y de Mamíferos Cinegéticos.

- En el año 2000, se ratificó el Protocolo de Kioto de la CMNUCC, que establece los compromisos cuantificados de limitación y reducción de

las emisiones de gases de efecto invernadero de los países desarrollados, además de regular otras materias.

REGLAMENTOS

- En 1998, se expidió el Reglamento de la Ley Forestal, que norma la administración y manejo de los recursos forestales, así como el fomento a la actividad forestal, en concordancia con las disposiciones de la Ley sobre la materia.

- En julio de 2000, se puso en vigor un nuevo Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Entre otras cosas, regula las obras o actividades que pueden influir en las emisiones a la atmósfera.

- El 30 de noviembre del 2000, se expidió el Reglamento de la LGEEPA en materia de Áreas Naturales Protegidas, que se refiere al establecimiento, administración y manejo de estas áreas, cuando ellas sean competencia de la Federación.

- Está próximo a expedirse el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre en materia de Manejo para la Conservación y de Aprovechamiento Sustentable.

III. CUMPLIMIENTO DE LOS COMPROMISOS DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC)

MARCO INSTITUCIONAL

En diciembre de 1994 se creó la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) que tenía la atribución legal de planificar, coordinar, dar seguimiento y evaluar las políticas nacionales sobre cambio climático. A partir de diciembre del 2000, es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) que continúa con dichas atribuciones. El Instituto Nacional de Ecología (INE) coordinó la elaboración de la Primera Comunicación Nacional ante la CMNUCC.

COMITÉ INTERSECRETARIAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Dada la necesidad de coordinar los asuntos de Cambio Climático que atañen a las distintas secretarías de Estado, en abril de 1997 se creó el *Comité Intersecretarial sobre Cambio Climático*, coordinado entonces por la SEMARNAP, a través del INE y actualmente por la SEMARNAT.

En el Comité están representadas las siguientes secretarías: Energía (SENER); Economía (SE); Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y

Alimentación (SAGARPA); Comunicaciones y Transportes (SCT); Desarrollo Social (SEDESOL); Relaciones Exteriores (SRE) y la propia SEMARNAT.

En el seno de este Comité se acuerda la posición de México ante los foros nacionales e internacionales, incluyendo las Conferencias de las Partes (CdP), llevadas a cabo en Kioto, Japón (CdP3, 1997), Buenos Aires, Argentina (CdP4, 1998), Bonn, Alemania (CdP5, 1999), (CdP6, 2000) y la Sesión Reanudada de la CdP6, en Bonn, en julio de 2001.

En el plano internacional, las negociaciones que se realizan en el ámbito del Protocolo de Kioto —que deriva de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático— apremian a que nuestro país lleve a cabo estudios sobre metodologías para la determinación de líneas base de emisiones de gases de efecto invernadero en las áreas de energía y forestal, ya que los mecanismos del Protocolo, en especial el artículo 12, establece el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) con el propósito de que los países en desarrollo alcancen el desarrollo sustentable al contribuir con el objetivo último de la Convención, como lo es la mitigación de emisiones; y a su vez ayuden a los países desarrollados a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3 del mismo.

Esto significa que en el corto y mediano plazo, México tendrá oportunidades en materia de transferencia de tecnologías y financiamiento de proyectos de mitigación, principalmente en el área de energía y posiblemente en el área forestal.

Tomando en cuenta los ejemplos de otros países y los lineamientos que surgen de las Conferencias de las Partes de la Convención, nuestro país determinará un planteamiento para dar seguimiento a los proyectos de mitigación, nacionales e internacionales, a las actividades instrumentadas de manera conjunta y a las diferentes metodologías para la verificación y certificación de reducción de emisiones que sean aprobadas por la Convención.

Cabe hacer un reconocimiento a los técnicos y científicos mexicanos que han participado en los diferentes comités de asesoría científica, ya que con su trabajo han podido situar al país en diferentes contextos del tema de cambio climático:

- En el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero
- En la evaluación de la vulnerabilidad y posibles opciones de adaptación al cambio climático.
- En la actualización de la modelación de escenarios de emisiones futuras.
- En la evaluación de tecnologías de mitigación de emisiones, tanto en el sector forestal como en el de energía.
- En la elaboración de las comunicaciones nacionales.

La colaboración de los expertos internacionales ha sido y seguirá siendo muy importante en el desarrollo de las diferentes investigaciones que se realicen para el país.

REPRESENTACIÓN ANTE LA CMNUCC

En el periodo 1992-1994, la participación de México en el proceso de negociación y desarrollo de la Convención y del Protocolo de Kioto fue cubierta a lo largo del proceso por la Secretaría de Relaciones Exteriores y por la Secretaría de Desarrollo Social. De 1995 al 2000 estuvo al frente la SEMARNAP. En 1996 se incorporaron representantes de las secretarías de Energía y de la entonces Secretaría de Comercio y Fomento Industrial en las reuniones de los Órganos Subsidiarios y en las Conferencias de las Partes. A la Tercera Conferencia de las Partes se unieron representantes del Poder Legislativo. Fue a partir de la Cuarta Conferencia de las Partes, en 1998, que se integraron representantes del sector industrial del país.

La participación de la delegación mexicana en los foros de negociación de la CMNUCC ha sido en los siguientes temas: uso de suelo, cambio de

uso de suelo y silvicultura; inventarios nacionales de emisiones; comunicaciones nacionales de las Partes No-Anexo I, mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto, mecanismos financieros, cumplimiento de los compromisos de las Partes del Anexo B, transferencia de tecnología, entre otros.

México ha impulsado las iniciativas para incluir la captura de carbono por parte del sector forestal en el MDL del Protocolo; y ha participado activamente en la elaboración de las guías del Panel Intergubernamental de Cambio Climático denominadas «buenas prácticas» para realizar y actualizar inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero, así como en la preparación de comunicaciones nacionales de algunas Partes No-Anexo I de la Convención, entre otras.

Para dar cumplimiento a la decisión 8/CP-5, aprobada durante la Quinta Conferencia de las Partes de la Convención (noviembre de 1999), se estableció el Grupo Consultivo de Expertos en Comunicaciones Nacionales de las Partes No-Anexo I de la Convención, con el fin de colaborar en el mejoramiento de estas comunicaciones.

El Grupo está formado por cinco expertos de cada una de las siguientes regiones: África, Asia, América Latina y El Caribe.

La reunión inicial del Grupo de Expertos de América Latina y El Caribe se llevó a cabo en México (mayo del 2000). Los cinco países que representan a esta región son: Antigua y Barbuda, Bahamas, Brasil, Ecuador y México. Nuestro país presidió esa reunión.

La primera reunión del grupo en su conjunto tuvo lugar en Bonn, Alemania (junio del 2000), antes de que iniciaran los trabajos de la décima segunda reunión de los Órganos Subsidiarios de la Convención. Posteriormente se llevó a cabo otra reunión en La Haya (noviembre del 2000), antes de iniciar la segunda ronda de reuniones de los Órganos Subsidiarios (número trece). El mandato del grupo es aportar conclusiones importantes sobre el tema para la Séptima Conferencia de las Partes, en octubre del 2001.

PROYECTOS PATROCINADOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

A continuación se mencionan algunos de los proyectos más importantes bajo este rubro:

- El Gobierno de Canadá colaboró con asistencia técnica y con equipo de cómputo en la elaboración del Inventario Preliminar de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (1993).
- Se realizó el Estudio de País sobre Cambio Climático, que contó con el patrocinio de la iniciativa estadounidense llamada “*US Country Studies Program, USCSP*” (1994-1996).
- Se inició la elaboración del *Primer Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*, con cifras de 1990, para el cual se siguió la metodología del PICC (1995). El Inventario obtuvo fondos del FMMA/PNUMA y del USCSP.
- El Banco Mundial (GEF) otorgó fondos para llevar a cabo el estudio de escenarios de emisiones futuras (1995).
- Con apoyo de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos, (USAID), se realizó la evaluación de 13 tecnologías para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (proyecto iniciado en 1995).
- El Programa Ambiental de la Delegación Tlalpan inició en 1998 con fondos de la misma Agencia.
- El FMMA/PNUD brindó apoyo para llevar a cabo el estudio de coeficientes de emisión de gases de efecto invernadero provenientes de sistemas vivos en el Centro del País.
- El Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos (NREL) financió el análisis de evaluación de las tecnologías de mitigación arriba mencionadas y un taller participativo para la selección de tecnologías apropiadas para México.
- Con el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), se han realizado proyectos de gran alcance, que incluyen a Méxi-

co como nodo de una red de investigación del tema en el continente americano.

- La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) patrocinó estudios sobre modelación macroeconómica en cambio climático, con la participación de la Subsecretaría de Planeación de la SEMARNAP como contraparte. También el INE coordinó la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de GEI para los años 1994, 1996 y 1998, y se realizaron estudios sobre la situación forestal en algunas regiones de Chiapas.

- Con fondos del Gobierno de México se realizaron dos estudios en apoyo a una futura oficina mexicana responsable de la mitigación de emisiones a nivel nacional. El Banco Mundial financió la elaboración de tres estudios: 1) que abordó los temas de líneas base de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energía 2) sobre captura de carbono en el sector forestal y 3) sobre cambio climático y fundamentos económicos: El Caso de México. Dichos estudios se realizaron en el año 2000.

- La Comisión Ambiental Metropolitana (CAM), de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) llevó a cabo estudios sobre la calidad del aire (1999 y 2000), algunos de gran relevancia para determinar reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero en esta zona del país. Para la salud de los habitantes de la ZMVM será importante una disminución de la quema de combustibles fósiles, ya que se mejorará la calidad del aire, con los cobeneficios o beneficios adicionales de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

IV. ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (1994–1998)

Con la presente actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) se da a conocer el inventario para el año de 1996 relativo a todos los sectores definidos por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (PICC). Con excepción del forestal, en otros sectores fue posible estimar las emisiones para otros años, de 1994 a 1998. En algunos se logró también presentar los resultados para 1992 y volver a calcular las emisiones para 1990.

La metodología utilizada correspondió a la revisada por el PICC en 1996. Se siguió la Guía de las Buenas Prácticas y Manejo de Incertidumbre del PICC, lo mismo que los estándares ISO 5966, ISO 690 e ISO 10444 para la elaboración de informes, referencias y clasificación de documentos y partes del ISO 9004 para la prestación de servicios. Varios de los expertos nacionales que contribuyeron a la presente actualización tuvieron una participación activa en la serie de reuniones sobre metodología, buenas prácticas e incertidumbre organizadas por el PICC y por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (SBSTA, por sus siglas en inglés).

Con el desarrollo de la Internet y la modernización del sector público en México mucha de la información necesaria para la realización del ac-

tual inventario fue obtenida directamente de los portales de varias secretarías de Estado y dependencias federales. Lo anterior representa un avance considerable, pues se ofrece a los interesados información valiosa sin restricciones para los partidos políticos, la investigación, la inversión y la participación ciudadana en general, incluyendo la participación en la gestión ambiental. Este informe sobre la actualización del inventario y la documentación asociada se publicará y ofrecerá por el mismo medio. De todas maneras, es necesario fortalecer la cooperación entre las oficinas de gobierno encargadas de elaborar estadísticas sobre la actividad productiva y el INE, a quien corresponde la elaboración del INEGEI, pues existen todavía algunas carencias de información.

El presente trabajo, al igual que el INEGEI de 1990 es resultado de la colaboración entre el sector público y la academia. Se considera de gran importancia que la elaboración del inventario se convierta en una actividad propia del sector público. Para ello, el INE desarrolló un sistema informático que sistematiza mucha de la experiencia adquirida en la elaboración del mismo.

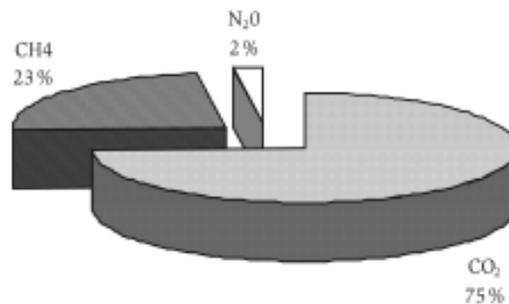
PANORAMA GENERAL

Las emisiones de GEI para 1996 en equivalentes de CO₂ a 100 años¹ fueron de 686,118 Gg, considerando sólo al bióxido de carbono, metano y óxido nitroso. De lo anterior, 514,048 Gg (75%) corresponden a CO₂; 157,648 Gg (23%) a metano y 14,422 Gg (2%) a óxido nitroso (figura 4.1).

Por sector, y todavía en equivalentes de CO₂ para poder comparar sectores con emisiones de gases diferentes (figura 4.2), los procesos de

¹ Por su capacidad para retener radiación infrarroja, un gramo de metano equivale a 21 gramos de bióxido de carbono en una escala de tiempo de 100 años, tomando en cuenta sus propiedades moleculares y su tiempo de residencia en la atmósfera. Un gramo de óxido nitroso equivale a 310 gramos de bióxido de carbono (PICC, 1996).

FIGURA 4.1. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMISIONES DE GEI PARA 1996 EN EQUIVALENTES DE CO₂

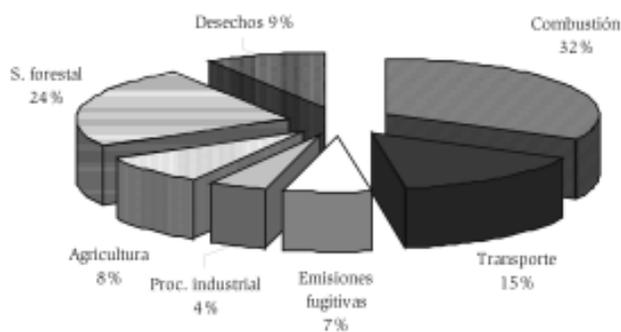


combustión que no involucran a la combustión por motores de combustión interna para transporte emitieron 219,432 Gg en equivalentes de CO₂. Los procesos de combustión interna para transporte emitieron 100,159 Gg. La suma de estos dos, que comprenden las emisiones por producción y consumo de energía, equivale a 46.6% de las emisiones. Las emisiones fugitivas de metano en la industria del petróleo y del gas natural fueron de 44,599 Gg (6.5%). Las emisiones por procesos industriales de esos tres gases fueron de 43,121 Gg (6.3%). La agricultura y la ganadería emitieron 55,674 Gg (8.1%). El sector forestal emitió 161,422 Gg equivalentes de CO₂ (23.5%), lo que lo coloca como la segunda fuente en importancia. El manejo de desechos urbanos e industriales contribuyó con 61,710 Gg (9%).

Los sectores de procesos industriales y desechos presentan un notable incremento, tanto en volumen como en participación porcentual. Esto se debe, en parte, a que algunas fuentes no se consideran en el inventario de 1990, y también a cambios en la metodología. Además, para el manejo de desechos hubo un notable aumento en el número de rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales, debido a la aplicación de regulaciones ambientales en el ámbito local.

Por otro lado, el sector agropecuario presenta un estancamiento en su participación. Posibles cambios estructurales en la economía pueden ser los responsables, así como la prolongada sequía de los años noventa, agravada por el efecto del severo evento de «El Niño» de 1998.

FIGURA 4.2. DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES POR SECTORES
EN EQUIVALENTES DE CO₂



ENERGÍA

En esta sección se presenta el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con el consumo de energía en México (fuentes fijas, de área y de transporte, Balance Nacional de Energía 1998). En el inventario de 1990 las emisiones fueron de 297,010 Gg de CO₂. En 1994, las emisiones de bióxido de carbono asociadas con este consumo alcanzaron un valor de 314,352 Gg de CO₂. En 1996, las emisiones fueron de 314,730 Gg, un aumento marginal con respecto a 1990 y 1994, debido a la crisis económica de 1995. Sin embargo, en 1998 alcanzaron 350,380 Gg, 18% más que en 1990.

En relación con la metodología, de acuerdo con el PICC, la estimación de los inventarios puede dividirse en tres partes, de acuerdo con el nivel

de detalle. Por la información con la que se cuenta en este momento para México, los inventarios nacionales y regionales están constituidos con base en una metodología que está entre el Nivel 1 y el Nivel 2, ya que en muchos casos se detallan las tecnologías de combustión aún y cuando se siguen utilizando factores de emisión internacionales.

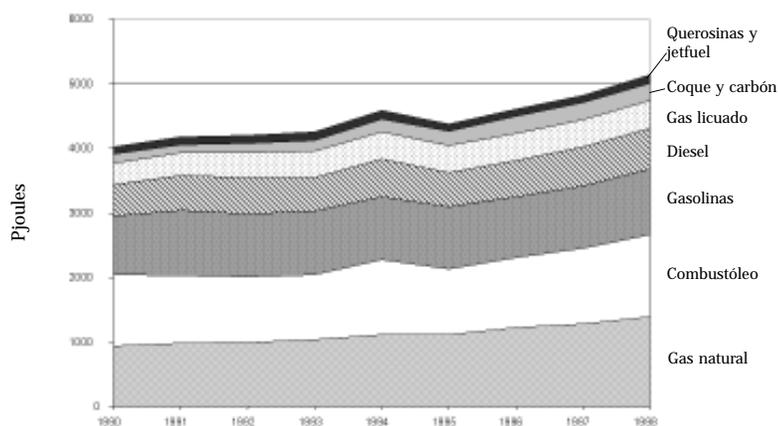
La economía y el consumo de energía del país están sustentados principalmente en el petróleo. En 1998, el país produjo cerca de 1120.7 millones de barriles de petróleo crudo (6562.9 PJ), de los cuales, 56% se destinó a la exportación. El 55.6% de la energía primaria que consumió el país en 1998 provino de derivados del petróleo, el 27.7% de gas natural, el 4.5% de carbón, el 1.6% de energía nuclear, el 5.5% de biomasa, el 4.1% de energía hidroeléctrica y el 1% de energía geotérmica y eólica.

En 1999 la producción de petróleo crudo fue de 6,266.618 Petajoules, de los cuales se exportó el 53%. La participación de hidrocarburos en la oferta bruta de energía fue de 80.9%, 4.4% de carbón, 8.8% de electricidad (incluyendo 5.9% de hidroenergía, 1.9% de núcleo energía y 1.0% de geoenergía, así como 5.9% de biomasa).

Como lo muestra la figura 4.3, los combustibles que mayor crecimiento presentaron entre 1990 y 1998 fueron el gas natural y el combustóleo, cuyo crecimiento fue de 13.2% en cada caso, mientras los sectores de mayor consumo y crecimiento fueron el de generación eléctrica y transporte, que se analiza con más detalle en la sección titulada *Combustión (transporte)*. Es evidente el decremento que el consumo final de energía registró en el país en 1995 con respecto a 1994, cuando se presentó una crisis económica que provocó una reducción de 6.2% del PIB.² Sin embargo, a partir de 1996, el crecimiento fue dinámico y estable, de tal forma que en todo el periodo el consumo de combustibles comerciales creció en 28%, pasando de 4,020.9 a 5,134.7 PJ.

² Datos del Sistema Nacional de Cuentas Nacionales de México, 1993-1994. INEGI, página electrónica: www.inegi.gob.mx/difusion/espanol/scnm.scnm.html.

FIGURA 4.3. CONSUMO DE ENERGÍA POR COMBUSTIBLE



COMBUSTIÓN (FUENTES FIJAS Y DE ÁREA)

Como lo muestra el cuadro 4.1, en 1996, las emisiones de bióxido de carbono asociadas con el consumo de energía en México para las fuentes fijas y de área alcanzaron el valor de 217,537 Gg de CO₂, 16% más que en 1990. Y en 1998 alcanzaron 245,788 Gg, 31% más que en 1990.

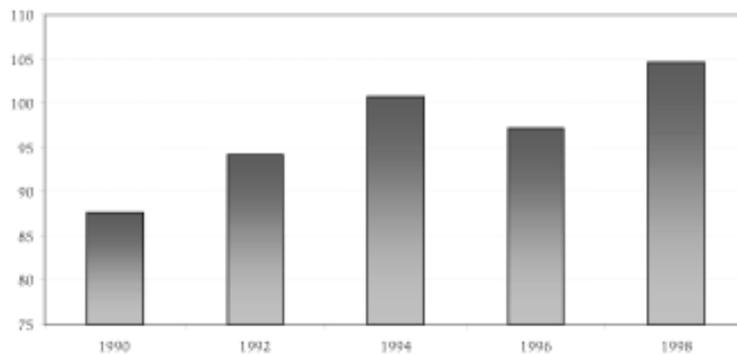
COMBUSTIÓN (TRANSPORTE)

El consumo de energía del sector transporte aumentó 19.24% en el periodo 1990–1998 (figura 4.4). La tasa de crecimiento anual fue variable, con una caída en 1996, a consecuencia de la crisis económica de 1995–1996. Entre 1990 y 1998, el mayor aumento correspondió a la aviación nacional (41.79%), en tanto que en el autotransporte el incremento fue de 18.67% y en la navegación marítima nacional ascendió a 26.28%. En el transporte por ferrocarril el consumo disminuyó 12.6%. Los combustibles que se consumieron fueron gasolinas y diesel para el autotransporte, turbosina

CUADRO 4.1. EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO ASOCIADAS
CON EL CONSUMO DE ENERGÍA (Tg)

Sector	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Industrial	55.769	55.345	55.757	56.149	59.926	61.070	62.083	60.935	62.408
Industrias									
energéticas	37.872	38.380	38.586	35.980	37.059	32.201	38.976	41.606	47.301
Residencial	18.784	19.490	20.114	20.676	21.608	21.985	22.361	22.471	22.580
Comercial	3.725	4.690	5.370	5.306	5.878	5.377	5.828	6.043	6.418
Agropecuario	4.984	5.138	5.169	5.204	4.927	5.072	5.421	5.797	5.738
Generación									
de electricidad	66.992	69.237	67.761	70.350	84.200	77.958	82.868	92.146	101.343
<i>Total</i>									
<i>sin biomasa</i>	188.126	192.280	192.757	193.665	213.598	203.663	217.537	228.998	245.788

FIGURA 4.4. EMISIONES DE CO₂ (Tg) POR EL SECTOR TRANSPORTE

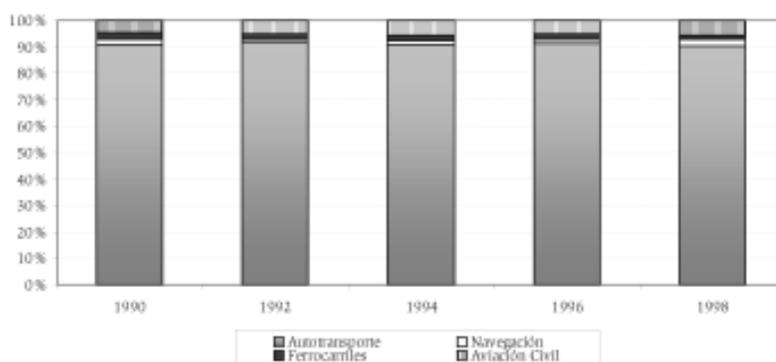


para la aviación, diesel y combustóleo para la navegación marítima y diesel para el ferrocarril (figura 4.5). Se estima que en 1998 el consumo de energía para el transporte internacional representó 1.6% del consumo total. Dentro del transporte internacional, el combustible que se utilizó mayoritariamente fue el queroseno para aviación.

Las emisiones de bióxido de carbono se calcularon por el método sectorial para cada tipo de combustible consumido en el sector transporte, tanto para el transporte nacional como para el internacional. Para el caso de las emisiones de gases diferentes al bióxido de carbono se utilizó la metodología de primer nivel para todos los sectores, a excepción de los sectores de la aviación y del autotransporte, para los cuales se utilizó una metodología de segundo nivel.

Se utilizó la hoja de cálculo del PICC para las estimaciones de nivel 1 para todos los gases, excepto para el caso del bióxido de azufre. También se usó para las emisiones de la aviación por el método de nivel 2. Debido a la diferencia en el contenido de azufre de los combustibles consumidos en México en el periodo 1990–1998 fue necesario desagregar el consumo del sector por tipo de combustible para estimar las emisiones de bióxido de azufre.

FIGURA 4.5. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL CONSUMO DEL SECTOR TRANSPORTE



Para calcular las emisiones del autotransporte se estimó la proporción de los vehículos que cuentan con convertidores catalíticos y la proporción de éstos que no cuentan con este control. Posteriormente, se estimó el recorrido anual de los diferentes tipos de vehículo. Se utilizaron factores de emisión medidos en el Laboratorio de Investigación en Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores del Instituto Mexicano del Petróleo, tanto para una flotilla de vehículos sin convertidor como para una flotilla con convertidor. Para 1996, las emisiones totales de bióxido de carbono del sector transporte fueron de 97,193 Gg, lo que representó un aumento de 11% con respecto a 1990. En 1998 alcanzaron 104,592 Gg, 19% más que en 1990. Desde luego, este incremento está relacionado directamente con el aumento en el consumo de energía durante este periodo. Para este sector, las emisiones de metano en 1996 fueron de 28 Gg, lo que representó una reducción de 23% con respecto a 1990. Por su parte, las emisiones de óxido nitroso fueron de 7.7 Gg, 385% superiores a las de 1990. Este aumento se relaciona con la introducción de convertidores catalíticos en los automóviles particulares a partir de 1991.

EMISIONES FUGITIVAS

En esta parte del estudio se estimaron las emisiones de metano en la industria del petróleo y del gas natural. Se utilizó la metodología del PICC, versión 1996. Se aplican los factores de emisión por defecto, específicos de la región donde se encuentra ubicado México, a los datos de actividad de producción, transporte, procesamiento y distribución, tanto de petróleo como del gas natural asociado y no asociado. Este estudio constituye una actualización de la información que se obtuvo para el año base de 1990, se usa la nueva versión de la metodología de cálculo y las estimaciones para los años 1992, 1994, 1996 y 1998. En el cuadro 4.2 se presentan las cifras para estos años, utilizando los valores alto y bajo por defecto de los facto-

CUADRO 4.2. EMISIONES FUGITIVAS DE METANO EN EL SISTEMA DE PETRÓLEO
Y GAS NATURAL EN MÉXICO (Gg CH₄/año)

AÑO	1990	1992	1994	1996	1998
FE* alto	2,021.6	1,938.4	2,124.7	2,123.8	2,552.8
FE* bajo	1,482.9	1,434.4	1,573.5	1,757.5	1,891.4

*Factor de emisión.

res de emisión, reportado para la región «Otros países productores de petróleo», donde se ubica México.

Los principales yacimientos de petróleo y gas natural en México se localizan en las regiones marina y del sudeste, donde el petróleo y el gas natural están presentes en las mismas formaciones subterráneas. Por esta razón, la principal fuente de gas natural es el gas asociado que se extrae simultáneamente con el petróleo. En años recientes se han encontrado importantes yacimientos de gas natural no asociado en la región norte, específicamente en la región de Burgos, por lo que se debe esperar un incremento significativo en la producción de gas natural en los próximos años.

Con base en la estructura descriptiva existente de los sistemas de petróleo y gas que se utilizan para estimar las emisiones fugitivas de metano y de otros gases de efecto invernadero, se han destinado grandes esfuerzos a identificar con detalle las múltiples fuentes de emisiones de metano y a obtener factores de emisión para esas fuentes en los sistemas de gas natural, en particular en los Estados Unidos de América y en Canadá; sin embargo, no ocurre lo mismo para los sistemas de petróleo, donde se recurre al uso de factores de emisión muy agregados para estimar las emisiones de metano. México no cuenta con un inventario detallado de fuentes de emisión de metano ni con factores de emisión propios en el sistema

nacional de petróleo, por lo que es preciso dedicar recursos para realizar estas tareas que redundarán en una mejor cuantificación de las emisiones de metano que se fugan a la atmósfera y que contribuyen al efecto invernadero y al cambio climático.

Su equivalencia en millones de toneladas métricas en equivalente de bióxido de carbono aparece en el cuadro 4.3, presentando una tasa promedio de crecimiento anual del 6.5%.

CUADRO 4.3. EMISIONES FUGITIVAS DE METANO EN EQUIVALENTES DE CO₂
EN EL SISTEMA DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL EN MÉXICO (Gg /año)

AÑO	1990	1992	1994	1996	1998
FE alto	42,453.6	40,706.4	44,618.7	44,599.8	53,608.8
FE bajo	31,140.9	30,122.4	33,043.5	36,907.5	39,719.4

PROCESOS INDUSTRIALES

En el inventario de 1990, las emisiones estimadas de este sector fueron de solo 11,621 Gg, se informó únicamente de las emisiones de la industria del cemento. Sin embargo, de acuerdo con el inventario de 1998, esta industria ha incrementado sus emisiones de bióxido de carbono en un factor de 3.82 con respecto a 1990.

En esta actualización se cubrieron casi todos los rubros de los sectores de productos minerales, la producción de metales y la industria química. La producción combinada de CO₂ por estos procesos fue de 37,108 Gg en 1994 y creció hasta 44,346 Gg en 1998, lo que representa un aumento del 19.5% en ese periodo.

Las emisiones totales del sector en equivalente de CO₂ a 100 años fueron de 37,904.52 Gg en 1994; 43,121.27 Gg en 1996 y 44,441 Gg en 1998. En este sector, la producción de metales y minerales ha contribuido con la mayor emisión de GEI en el periodo. Las emisiones de GEI por procesos industriales aumentan su importancia relativa en el inventario por dos razones, la primera porque ahora se incorporaron otros procesos al inventario, y la segunda por su tasa de crecimiento.

En relación con el inventario de gases precursores de ozono, las emisiones en este sector de Compuestos Orgánicos Volátiles No Metano (NMVOC, por sus siglas en inglés) son las de mayor significado, llegando a ser de 262.1 Gg en 1996. Las emisiones de otros gases precursores de ozono, como NO_x, CO y SO₂, son hasta de dos órdenes de magnitud menores que las de los compuestos volátiles orgánicos no metano.

Las principales fuentes de información fueron el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y las cámaras industriales pero, en general, la calidad de la información para aplicar otros niveles de cálculos de las emisiones es baja. Por ello, es conveniente involucrar a las cámaras mencionadas como partes interesadas en el inventario por las posibles opciones de mitigación y por la necesidad de lograr un nivel más alto de confiabilidad en los datos.

AGRICULTURA

Se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero para 1994, 1996 y 1998 para el sector que incluye la actividad agrícola y pecuaria del país. Se aplicó la metodología revisada por el PICC en 1996, usando factores de emisión por defecto para casi todas las fuentes. Se utilizaron factores de emisión ponderados por tipo de producción y masa para las emisiones de metano por ganado bovino.

En el inventario de 1990, las emisiones totales para agricultura y ganadería en México, en equivalentes de CO₂, fueron de 38,863 Gg, de las cuales 97% correspondió a metano y 3% a óxido nitroso. En los inventarios de 1994, 1996 y 1998 las emisiones fueron de 57,110; 55,674 y 54,463 Gg en equivalentes de CO₂, respectivamente. La fracción correspondiente a metano fue de 82%, 82% y 79%, para cada uno de esos años, respectivamente. La fracción restante correspondió al óxido nitroso. La mayor participación del óxido nitroso se debe a cambios en la metodología usada. Debe notarse, sin embargo, que entre 1994 y 1998 hay un decremento en las emisiones. Esta reducción se debe más a un estancamiento en la actividad ganadera que a un incremento en la eficiencia del sector.

En el inventario de 1990 se demostró cómo la aplicación del nivel 1 de la metodología y el uso de los factores de emisión por defecto para México para la fermentación entérica y la fermentación anaeróbica de los desechos del ganado bovino conducía a una considerable sobreestimación de las emisiones. Se dedicó un gran esfuerzo a obtener la información necesaria para analizar al hato nacional, de acuerdo con su distribución climática, función, forma de explotación y estrato de edad, lo que permitió mejorar considerablemente los datos de actividad y los factores de emisión. En los años posteriores a la presentación del inventario de 1990 y con financiamiento del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos de América, se realizaron varios estudios para determinar experimentalmente factores de emisión por manejo de desechos y para estimar el potencial de mitigación de emisiones en el sector. Se está construyendo una base de datos de factores de emisión directa para suelos agrícolas, pero el número de mediciones es todavía muy limitado para su uso en un inventario nacional.

Lamentablemente, el manejo de la información disponible sobre la actividad del sector no siguió el mismo desarrollo. Por un lado, la facilidad de acceso a la información pública disponible sobre el sector agropecuario ha mejorado considerablemente con el desarrollo de Internet y su asimila-

ción en el sector público. Por otro, los sistemas de estadísticas del sector parecen haber sufrido un serio retroceso en el detalle de la información recolectada o en el enfoque de la información. Por ejemplo, ahora es posible conocer cuánta carne en canal se produce por estado, pero no se logra saber cuántas cabezas de ganado de carne existen en cada estado por forma de explotación. Esta limitación obliga a usar el nivel 1 de la metodología PICC revisada en 1996, aún sabiendo que esto implica sobreestimar las emisiones. Otra consecuencia de la pérdida de resolución del inventario es la limitación que sobre la selección de las estrategias de mitigación impone la falta de información sobre estructura del hato, función y forma de explotación. El posible cambio estructural en el sector debido a la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio (TLC) y la severa sequía sufrida por el país durante la década de los años 90, que culminó con el fenómeno natural «El Niño» de 1997–1998, impide una extrapolación simple de los datos anteriores.

CAMBIO EN EL USO DEL SUELO

En este capítulo se estimaron de manera preliminar las emisiones del sector para el año 1996. A diferencia del inventario de 1990, en este trabajo se utilizó la metodología revisada por el PICC (1996), lo que plantea algunos cambios importantes con respecto a la metodología anterior, en particular en cuanto a las emisiones de los suelos.

Con respecto al inventario anterior, en este trabajo se logró mejorar la información de base sobre los contenidos de carbono por tipo de vegetación, las superficies reforestadas y bajo distintas alternativas de manejo, así como las tasas de crecimiento de la biomasa. Los resultados son, empero, preliminares, pues no se contaba entonces con la información actualizada de los patrones de cambio de uso del suelo en México, derivada del Inventario Nacional Forestal para el año 2000 (en revisión).

Las estimaciones para 1996 indican emisiones totales netas de 157,303 Gg de CO₂. Estas emisiones son resultado del balance entre las emisiones de 110,073 Gg derivadas de la combustión y la descomposición de biomasa aérea asociada con los procesos de conversión de bosques a otros usos, y las emisiones de 89,221 Gg de los suelos minerales y la fijación de 41,991 Gg en bosques manejados y tierras abandonadas (figura 4.6).

FIGURA 4.6. EMISIONES NETAS DE CO₂ PROVENIENTES DEL SECTOR FORESTAL (Gg)



Las emisiones netas totales obtenidas en este informe (157,303 Gg de CO₂) son substancialmente mayores que las obtenidas para el inventario de 1990 (111,784 Gg para CO₂, estimación alta). Este aumento se debe fundamentalmente a una estimación mayor de las emisiones de carbono derivadas de los suelos y a una estimación más conservadora de la absorción de carbono en bosques no manejados.

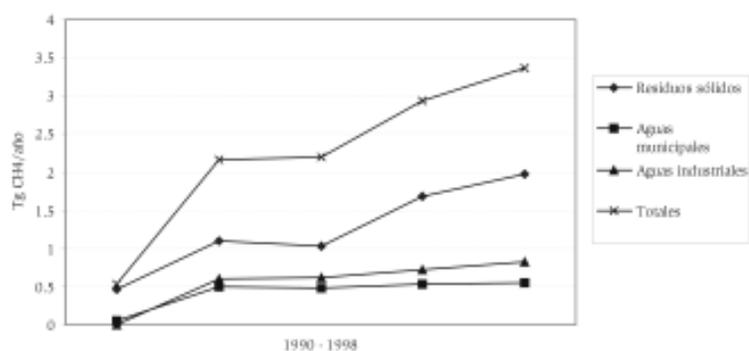
Es difícil cuantificar la incertidumbre asociada con las estimaciones de este estudio, pues se tiene todavía información muy fragmentada sobre parámetros críticos para determinar las emisiones del sector. Específicamente, siguen existiendo pocos datos sobre el contenido de carbono promedio en vegetación y suelos por tipo de vegetación, tendencias históricas de los patrones de deforestación y otros parámetros biofísicos

asociados con las emisiones por combustión y descomposición de la biomasa.

DESECHOS

Las emisiones de metano en este sector fueron de 526 Gg para 1990, de 2,155.1 Gg para 1992 y de 3,362.8 Gg para 1998. Estos saltos en los valores de las emisiones se deben en parte a cambios en la metodología del PICC empleada para su determinación en 1990, y la empleada para determinar las emisiones de 1992 y 1998, y en parte dada la nueva información no disponible para el primer caso. En equivalentes de CO₂ a 100 años, las emisiones de 1992 fueron de 45,257.1 y se incrementaron hasta 70,619 Gg en 1998, lo cual representa un incremento de 56%. En la figura 4.7 se puede observar el comportamiento de las emisiones en cuestión, en total y por cada subsector que las emite.

FIGURA 4.7. EMISIONES DE METANO POR DESECHOS DE 1990 A 1998



El incremento en las emisiones de metano mostrado anteriormente es resultado de las medidas de protección ambiental incorporadas en la última década, como es el caso de los rellenos sanitarios y las plantas de tratamiento de aguas residuales, cuyo número se incrementó significativamente desde 1990. La tendencia para los próximos años sería la de continuar con estas medidas, por lo que la captura y aprovechamiento en la generación de energía debe promoverse e instrumentarse como medida de mitigación de estas emisiones por el sector, o de lo contrario las emisiones y su impacto en el medio ambiente continuarán creciendo.

La metodología revisada del PICC de 1996 incluye algunos aspectos de la metodología usada en 1990 desarrollada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). En términos generales, esta metodología reduce la incertidumbre y facilita la realización de los inventarios, mediante una serie de recomendaciones propuestas en el *Manual de Buenas Prácticas y Manejo de la Incertidumbre*. En el caso específico de los residuos sólidos, esta metodología permite cuantificar la aportación de las emisiones de CH₄ de los residuos depositados a cielo abierto y establece las bases para elaborar un mejor diagnóstico de las emisiones de aguas residuales municipales e industriales, así como las resultantes de la incineración de residuos.

Con el propósito de facilitar la elaboración de los inventarios y reducir la incertidumbre asociada con la información de la actividad, es necesario establecer convenios y compromisos con las instituciones encargadas de recopilar y generar esta información en los sectores de desarrollo social, medio ambiente, agua y energía, para actualizar los inventarios futuros.

OTROS GASES

La información sobre otros gases, como son SF₆, PFC y HFC es muy escasa. El consumo de HFC (HFC-134 a, HFC-227 ea, HFC-152 a, HFC-23) en 1996

sumó solamente 2.385 Gg. Se asume que todos estos gases son emitidos. No se tiene información sobre la tecnología usada en la producción de aluminio para estimar la producción de CF_4 . El HFC más consumido fue el tetrafluoroetano (HFC-134 a), con 2.369 Gg. Considerando el potencial de calentamiento global a 100 años de los diferentes gases, sus emisiones equivalentes de CO_2 fueron de 3,132 Gg.

V. ESCENARIOS DE EMISIONES FUTURAS

El cuadro 5.1 presenta las emisiones de CO₂ para escenarios con diferente crecimiento del PIB para el año 2010, considerando tanto las emisiones asociadas con el consumo de energía como las de cambio de uso del suelo. Como se muestra, el incremento total de emisiones de CO₂ entre 1990 y 2010 varía entre 55 % y 85 %.

Si se considera un crecimiento medio del PIB y una tasa de crecimiento de población promedio de 1.2% para la década 2000–2010, entonces un

CUADRO 5.1. EMISIONES DE CO₂ PARA ESCENARIOS CON DIFERENTE CRECIMIENTO DEL PIB

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL PIB (1990–2010)	2010 MILLONES DE TONELADAS DE CO ₂	CRECIMIENTO 1990–2010 (%)
Bajo (2.5%)	805.6	55%
Medio (4.5%)	878.9	69%
Alto (6.0%)	960.3	85%

FUENTE: Sheinbaum C. y O. Masera . 2000. *Mitigating carbon emissions while advancing national development priorities: the case of Mexico's climatic change.*

escenario base razonable indicaría que las emisiones totales de CO₂ alcanzarían el valor de 879 Tg/año de CO₂ para el 2010. Bajo las consideraciones marcadas en el cuadro 5.2, se espera que las emisiones del sector energético crezcan 149% en el periodo 1995–2010. En el caso del sector forestal, se espera una pérdida neta de 10.4 millones de ha (20% del área forestal existente). Esto se explica porque la tasa neta de deforestación se considera proporcional al área forestal remanente y el área anual deforestada disminuirá en el futuro. Como resultado, las emisiones anuales de carbono del sector forestal se reducirán 33% entre 1995 y 2010.

CUADRO 5.2. CONSIDERACIONES BÁSICAS DE LOS ESCENARIOS BASE Y DE MITIGACIÓN

SECTOR	ESCENARIO BASE	ESCENARIO DE MITIGACIÓN
SECTOR	ESCENARIO BASE	ESCENARIO DE MITIGACIÓN
General	<p>Escenario de crecimiento medio del PIB (cerca del 4%/año)</p> <p>Reducción del crecimiento poblacional de 1.6% en 1995 a 1.1% en el 2010.</p>	<p>Crecimiento del PIB y de la población como el escenario base.</p>
Energía	<p>Intensidades energéticas constantes en sus valores de 1994.</p> <p>Plantas termoeléctricas de combustóleo como la adición predominante en la capacidad instalada del sector eléctrico.</p>	<p>Plantas de ciclo combinado con base en gas natural, como la adición predominante en la capacidad instalada del sector eléctrico.</p>

SECTOR	ESCENARIO BASE	ESCENARIO DE MITIGACIÓN
		Diferentes escenarios de penetración para las siguientes alternativas de mitigación: motores industriales, iluminación comercial eficiente, bombeo eficiente de agua, transporte público en el AMVM, iluminación residencial eficiente, calderas industriales eficientes, incremento en la cobertura del metro en el AMVM, generación eléctrica por viento, cogeneración industrial
Forestal	Tasa neta de deforestación (deforestación menos reforestación) en niveles de 1.5%/año (principios de los años noventa) de 1995 al 2010. El área total deforestada alcanza 10.4 millones de ha entre 1995 y 2010.	La deforestación evitada con manejo sustentable de bosques naturales aumenta a 361 Kha/año para 2010. 1.3 millones de ha bajo la restauración de plantaciones en el 2010. 200 k/ha bajo sistemas agroforestales en el 2010.

FUENTE: Sheinbaum C. y O. Masera, 2000. *Mitigating carbon emissions while advancing national development priorities: the case of Mexico, climatic change.*

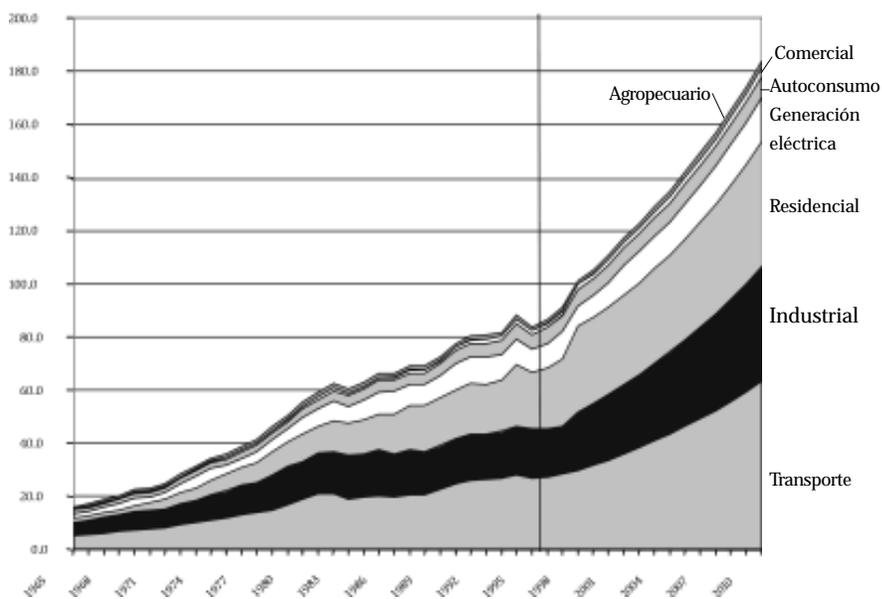
El cuadro 5.3 muestra el crecimiento en las emisiones para el sector forestal y de energía del escenario base. La figura 5.1 (página siguiente) muestra las emisiones del consumo de energía por sector de consumo.

CUADRO 5.3. EMISIONES DEL SECTOR ENERGÉTICO Y FORESTAL PARA EL ESCENARIO BASE
(MILLONES DE TONELADAS DE CO₂)

SECTOR	1990	1995	2000	2005	2010
Energía	292.1	333.4	397.9	546.3	726.0
Forestal	228.9	206.7	186.6	168.9	152.9
<i>Total</i>	<i>521.0</i>	<i>540.1</i>	<i>584.5</i>	<i>715.2</i>	<i>878.9</i>

FUENTE: Sheinbaum C. y O. Masera, 2000. *Mitigating carbon emissions while advancing national development priorities: the case of Mexico's climatic change.*

FIGURA 5.1. EMISIÓN DE BIÓXIDO DE CARBONO ASOCIADO CON EL CONSUMO DE ENERGÍA
(ESCENARIO BASE)

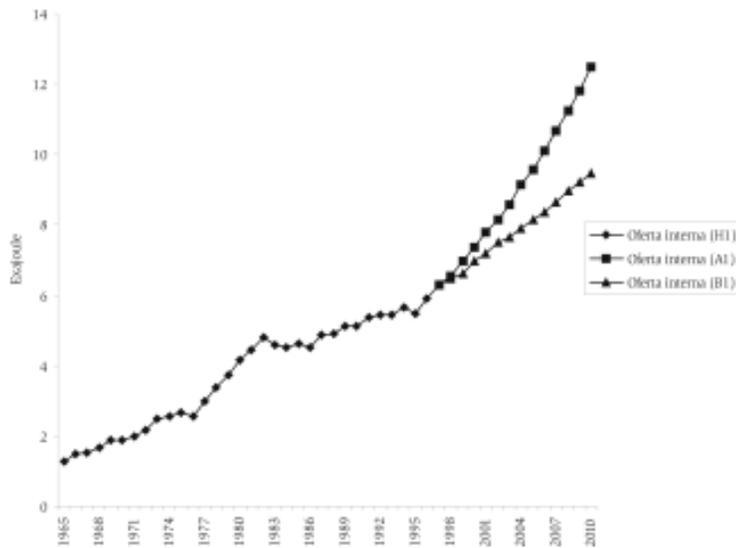


FUENTE: Sheinbaum, C., 2000. Modelo economía-energía. Informe del Instituto de Ingeniería de la UNAM, México.

DATOS HISTÓRICOS DE ACUERDO CON EL BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 1996

Las proyecciones (A1 y B1) corresponden a escenarios de crecimiento del PIB de 5.6% (Escenario A1) y 3.5% (Escenario B1) anual a lo largo del periodo. El escenario poblacional considera 99,198,613 habitantes en el año 2000 y 111,971,681 en el 2010.

FIGURA 5.2. MÉXICO: OFERTA TOTAL DE ENERGÍA



VI. POLÍTICAS DE MITIGACIÓN

En este capítulo se resumen las políticas y medidas adoptadas por los diferentes sectores nacionales que, directa o indirectamente, han servido para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o para aumentar la remoción de alguno de estos gases por parte de los sumideros forestales.

SECTOR FORESTAL

La captura de carbono mediante las prácticas de manejo está en función de la acumulación y almacenamiento de la biomasa, de modo que cualquier actividad que tenga un efecto positivo sobre la capacidad de un área dada para secuestrar y almacenar carbono podría ser considerada potencialmente como una opción de manejo del carbono terrestre para reducir CO₂ en la atmósfera.

En el sector «uso del suelo, cambio en el uso del suelo y de los bosques» se han identificado dos estrategias principales de manejo del carbono: 1) Incrementar la cantidad o tasa de acumulación del carbono, al crear o incrementar sumideros de carbono y 2) Prevenir o reducir la tasa de liberación del carbono ya fijado en los sumideros existen-

tes. Ambas estrategias se han denominado «captura de carbono» y «conservación de carbono», respectivamente (IPCC, 1996). Una tercera estrategia llamada «sustitución del carbono», involucra la reducción de la demanda de combustibles fósiles, incrementando el uso de productos de madera renovables, ya sea con productos de madera duraderos o con biocombustibles (Bass *et al.*, 2000).

Los agroecosistemas forestales son de primordial importancia dentro de las acciones de mitigación del cambio climático ya que, dependiendo de las condiciones generales de su manejo, pueden constituirse en áreas de emisión o reservorios netos de carbono. Los bosques y selvas, conservados y manejados adecuadamente, pueden almacenar grandes cantidades de carbono, al fijarlo en la vegetación en pie y en los suelos forestales. Asimismo, el carbono también se puede almacenar en los productos forestales que se obtienen del aprovechamiento de los recursos forestales.

Del mismo modo, la remoción de la vegetación forestal de manera ilegal y la conversión del uso forestal del suelo a otros usos, tales como la agricultura y la ganadería, dan lugar a la liberación de una gran cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Consecuentemente, la conservación de la cubierta forestal y el establecimiento complementario de plantaciones forestales en áreas desprovistas de árboles constituyen una de las mejores estrategias para mitigar los efectos del cambio climático global.

La vegetación forestal absorbe bióxido de carbono durante su dinámica de crecimiento, es decir, fija el carbono en la biomasa y libera el oxígeno que proporcionará un beneficio ambiental a todo el planeta; de ahí que los países que demuestren una decidida política de conservación o incremento de sus superficies forestales tendrán la oportunidad de ingresar al naciente mercado de la venta internacional de certificados de reducción de emisiones.

El sector forestal de México puede contribuir en gran medida a la mitigación del cambio climático, no sólo disminuyendo las emisiones de CO₂ que

derivan de su gestión y de su afectación por las prácticas agropecuarias, como es el cambio de uso del suelo, sino porque además puede contribuir a la reversión del proceso mediante prácticas de recuperación del uso forestal, como la forestación y la reforestación (INE- SEMARNAP, 2000). El sector forestal mexicano tiene la capacidad de reducir el crecimiento de las emisiones de CO₂ generadas por el sector energético, convirtiéndose en una de las opciones de mitigación más importantes a corto y mediano plazos (Ordóñez, 1999).

Como respuesta a la situación nacional, las políticas y programas del sector forestal incorporan tanto la variable ambiental como una serie de estrategias y acciones generales, que se reflejan en los seis programas operativos existentes:

- Programa Nacional de Reforestación (PRONARE)
- Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN)
- Programa para el Desarrollo Forestal (PRODEFOR)
- Programa de la Defensa de la Frontera Forestal
- Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales
- Programa Nacional de Sanidad Forestal

Los programas que se encuentran en proceso de planificación son:

- Programa de Dendroenergía
- Programa de Mejoramiento Agroecológico de la Producción Campesina.

También existen otros programas que coadyuvan a las acciones del sector forestal y de suelos:

- Programa de Áreas Naturales Protegidas
- Programa de Conservación de la Vida Silvestre
- Programa Nacional de Inspección y Vigilancia Forestal

Asimismo, se han identificado tres grandes categorías, en las que se integran las acciones para mitigar los gases de efecto invernadero:

- I. Incremento de la captura de carbono

- Restauración de las áreas forestales degradadas.
- Establecimiento de plantaciones forestales comerciales.
- Reconversión de tierras agrícolas a uso forestal.

II. Conservación del carbono fijado en la vegetación forestal y en el suelo.

- Control de la deforestación
- Protección de la vegetación forestal en:
 - Áreas Naturales Protegidas.
 - Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre.
- Manejo sustentable de bosques y selvas.
- Programa para el Desarrollo Forestal (PRODEFOR).
- Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales en México (PROCYMAF).
- Control de incendios.
- Control de plagas y enfermedades.
- Conservación y restauración de manglares.

III. Sustitución de emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles

- Mejoramiento de dispositivos que utilizan biocombustible y ampliación de la oferta de biomasa para energía.

INCREMENTO DE LA CAPTURA DE CARBONO

En este grupo de medidas se incluyen aquellas prácticas de ordenación forestal destinadas a la expansión de los ecosistemas forestales, aumentando la superficie arbolada y/o la biomasa, así como el contenido de carbono en el suelo. Las estrategias de captura de carbono se basan principalmente en la absorción activa de CO₂ de la atmósfera mediante el proceso de fotosíntesis, y su subsiguiente almacenamiento en la biomasa de los árboles y plantas en crecimiento. Sin embargo, sorpresivamente, la

captura de carbono ha tendido a ser equivalente al establecimiento de árboles, tanto en bosques naturales como en plantaciones (Bass *et al.*, 2000).

RESTAURACIÓN DE LAS ÁREAS FORESTALES DEGRADADAS

PROGRAMA NACIONAL DE REFORESTACIÓN (PRONARE)

El Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) dio comienzo en 1993, bajo la Coordinación de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL); sin embargo, en la pasada administración (1995–2000) se unificaron todos los programas de reforestación existentes, tanto del orden federal como estatal, y se dio una importante reorientación al programa, favoreciendo la reforestación en el medio rural, a diferencia de los anteriores programas, cuya operación estaba orientada básicamente a la producción y plantación, para satisfacer necesidades en áreas urbanas y suburbanas.

En 1998, el PRONARE se incorporó a la SEMARNAP, institución que adquirió la responsabilidad de coordinarlo y ejecutarlo, de acuerdo con las políticas de desarrollo forestal, recuperación y conservación de los recursos naturales.

Al PRONARE concurren las secretarías de la Defensa Nacional (SEDENA), Desarrollo Social (SEDESOL), Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Educación Pública (SEP). Además, cuenta con la participación sustantiva de los gobiernos estatales y municipales, las organizaciones sociales, los productores, empresarios y amplios sectores de la sociedad.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS

Para lograr un proceso adecuado de reforestación, eficiente y con beneficios sociales y ambientales, el PRONARE opera en el marco de las siguientes líneas estratégicas:

- Flexibilidad en los usos y especies.
- Flexibilidad en las formas de ejecución.
- Incremento de la supervivencia de las plantas establecidas (incluye capacitación técnica tanto a técnicos como a campesinos).
- Concertación de acciones, a fin de asegurar el éxito de las plantaciones.
- Programa de incentivos para las acciones de reforestación.

En su operación, el PRONARE es un instrumento eficaz en materia de reconversión productiva, restauración de cuencas, fomento productivo y rescate de especies de flora amenazadas. Así también, ha logrado sumar esfuerzos de los tres órdenes de gobierno y de la sociedad, dada su flexibilidad operativa, su planeación y ejecución desconcentrada y descentralizada hacia los 32 comités estatales de reforestación, y su capacidad de adecuarse a los diversos actores participantes (agricultores, ganaderos, productores forestales, etcétera).

En su ejecución, atiende principalmente la reforestación de terrenos degradados en el medio rural, utilizando para ello especies adecuadas a las condiciones ambientales, principalmente nativas. Para asegurar la calidad integral del proceso de reforestación, apoya técnica y presupuestalmente todas las etapas, desde la colecta de semilla hasta la protección y mantenimiento de las reforestaciones. Al respecto, cuenta con una red de más de 700 viveros en el país, donde se producen más de 600 especies diferentes. Para lograr una mayor eficiencia y consolidación, todos estos procesos permanecen bajo diversos esquemas de supervisión y evaluación técnica.

Por otro lado, siendo esta una actividad basada en la utilización de mano de obra campesina, anualmente capacita a miles de técnicos y productores en materia de reforestación. En consecuencia, genera un promedio anual de 130 mil empleos temporales, constituyéndose además en una importante fuente de empleo en zonas rurales marginadas.

LOGROS OBTENIDOS

Durante el periodo comprendido entre 1995–1999 se obtuvieron resultados sin precedente, gracias a la contribución de los sectores publico, privado y de la sociedad en general, dado que se lograron reforestar alrededor de 742 mil hectáreas con aproximadamente 1,388 millones de plantas. Para ello, se realizó una inversión de 1,076 millones de pesos (cuadro 6.1).

CUADRO 6.1. EVOLUCIÓN DE LA REFORESTACIÓN EN MÉXICO DURANTE LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS

RUBRO	1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL
Inversión						
(millones de pesos)	122.25	179.06	214.19	258.10	302.57	1,076.17
Reforestación						
de plantas (miles)	210,994	274,641	324,530	292,222	294,415	1,396,802
Hectáreas	64,068	109,880	139,829	203,394	225,152	742,323

Fuente: SEMARNAP, 2000. Meta cumplida 1995–1999. Subsecretaría de Recursos Naturales-PRONARE, México.

El 60% de la superficie reforestada, correspondió a zonas forestales perturbadas, zonas de atención prioritaria y, en particular, superficies afectadas por incendios forestales. La restauración de los ecosistemas forestales que resultan dañados por los incendios constituyó una destacada prioridad para la SEMARNAP, 2000.

En la historia de la reforestación en el país no hay antecedentes, a escala nacional, sobre resultados de supervivencia de las reforestaciones. Es relevante mencionar los resultados de la evaluación técnica aplicada a la reforestación de 1998. Con objeto de calificar y determinar la supervi-

vencia y estado general de la reforestación, se evaluaron plantaciones realizadas por diversas dependencias participantes y con diferentes propósitos y condiciones ambientales. Se determinó que 43% de las plantaciones presentan buenas condiciones de prendimiento y desarrollo.

La reforestación y el cuidado del patrimonio natural del país han constituido una prioridad nacional. Prueba de ello es la asignación de un presupuesto por un monto superior a los mil millones de pesos, cifra sin precedente en la historia del país.

La meta del año 2000 fue reforestar 160 mil hectáreas. Conforme a los resultados de años anteriores, la expectativa consiste en llegar a 220 mil hectáreas reforestadas, con lo que al término de la administración 1995-2000 se habrían reforestado alrededor de 960 mil hectáreas con la plantación de 1, 670 millones de árboles.

PARTICIPACIÓN DE LAS INSTITUCIONES

La Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) es la institución con mayor participación en esta actividad. En términos generales, en sus viveros militares produce aproximadamente 50% de las plantas para reforestar y participa con su personal militar en 35% del total de los árboles plantados. Asimismo, participan activamente instituciones como SEMARNAT, SEDESOL, SEP, CONAZA, SAGARPA, SCT, IMSS y diversas organizaciones no gubernamentales.

OTRAS ACCIONES

En viveros operados por diversas dependencias de las 32 entidades federativas se realiza la supervisión técnica del proceso de producción de planta. En estas dependencias se concentra 80% de la producción nacional, logrando incrementar gradualmente la calidad de la planta empleada en la reforestación.

La Red Mexicana de Germoplasma Forestal coordina esfuerzos para mejorar la calidad de éste, al mismo tiempo que ofrece a los propietarios de áreas forestales de calidad la posibilidad de contar con otras alternativas de ingreso mediante la producción y venta de semilla. Actualmente hay 38 bancos afiliados y 65 Unidades Productoras de Germoplasma Forestal identificados como fuentes permanentes de recolección de semilla de calidad.

El Sistema de Información para la Reforestación se encuentra en la etapa final de su diseño y desarrollo. Consiste en una base de datos correlacionados, vinculados con un sistema de información geográfica que apoyará de manera importante la planeación de la reforestación en todo su proceso.

Se han capacitado a más de diez mil personas (entre técnicos, campesinos y personal militar) con lo cual, además de incrementar el conocimiento y mejorar las técnicas de producción y establecimiento de planta de quienes participan en la tarea, se ha logrado avanzar en la consolidación y reforzamiento del programa. Además, en reconocimiento formal a la capacidad y experiencia del personal operativo, actualmente se están certificando 370 técnicos en producción de planta, en coordinación con el Consejo de Normalización y Certificación de la Competencia Laboral (CONOCER).

Se estima que las acciones del PRONARE, durante el periodo 1995–2000, condujeron a una captura neta de 71.17 millones de toneladas de carbono a largo plazo.

En el 2000 se han firmado 14 acuerdos de coordinación en materia forestal con un número igual de estados, en los que se contempla una inversión total de 332 millones de pesos, que se usarán para incorporar a 1,156 ejidos y medio millón de ha a la producción forestal. Esta inversión incluye la reforestación de 83,584 ha, la protección de 4,190 km de brechas, el apoyo a la restauración de 7,577 ha, el mantenimiento de 7,052 ha y la conservación de 238 áreas semilleras, entre otras acciones.

A través de este programa, en el periodo comprendido de diciembre de 2000 a agosto de 2001, se reforestaron 223,000 hectáreas y se plantaron

281 millones de árboles, lo que representa un cumplimiento de 139% respecto a la meta comprometida de 160,000 hectáreas. Adicionalmente, se recolectaron 68,500 kilogramos de semillas de diversas especies y se produjeron alrededor de 285 millones de plantas en 733 viveros inscritos en el programa este año.

De la superficie reforestada, el 60% correspondió a zonas forestales de atención prioritaria afectadas por incendios forestales; 20% a plantaciones con propósitos productivos; 12% a plantaciones de moderación y conservación; y el restante ocho por ciento a reforestaciones urbanas.

Con base en la estrategia de coordinación y participación, los gobiernos estatales atendieron 33% de la superficie reforestada; SEMARNAT, 22%; la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) 19%; y diversas dependencias, organizaciones sociales e instituciones, el restante 26%.

A fin de generar condiciones propicias para el prendimiento, desarrollo y supervivencia de las plantas, se realizaron actividades de protección y mantenimiento a 28,000 hectáreas en superficies de regeneración natural y reforestadas en años anteriores, particularmente en zonas de restauración ecológica.

Adicionalmente, a través del Programa de Supervisión y Evaluación de Viveros, se verificaron 280 unidades operadoras por diversas dependencias en las 31 entidades federativas y el Distrito Federal.

En el marco de la coordinación de acciones intersecretariales, se firmaron las bases de colaboración con la SEDENA, a fin de impulsar y apoyar la participación de militares en la consecución de las metas del PRONARE, transfiriendo recursos a esa dependencia para la producción de 77.3 millones de plantas, plantación de 40 millones de plantas y transformación de la infraestructura de viveros militares para producir 39.4 millones de plantas.

ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES

PROGRAMA DE PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES (PRODEPLAN)

En el *Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000* y en el *Programa Forestal y de Suelo 1995-2000* se definió el impulso a las plantaciones forestales comerciales como una de las estrategias prioritarias para el desarrollo del sector forestal. Para poner en marcha esta política, la entonces SEMARNAP operó el Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales a partir de 1997, siendo el primero en su tipo que se dio en el país.

El desarrollo de las plantaciones forestales comerciales es complementario al aprovechamiento sustentable del potencial que tienen los bosques y las selvas naturales. Mientras que las plantaciones de rápido crecimiento se orientan principalmente a la producción de fibras cortas para celulosa y de maderas tropicales de alto valor comercial, los bosques nativos se utilizan fundamentalmente para la producción de madera sólida destinada a la industria del aserrío,¹ tableros, y sus productos derivados que, por sus características, requieren de un crecimiento más lento que le dé mayor densidad y resistencia a la madera. Asimismo, los bosques naturales de coníferas de clima templado producen fibra larga para celulosa, que tiene un nicho muy particular de mercado.

Es importante señalar que en México la producción de madera para la industria forestal proviene de los bosques naturales, no obstante que el país dispone de grandes ventajas comparativas para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales, tanto de coníferas como de latifoliadas. De acuerdo con cifras del Inventario Nacional Forestal Periódico, se cuenta con ocho millones de hectáreas de terrenos preferentemente forestales con aptitud para realizar plantaciones forestales, además de las áreas dedi-

¹ Fabricación de productos tales como escuadría, chapa y triplay, postes, pilotes, morrillos y durmientes.

cadras a un uso agropecuario marginal. En consecuencia, existen 12 millones de hectáreas con buenas características para la producción de madera (cuadro 6.2).

CUADRO 6.2. MÉXICO: SUPERFICIE POTENCIAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES

REGIÓN	AGRICULTURA DE RIEGO (MILES ha)	AGRICULTURA DE TEMPORAL (MILES ha)	TERRENOS BAJO USO AGROPECUARIO EXTENSI- vo (MILES ha)		TOTAL (ha)	POTENCIAL DE PRODUCCIÓN PROMEDIO (IMA) ² m ³ r ha ⁻¹ AÑO ⁻¹	POTENCIAL DE PRODUCCIÓN TOTAL ACUMULADO (MILLONES M ³ R)
			Pendiente < 15%	Pendiente > 15%			
Sureste	5	322	1,950	3,594	5,871	20	117
Templada							
-fría	103	267	865	966	2,201	10	22
Otras áreas	122	56	148	3,540	3,866	10	39
Total	230	645	2,963	8,100	11,938		178

² Incremento medio anual.

Además de contar con disponibilidad de terrenos, México posee importantes ventajas comparativas para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en relación con otros países, entre las que destacan: a) clima y suelo, b) posición geográfica, c) especies y germoplasma forestales, d) infraestructura y e) desarrollo tecnológico.

El PRODEPLAN tiene como objetivo principal apoyar el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en una superficie objetivo de 875 mil hectáreas, otorgando incentivos directos hasta de 65% de los costos de establecimiento y mantenimiento de proyectos de plantaciones forestales comercia-

les durante un periodo de tiempo de siete años. Además, otorga otros incentivos fiscales para favorecer el establecimiento de dichas plantaciones. Todo ello para generar una base de producción de materias primas forestales suficiente para el desarrollo de una industria forestal moderna y competitiva y, de manera paralela, generar empleos e ingresos en zonas rurales muy pobres del país, particularmente en los estados del sureste mexicano.

Otro objetivo importante es la reconversión de algunos terrenos que actualmente se encuentran desprovistos de vegetación forestal, dedicados principalmente a usos agropecuarios extensivos de baja rentabilidad, en zonas arboladas. Esto contribuye a proteger y restaurar las zonas naturales y la biodiversidad en las áreas de influencia de las plantaciones forestales comerciales. Este programa impedirá y prohibirá que se sustituyan las áreas actualmente cubiertas por bosques y selvas, y además exige que todos los proyectos que reciban los apoyos, conserven y restauren cuando menos 15% del área forestal en donde se establezcan las nuevas plantaciones.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO Y ASEGURAMIENTO

Existen una serie de instituciones que disponen de financiamiento para el desarrollo de proyectos de plantaciones forestales comerciales. Entre ellas destacan FIRA, BANRURAL, NAFIN, FOCIR y FONAES. AGROASEMEX es la empresa del gobierno federal especializada en seguros para el campo.

LOGROS OBTENIDOS

Primera licitación (1997)

El PRODEPLAN llevó a cabo su primera licitación el 3 de abril de 1997. El monto subastado fue de 250 millones de pesos: 190 millones para proyectos

CUADRO 6.3. SUPERFICIES PLANTADAS Y PROGRAMADAS COMO RESULTADO
DE LA PRIMERA LICITACIÓN DE SUBSIDIOS DEL PRODEPLAN

CATEGORÍA PRODUCTIVA	PLANTADAS (ha)			PROGRAMADAS (ha)				TOTAL (ha)
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Materias primas celulósicas	342	2,168	3,319	1,150	8,111	8,111	8,111	31,312
Otras materias primas forestales maderables	1,018	760	552	1,925	4,053	3,783	3,742	15,833
Total	1,360	2,928	3,871	3,075	12,164	11,894	11,853	47,145

FUENTE. SEMARNAP 2000d. Subsecretaría de Recursos Naturales/Dirección General Forestal.

destinados a obtener productos y materias primas celulósicas y 60 millones para proyectos destinados a obtener productos y otras materias primas forestales maderables. Cabe señalar que esta fue la primera ocasión que las plantaciones forestales recibieron apoyos directos por parte del gobierno federal. La mayor cantidad de recursos se asignó a proyectos relativamente grandes. Los proyectos ganadores plantarán una superficie total de 47,846 hectáreas durante el periodo 1997–2003, de la cual en 31,312 hectáreas se trabajará para obtener materias primas celulósicas y en 16,534 hectáreas para obtener otras materias primas forestales maderables. A fines de 1999, se dio de baja uno de los proyectos, contemplado dentro de la categoría denominada otras materias primas forestales. Quedan once proyectos, destinados a plantar

47,145 hectáreas (cuadro 6.3). Dichos proyectos se encuentran desarrollándose principalmente en el sureste de México.

En el periodo de 1997–1999 se plantaron 8,159 hectáreas, de las cuales 71.44% correspondió a plantaciones para producir materias primas celulósicas y 28.56% para otras materias primas forestales maderables. También se integró el Padrón de Verificadores de Plantaciones Forestales Comerciales y se supervisó el cumplimiento de los compromisos establecidos en la primera licitación.

Segunda licitación (1999)

La segunda licitación del PRODEPLAN se llevó a cabo el 29 de octubre de 1999. El monto subastado fue de 185 millones de pesos: 110 millones para proyectos destinados a obtener productos y materias primas celulósicas y 75 millones destinados a obtener productos y otras materias primas forestales maderables. Los proyectos ganadores plantarán una superficie total de 10,069 hectáreas durante el periodo 1999–2007, de la cual 7,745 hectáreas están destinadas a obtener materias primas celulósicas y 2,324 hectáreas a obtener otras materias primas forestales maderables. En octubre del año 2000 se dio de baja uno de los proyectos, contemplado dentro de la categoría denominada «otras materias primas forestales». Quedan vigentes catorce proyectos mediante los cuales se plantarán 10,049 hectáreas (cuadro 6.4). La mayor parte de los proyectos se desarrollan en el sureste de México.

En 1999 se plantaron 39 hectáreas, adicionales a las programadas por los beneficiarios de la primera licitación. El 100% correspondió a las plantaciones para producción de otras materias primas forestales maderables (cuadro 6.4).

Adicionalmente se asignaron subsidios para la formulación de Informes de Forestación y Programas Integrados de Manejo Ambiental y Forestación a 22 proyectos, con una superficie de 1,063 hectáreas que se establecerán durante el periodo de 1999 al 2007.

CUADRO 6.4. SUPERFICIES PLANTADAS Y PROGRAMADAS COMO RESULTADO
DE LA SEGUNDA LICITACIÓN DE SUBSIDIOS DEL PRODEPLAN

CATEGORÍA PRODUCTIVA	PLANTADAS	PROGRAMADAS (ha)								TOTAL
	(ha)	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Materias primas celulósicas	0	245	500	1,000	1,500	1,500	1,500	1,500	0	7,745
Otras mate- rias primas forestales maderables	39	283	942	353	341	156	120	70	0	2,304
<i>Total</i>	<i>39</i>	<i>528</i>	<i>1,442</i>	<i>1,353</i>	<i>1,841</i>	<i>1,656</i>	<i>1,620</i>	<i>1,570</i>	<i>0</i>	<i>10,049</i>

FUENTE: SEMARNAP, 2000. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal.

Tercera licitación (2000)

El 20 de abril de 2000 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la convocatoria para una nueva licitación, la cual concluyó el 8 de noviembre del 2000 con la asignación de los subsidios. En esta tercera licitación se subastarían subsidios por 137 millones de pesos, con lo que se espera apoyar proyectos de plantaciones por alrededor de 25 mil hectáreas a establecerse en el periodo 2000–2007.

En esta licitación también se asignaron subsidios para la formulación de Informes de forestación y programas integrados de manejo ambiental y forestación a 51 proyectos por una superficie de 11,700 hectáreas que se establecerán durante el periodo de 2000 al 2007.

Superficie con plantaciones forestales comerciales y especies utilizadas

En la actualidad existen en México 34,934 hectáreas de plantaciones forestales comerciales, de las cuales 17,097 hectáreas corresponden a especies introducidas y 17,837 hectáreas a especies nativas. Por otro lado, cabe señalar que entre las especies más utilizadas destacan varias especies de pino (por ejemplo, *Pinus caribaea* y otras especies de pinos tropicales), varias de Eucalyptus (*E. urophylla*, *E. grandis*, *E. globulus*), maderas tropicales preciosas, como el cedro rojo (*Cedrella odorata*), la caoba (*Swietenia macrophylla*); especies introducidas como la teca (*Tectonia grandis*) y el árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*), primavera (*Tabebuia donnel-smithii*), entre otras.

Se estima que el programa de plantaciones forestales comerciales puede inducir la producción de 18 millones de m³ de madera por año (cifra superior en tres veces la producción del total nacional actual), la generación de 332 mil nuevos empleos, el ahorro o captación de nuevas divisas por más de 3 mil millones de dólares al año y la aportación de recursos fiscales por casi mil millones dólares anuales. Todo lo anterior a un costo estimado de 500 millones de dólares para ejercerse en un periodo de 25 años.

Tomando en cuenta la asignación de subsidios efectuada en 1997, se estima que las acciones del PRODEPLAN durante 1997–2000 conducirían a una captura neta de carbono a largo plazo de 2.37 millones de toneladas.

En el 2001 por vez primera se apoyó el desarrollo de plantaciones con especies maderables (bambú y palma camedor) y se agotó el total de los subsidios a asignar, logrando una participación masiva (se incrementó en 1,000% con respecto a años anteriores) sobre todo en el caso del sector social, siendo los principales participantes los agricultores, ganaderos, productores forestales e industrias forestales.

El 12 de julio, el C. Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales emitió una nueva circular que define el procedimiento para obtener la autorización para el establecimiento de plantaciones forestales comercia-

les, derogando la emitida el 30 de noviembre de 1999, que excedía los trámites contemplados en la Ley Forestal y en el Registro de Trámites Empresariales de la Secretaría de Economía.

RECONVERSIÓN DE TIERRAS AGRÍCOLAS A USO FORESTAL

PROGRAMA PARA LA DEFENSA DE LA FRONTERA FORESTAL

Aunado al PRONARE y al PRODEPLAN, el Programa para la Defensa de la Frontera Forestal promueve la incorporación de tierras agropecuarias de productividad marginal para que sean reincorporadas al uso agroforestal o forestal. Estas acciones de reconversión forestal se realizan en forma conjunta por SAGARPA y SEMARNAT, mediante el subsidio al PROCAMPO y al PRONARE.

La superficie total con uso agropecuario que actualmente podría incorporarse nuevamente al uso forestal o agroforestal se estima aproximadamente en 2 millones de hectáreas para las áreas templadas y tropicales, mientras que en las zonas áridas 0.5 millones de hectáreas con uso agrícola podrían ser reconvertidas a pastizales y matorrales propios de esas regiones.

El Programa para la Defensa de la Frontera Forestal y de Conservación de Suelos persigue los siguientes objetivos:

- Reducir la expansión de las actividades agropecuarias en las zonas forestales.
- Incorporar criterios de sustentabilidad en las actividades productivas agropecuarias y forestales.
- Elaborar instrumentos de planeación y normatividad.

Este programa ha impulsado, asimismo, dos estrategias principales:

- Los programas de manejo de tierras.
- Los proyectos demostrativos de tecnologías alternativas.

LOGROS OBTENIDOS

A partir de 1997 se inició la fase piloto del Programa de Manejo de Tierras, con un total de 10,758 hectáreas, principalmente para la conversión a uso agroforestal o forestal. Se han desarrollado proyectos demostrativos de técnicas alternativas, tales como la labranza de conservación, la intensificación ganadera, la agroforestería y la construcción de terrazas de muro vivo en centros piloto o en micro-cuencas.

Para el establecimiento de las 10,758 hectáreas se concertaron apoyos de PROCAMPO, PRONARE y PET, a otorgarse previo dictamen de la SEMARNAP. Con respecto a la defensa de la frontera forestal, los avances para 1997 fueron muy limitados en términos cuantitativos, dadas las causas estructurales profundas de la deforestación.

Entre las actividades en defensa de los recursos forestales que llevó a cabo la SEMARNAP en 1998, conjuntamente con SAGAR y ASERCA, se citan las siguientes:

- Definición de los mecanismos de operación de los Programas de Manejo de Tierras para los ciclos de primavera/verano de 1998 y otoño/invierno de 1999.
- Establecimiento de Programas de Manejo de Tierras en 15,923 hectáreas para la reconversión a uso forestal de tierras de baja productividad agrícola.
- Aplicación y difusión de 30 tecnologías para restaurar y conservar los suelos en 21 centros piloto.
- Instrumentación de 26 prácticas de manejo sustentable y de restauración y conservación de los recursos naturales.
- Gestión de recursos con PRONARE, CONAZA, SAGAR, SEDESOL y gobiernos locales.

Durante 1999, la SEMARNAP enfocó sus esfuerzos en zonas que carecen de alternativas económicas. Los campesinos se han visto obligados a desa-

rollar actividades agropecuarias en terrenos poco productivos o inadecuados, lo que conlleva a que se dejen de utilizar diversos productos que ofrecen las selvas, los bosques y la vegetación de zonas áridas.

El Programa Intersecretarial de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva (PASRE) se ha instrumentado desde 1999 para mejorar la sustentabilidad de las prácticas agroproductivas y disminuir y controlar el uso del fuego en las actividades agropecuarias. Este programa constituye un impulso importante del gobierno federal para conservar los recursos naturales y prevenir los incendios forestales causados por el uso del fuego agropecuario. Se ha considerado de alta prioridad atender a los sistemas productivos correspondientes a la agricultura migratoria, en particular la roza-tumba-quema en el trópico. Asimismo, se consideró importante desarrollar acciones encaminadas a controlar la quema de pastos en las zonas templadas y de esquilmos agrícolas en todo el país.

Este gran esfuerzo no sería posible sin la concurrencia de instancias gubernamentales como la SAGARPA, SEMARNAT y SEDESEOL, de los gobiernos estatales y municipales, del Fideicomiso de Riesgo Compartido y otros apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria.

Durante 1999, con una inversión superior a los 400 millones de pesos, el PASRE apoyó 1.3 millones de hectáreas, principalmente en 32 regiones tropicales del sureste mexicano y en nueve regiones templadas del centro y norte del país, cubriendo principalmente 19 estados de la República. Con estas acciones coordinadas se ha beneficiado a más de 348 mil productores de 4 mil comunidades de 620 municipios del país (cuadro 6.5).

Según estimaciones del Centro Nacional Para la Prevención y Combate de Incendios Forestales, las acciones desarrolladas por el PASRE han contribuido a disminuir incendios forestales provocados por el uso del fuego en actividades agropecuarias en 18.5% con respecto a 1998, descontando el efecto benéfico de las condiciones climatológicas de ese año. Tan sólo en

CUADRO 6.5. SUPERFICIE ATENDIDA EN CADA UNA DE LAS MODALIDADES
DEL PASRE DURANTE 1999

SUBPROGRAMA	HECTÁREAS BENEFICIADAS	SUBPROGRAMA	HECTÁREAS BENEFICIADAS
Sedentarización de la agricultura:	228,764	Mejores prácticas agrícolas	466,590
· Modalidad integral	102,782	· Conservación de suelos	20,000
· Roza-pica-limpia	89,892	· Prácticas agrícolas adecuadas	146,590
· Uso de cultivos de cobertera	25,951	· Labranza de conservación	300,000
· Enriquecimiento de acahuales	4,037	· Obtención de forrajes en zonas templadas	659,226
· Agroforestería tropical	5 ,126	· Producción de forrajes-brechas corta fuego en zonas templadas	543,329
· Ganadería intensiva en el trópico	976	· Mejoramiento de praderas	100,241
		· Agroforestería en zonas templadas	15,656
		<i>Total</i>	<i>1,354,580</i>

FUENTE: SAGAR. Dirección General de Desarrollo Rural (2000).

el sistema de roza-tumba-quema, las acciones efectuadas permitieron reducir en más de 57% la superficie que tradicionalmente se utilizaba el fuego como herramienta de trabajo.

Los efectos del programa —que conlleva el desarrollo de sistemas de producción sustentable basadas en la diversificación de las actividades— se han traducido en un incremento de la productividad, lo que genera nuevas oportunidades de empleo e ingreso y permite el arraigo y estabilización de los sistemas itinerantes, además de los consecuentes beneficios en el manejo y conservación de los recursos naturales.

Dentro de los *proyectos demostrativos de tecnologías alternativas* se evaluaron 21 proyectos micro-regionales, con el propósito de transferir experiencias exitosas a otras áreas. Se han evaluado y difundido 45 alternativas tecnológicas para la restauración y conservación de los suelos, articulando el conocimiento tradicional y el técnico. Otras acciones vinculadas con el Programa de Defensa de la Frontera Forestal son el dictamen de 220 parcelas para evitar el parcelamiento individual de áreas forestales y su consecuente posible deforestación en el estado de Campeche.

Los avances obtenidos hasta 1999 han permitido consolidar un marco integral de atención al recurso suelo. Con el manejo sustentable del suelo —en las diferentes actividades productivas que requieren usar la «tierra» como base natural de producción— se ha contribuido a la defensa de la frontera forestal.

Con base en estudios académicos coordinados por el INE en el 2000, se estimó que las acciones de reconversión forestal durante el periodo 1997–2000 conducirían a una captura neta a largo plazo de 3.32 millones de toneladas de carbono.

CONSERVACIÓN DEL CARBONO FIJADO EN LA VEGETACIÓN FORESTAL Y EN EL SUELO

Esta categoría incluye todas las medidas dirigidas a conservar la biomasa existente a través del control de la actual tasa de deforestación, de la reducción de los factores de riesgo y del apoyo a la regeneración natural de bosques y selvas.

CONTROL DE LA DEFORESTACIÓN

La deforestación es un proceso que afecta de manera negativa la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. La reducción de la cubierta vegetal ocasiona problemas como modificaciones en los ciclos hídricos y cambios regionales de los regímenes de temperatura y precipitación, favoreciendo con ello el calentamiento global, la disminución en el secuestro de CO₂, y la pérdida de hábitats o la fragmentación de los ecosistemas. La deforestación es una causa de pérdida de diversidad biológica a nivel genético, poblacional, ecosistémico y nacional.

En México, la deforestación es un problema que se ha presentado desde tiempos precolombinos; sin embargo, de acuerdo con estadísticas reunidas por varias fuentes, durante las últimas cuatro décadas este proceso se ha incrementado dramáticamente. Sin embargo, existe una gran incertidumbre sobre las estimaciones de las tasas de deforestación, dado que a escala nacional varían desde 370 mil a 1.5 millones de hectáreas para la década de los años ochenta.

Con base en varias fuentes, el Inventario Nacional Forestal Periódico señala que hasta mediados de la década de los noventa se había perdido casi la mitad de la superficie arbolada del país. Se considera que la superficie forestal arbolada era originalmente de 98 millones de hectáreas, y para 1995 se había reducido a 55.3 millones de hectáreas, lo que significa una pérdida de 45% de la superficie arbolada de nuestro país (Varela, 1998).

El cambio de uso de suelo forestal a otros usos ha sido la causa principal de la eliminación de la vegetación por la expansión de las fronteras agrícola y pecuaria. La expansión agrícola más acelerada ocurrió en Yucatán, Quintana Roo y Chiapas, mientras que la ganadería creció más en Quintana Roo y Campeche en magnitud relativa (CONAF, 1998). Otras causas dominantes del proceso de deforestación son la tala clandestina y los incendios, principalmente aquellos inducidos por el hombre para aumentar la productividad de los pastos destinados al ganado.

De acuerdo con la SEMARNAP (2000f), los factores de contención de la deforestación en México son:

- Contener la expansión de la ganadería extensiva de bovinos en el trópico húmedo.
- No instrumentar megaproyectos agropecuarios en áreas forestales.
- No repartir tierras boscosas para crear ejidos.
- Disminuir la expansión de la frontera agrícola.
- Promover el desarrollo institucional en materia de gestión de recursos naturales.

Asimismo, la SEMARNAP (2000f) señaló como factores de riesgo potencial de la deforestación en México:

- La expansión de la ganadería extensiva de caprinos en ejidos y comunidades marginadas, sobre todo en el trópico subhúmedo.
- Posibles efectos indeseables de la instrumentación de programas de desarrollo agropecuario, tales como PROCAMPO, PRODUCE y PROCEDE.
- La instrumentación de proyectos de infraestructura y de turismo.
- El crecimiento y proliferación de asentamientos humanos y zonas industriales.
- El posible crecimiento del mercado para la carne de res, que podría estimular la ganadería extensiva de bovinos.

El Programa para la Defensa de la Frontera Forestal es un componente de suma importancia dentro del Programa Forestal y Suelos 1995–2000 (SEMARNAP, 1996b), el cual integró diversas acciones encaminadas a prevenir la deforestación y, en lo posible, a recuperar las áreas forestales degradadas. La recuperación de la frontera silvícola implica restaurar los terrenos degradados y realizar labores de prevención mediante un manejo adecuado tanto de los bosques como del suelo mismo.

El Programa para la Defensa de la Frontera Forestal consideró la integración de un adecuado marco normativo, la aplicación de incentivos directos, la prestación de servicios de asistencia técnica y una divulgación que permita a los productores utilizar las mejores tecnologías en el

manejo de sus tierras. Una de las líneas de acción del citado programa consiste en la ampliación de la capacidad operativa para regular los cambios de uso del suelo. Durante el periodo 1995–1997 se emitieron autorizaciones para cambio de uso del suelo por un total de 8,800 ha, pero por otro lado se restauraron aproximadamente 4,157 hectáreas, como compensación al cambio registrado.

No obstante los esfuerzos realizados, la proporción de la superficie que cambia de uso del suelo en forma legal es mínima, en comparación con la que tiene lugar en forma clandestina, que generalmente ocurre por la expansión de las áreas agropecuarias, más como resultado del crecimiento demográfico que de una política que favorezca los desmontes. Por esta razón, otra línea de trabajo tiene que ver con la transferencia de tecnologías que permitan intensificar la agricultura y la ganadería campesinas, con el objetivo de lograr mejores rendimientos sin necesidad de ocupar superficies adicionales. Tal es el caso del Programa de Mejoramiento Agroecológico de la Producción Campesina, que aún está en etapa de planificación que consistirá en una serie de apoyos para fomentar la sedentarización de la agricultura migratoria en las regiones tropicales del país.

La conservación del patrimonio forestal se basa en el fortalecimiento de los programas de protección y vigilancia, así como en la aplicación de las sanciones correspondientes a los delitos ambientales. La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) elaboró el Programa Nacional de Inspección y Vigilancia Forestal 1998–2000, en el que se señalaron los objetivos, estrategias, metas y acciones correspondientes en materia de inspección y vigilancia, acordes con la realidad del sector forestal de nuestro país.

Se estima que en el periodo 1998–2000, las acciones de fomento y aplicación de la normatividad eviten la deforestación de una superficie de 35 mil hectáreas por año, con la reducción de 9.16 millones de toneladas de carbono a la atmósfera.

PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN FORESTAL

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La política de las áreas naturales protegidas (ANP) se inicia en México en 1876. En la actualidad, se cuenta con 130 áreas decretadas. Las ANP son el instrumento total en la conservación de la biodiversidad. Su declaratoria, manejo y administración ha revelado una enorme capacidad como instrumento de política ecológica.

Las ANP constituyen porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional, representativas de los diferentes ecosistemas y de su biodiversidad. En ellas, el ambiente original no ha sido esencialmente alterado por el hombre y están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo. En cierta forma, son unidades productivas estratégicas, generadoras de una corriente vital de beneficios sociales y patrimoniales que deben ser reconocidos y valorizados, cuyo establecimiento y operación continua implica costos.

Durante la administración anterior, la protección de las ANP adquiere una enorme importancia. Por primera vez se publica el *Programa de Áreas Naturales Protegidas en México 1995-2000*, el cual recuperó la experiencia acumulada por años de los conservacionistas mexicanos y la incorpora en su ejecución. A partir de 1995 se publicaron los programas de manejo, instrumentos que regulan los objetivos, políticas, estrategias, zonas y actividades relativas a la conservación, protección, aprovechamiento e investigación en las ANP.

En 1994 se disponía de sólo 10.9 millones de pesos para gastos de inversión. Año con año, este presupuesto se fue incrementando. Además del recurso fiscal, en 1999 se otorgaron otros recursos económicos por parte de organizaciones conservacionistas y empresas privadas, del orden de 150 millones de pesos, para ser aplicados en varios años. Los recursos

económicos actuales ascienden en total para el año 2000 a 157 millones de pesos (147 millones de recursos fiscales y 10 millones del Fondo de Áreas Naturales Protegidas), más lo que la iniciativa privada siga aportando (INE – SEMARNAP, 2000).

Haciendo un balance del estado actual de las ANP, debe señalarse que la superficie bajo status de protección en 1994 era de 13.4 millones de hectáreas y hasta finales de octubre del año 2000 se han decretado en el país 127 ANP de diferentes categorías, las cuales abarcan una superficie de 1 millones de hectáreas (INE – SEMARNAP, 2000; Información no publicada de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas).

El establecimiento de las áreas naturales protegidas tiene por objeto:

- Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles.
- Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres, asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad.
- Asegurar el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sus elementos.
- Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio.
- Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas.
- Proteger zonas forestales en montañas donde se originen torrentes y el ciclo hidrológico de cuencas.
- Proteger los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos, históricos y artísticos, así como zonas turísticas y otras áreas de importancia para la recreación, la cultura e identidad nacionales y de los pueblos indígenas.

Categorías de manejo de las ANP:

- Reservas de la biosfera
- Parques nacionales

- Monumentos naturales
- Áreas de protección de recursos naturales
- Áreas de protección de la flora y de la fauna
- Santuarios

LÍNEAS ESTRATÉGICAS DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Consolidación de las ANP existentes. Consiste fundamentalmente en el manejo eficiente de las áreas naturales sometidas a estatuto de conservación, mediante mejores y mayores recursos materiales y humanos, y mediante el fortalecimiento de los mecanismos de gestión.

Ampliación progresiva de la superficie bajo estatus de protección. Implica la ampliación de la cobertura representativa de las ANP, a fin de que exprese la extensa riqueza de la biodiversidad nacional. Se han determinado regiones prioritarias terrestres, marinas e hidrológicas por proteger, de acuerdo con su diversidad biológica.

Logros obtenidos

La actividad que mayor desarrollo ha experimentado en los últimos seis años es la atención a las áreas naturales protegidas. Durante el periodo 1995–2000 se decretaron 35, con una superficie de 3.37 millones de hectáreas.

En número, la categoría de parques nacionales ocupa la mayoría de las ANP (66), casi todas ellos decretados durante el periodo del presidente Lázaro Cárdenas. Pero en cuanto a superficie, las reservas de la biosfera abarcan 60% de la superficie nacional bajo protección (cuadro 6.6). Durante la década de los años 90 se decretaron 21 reservas de la biosfera (53.76%) (INE – SEMARNAP, 2000).

Durante la administración 1995 - 2000, las ANP han sido objeto de atención prioritaria en 36 áreas seleccionadas en función de su importancia, extensión y representatividad. Las ANP seleccionadas como prioritarias cubren 80% de la superficie decretada bajo protección, en las que se localiza la mayor diversidad del patrimonio natural de México, incluyendo una notable representación de las especies de flora y fauna consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. Para su cuidado, se les ha asignado recursos crecientes, personal especializado, infraestructura y equipamiento.

CUADRO 6.6. SITUACIÓN DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE MÉXICO

CATEGORÍA	NÚMERO	SUPERFICIE (ha)
Reserva de la biosfera	32	9,944,837
Parque nacional	66	1,346,404
Monumento natural	4	14,093
Áreas de protección de flora y fauna	23	4,482,344
Áreas de protección de recursos naturales	1	183,608
Áreas por recategorizar	4	602,221
<i>Total</i>	<i>130</i>	<i>16,573,507</i>

FUENTE: SEMARNAP-INE, 2000.

En 1999, la SEMARNAP inició el Sistema de Información Geográfica de las ANP, a fin de tener información precisa y actualizada en cuanto a su ubicación y superficie. Existe una base de datos de 127 ANP, que ha permitido cuantificar el porcentaje del territorio nacional que posee alguna categoría

de protección (6.63%), el porcentaje del mar territorial que ocupan actualmente las ANP (17%), así como determinar los tipos de ecosistemas que se hayan representados en cada una de las áreas y el porcentaje que éstos representan. El sistema mencionado coadyuvará a precisar la superficie real de las ANP y, en general, a sistematizar y divulgar la información del Sistema de Áreas Naturales Protegidas.

En los estudios académicos coordinados por el INE se estimó que durante el periodo 1995–2000 las acciones dirigidas a las áreas prioritarias impidieron una deforestación de 312 mil hectáreas, entre selvas, bosques y vegetación semiárida. Esto podría evitar la emisión de 42.15 millones de toneladas de carbono, al conservarse este último en la vegetación y suelos de las áreas naturales protegidas.

En este año se publicaron en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF), los avisos de decreto para incorporar nuevas ANP: Cañada de las Brisas, Guerrero e islas de la Pajarera Cocinas, Mamut, Colorada, san Pedro, san Agustín, san Andrés, Negrita y los islotes Los Anegados, Novillas, Mosca y Submarino, en Jalisco. Una vez que se publiquen los decretos de estas zonas, más los de otras cuyos avisos aparecieron entre junio y noviembre de 2000 (*Otoch Ma'Ax Yétel Koo*, Quintana Roo, volcán de Tacaná, Chiapas, Ciénega de Lerma, México, Isla de san Pedro Martir, Baja California, Archipiélago de san Lorenzo, Baja California, Archipiélago de Espíritu Santo, Baja California Sur, y por último, la integración de la superficie de Sierra de Ajos, Sonora, se alcanzarán las 340,147 ha. De esta manera, el número de áreas naturales protegidas llegará a 135, y la superficie total protegida a 17,396,753 ha, el 8.7% del territorio nacional.

UNIDADES PARA LA CONSERVACIÓN, MANEJO
Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA VIDA SILVESTRE

México está considerado como un país megadiverso, ya que forma parte de los doce países que en conjunto albergan 60 y 70% de la diversidad

biológica del planeta. Por sí sólo, nuestro país reúne al menos 10% del total de las especies vivas. Mientras el *Programa de Áreas Naturales Protegidas* concentra las acciones de conservación de la biodiversidad en un grupo selecto de lugares, el *Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000* permitió inducir formas de conservación en grandes extensiones del país.

Los objetivos del programa consistieron en mantener la continuidad de los procesos naturales en todos los ecosistemas, promover la conservación del hábitat de vida silvestre, disminuir las probabilidades de extinción de especies y fomentar la recuperación de aquellas que se encuentran en riesgo, así como aprovechar las oportunidades de diversificación económicas para el sector rural, con el consiguiente mejoramiento de la calidad de vida de los grupos sociales que poseen dicho recurso.

El principio rector del programa estriba en asumir que la mejor forma de conservar un recurso consiste en hacerlo objeto de una utilización sustentable y, en consecuencia, de una valoración económica y de una apropiación real por parte de sus poseedores o custodios. En la medida en que la población poseedora del recurso encuentre incentivos para preservar, manejar y aprovechar de manera sustentable las especies silvestres, se logrará el abandono de algunas prácticas agrícolas o ganaderas que, además de depredadoras y no sustentables, resultan poco redituables. De esta forma, el programa busca reforzar y hacer compatible la conservación de la biodiversidad con las actividades de producción y desarrollo socioeconómico en el sector rural.

La complejidad de las condiciones topográficas, climáticas, biológicas y culturales de México representa un verdadero reto para las labores de gestión y conservación de la vida silvestre. Una de las principales estrategias del Programa ha consistido en crear y operar las Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA), que permiten la reproducción y el aprovechamiento ordenado y regulado de los recursos de flora y fauna silvestres. En esta categoría única se han incorporado diversos conceptos antes dispersos, tales como ran-

chos cinegéticos, parques zoológicos, centros de reproducción, viveros y jardines botánicos, entre otros, lográndose la modernización de la gestión y la simplificación de trámites administrativos.

SITUACIÓN DE LAS UMA

El registro de las UMA, en su modalidad de manejo de hábitats, refleja una notable tasa de crecimiento. En 1995 existían tan sólo 586 UMA, que cubrían una superficie de dos millones de hectáreas, mientras que para fines de 1997 se contaba con un total de 917 unidades, con una superficie total de seis millones de hectáreas, que representaban 3.1% de la superficie total del país (cuadro 6.7).

CUADRO 6.7. EVOLUCIÓN DE LAS UMA DE 1995–2000

CONCEPTO	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Número de UMAS	586	839	917	2,027	2,959	3,129
Superficie (millones de ha)	2.0	4.0	6.0	10.0	12.7	14.1
% respecto a la superficie total	1.0	2.1	3.1	5.1	6.5	7.2

FUENTES: SEMARNAP 1997b, 1998b y 1999b. Programas de trabajo: 1997, 1998, 1999 y 2000f.

Para 1998 el Sistema de Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (SUMA) incorporaba 2,027 unidades, con una superficie de 10 millones de hectáreas, la cual representa poco más de 5% de la superficie total del país (continental e insular) que se encuentra bajo un esquema de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable (cuadro 6.7).

A mediados de junio del año 2000, el SUMA tenía incorporado un total de 3,129 UMA, con una superficie acumulada de 14.1 millones de hectáreas. La extensión cubierta es ahora equivalente al total de las áreas naturales protegidas terrestres bajo jurisdicción federal. Esto representa 7.2% de la superficie total del país, tomando en cuenta que la superficie total es de cerca de 194.3 millones de hectáreas (cuadro 6.7).

Por otro lado, también se ha registrado un incremento con respecto a las unidades de manejo intensivo de especies de fauna, ya que el número de registros se incrementó de 172 unidades en 1995 a 355 unidades en 1997. Asimismo, se incrementó a 730 el número de especies cuya reproducción se logra. En el caso de la flora silvestre, se pasó de 23 unidades registradas en 1995 a 136 en 1997.

Bajo el esquema de las UMA, 45 especies o grupos de especies silvestres mexicanas se conservan y aprovechan en su hábitat original, mientras que cerca de un centenar de especies silvestres son objeto de manejo en cautiverio.

Asimismo, las UMA abarcan todos los climas del país, tales como los templados, tropicales, áridos y semiáridos. No obstante la variedad de tipos de vegetación representados, en la actualidad en el Sistema de UMA predominan los tipos de vegetación propios de las regiones áridas y semiáridas. Bajo el esquema de protección de las UMA, aproximadamente 65 especies o grupos de especies silvestres mexicanas se conservan y aprovechan en su hábitat natural, mientras que 160 especies silvestres se manejan bajo condiciones de cautiverio.

Se conformaron Consejos Técnicos Consultivos de Vida Silvestre para los estados de Sonora, Nuevo León y Chihuahua, con la participación de los sectores académico, público, privado y social. Desde el inicio del Programa se han concertado 48 convenios con organizaciones civiles y centros de educación superior relacionados con la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre. Por otro lado, se han descentralizado, transfiriéndose la gestión a organizaciones y gobiernos locales, algunos

de los centros integrales para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre.

MANEJO SUSTENTABLE DE BOSQUES Y SELVAS

PROGRAMA DE DESARROLLO FORESTAL (PRODEFOR)

El Programa Nacional Forestal y de Suelos 1995–2000 incluyó entre sus prioridades el Programa de Desarrollo Forestal (PRODEFOR). Se trata de un programa de apoyo directo a los productores forestales, con recursos provenientes de los gobiernos federal y estatales, orientado a la asistencia técnica, el mejoramiento de los métodos de cultivo, la extracción, la transformación y la protección de los recursos forestales, además de la capacitación.

El PRODEFOR ha propiciado la incorporación al manejo sustentable de superficies forestales, en particular bosques templados, selvas en trópico seco y húmedo, así como superficies cubiertas con vegetación de zonas áridas, lo que ha contribuido a detener la deforestación y a recuperar la frontera silvícola. Asimismo, este programa ha adoptado como estrategias el incremento de la superficie bajo aprovechamiento, el aumento de la productividad y el valor agregado, así como la diversificación de especies y usos. En todos los estados de la República Mexicana se han publicado convocatorias para que los productores soliciten subsidios al programa.

Los objetivos de este programa son:

- Mejorar el manejo técnico y la conservación de los recursos forestales.
- Impulsar la modernización tecnológica de los procesos industriales y el aumento de la productividad y la competitividad.
- Promover el mejoramiento de las condiciones socioeconómicas en las áreas rurales forestales.
- Aumentar la participación del sector forestal en la economía local y nacional.

Categorías productivas

- Productores potenciales.
- Productores que venden en pie.
- Productores de materias primas forestales.
- Productores con capacidad de transformación y comercialización.

PARTICIPACIÓN SOCIAL

El PRODEFOR es un programa incluyente de todos los campesinos forestales del país. En los estados debe constituirse un Subcomité de Desarrollo Forestal donde participen la mayoría de los productores representados por medio de sus organizaciones. Este subcomité se constituirá en el seno del Consejo Técnico Consultivo Forestal de la entidad de que se trate y en él intervendrán además de los productores, el gobierno del estado y la SEMARNAT, entre otras instituciones y dependencias que se considere provechoso para los objetivos que persigue dicho programa.

BENEFICIARIOS ELEGIBLES

Son elegibles para acceder a los subsidios del PRODEFOR, los ejidos, comunidades y pequeños propietarios, así como las sociedades que éstos constituyan entre sí para el aprovechamiento sustentable, la transformación y la comercialización de materias primas forestales y productos forestales maderables o no maderables.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUBSIDIOS

Los subsidios del PRODEFOR se asignan de manera diferenciada por categoría del productor.

CUADRO 6.8. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUBSIDIOS DEL PRODEFOR

CATEGORÍA PRODUCTIVA	MONTO DEFINIDO PARA CADA CONCEPTO (%)	
	CON APORTACIÓN ESTATAL*	SIN APORTACIÓN ESTATAL*
Productores potenciales	90	63
Productores que venden en pie	80	56
Productores de materias primas	65	45
Productores con capacidad de transformación y comercialización	50	35

* En ambos casos el beneficiario deberá aportar el porcentaje restante para cubrir el costo total de la actividad subsidiada. SEMARNAP, 2000.

La entrega de los subsidios se realiza de acuerdo con:

- Disponibilidad del recurso.
- Sólo una vez por concepto a cada beneficiario.
- Antes del 2000 se otorgaban sólo dos conceptos de apoyo en un mismo año a cada beneficiario. A partir del 2000 se otorgan apoyos hasta por cuatro conceptos en un mismo año a cada beneficiario.

LOGROS OBTENIDOS

En los cuatro años de ejercicio del PRODEFOR, de 1997 al 2000, el Programa estimó haber otorgado apoyos a 14,242 ejidos, comunidades y pequeños propietarios, por un monto total de 537.4 millones de pesos.

En 1997, el Programa otorgó apoyos a 767 beneficiarios por un monto de 23.3 millones de pesos, mientras que en 1998, los resultados preliminares indican que se otorgaron subsidios a 1,875 beneficiarios por un monto

de 61 millones de pesos. Para 1999 y 2000, con base en las metas programadas del PRODEFOR, se pensó entregar apoyos a 5,800 beneficiarios en cada uno de los ejercicios, por un total de 452.4 millones de pesos.

Al concluir el otorgamiento de los apoyos del PRODEFOR en beneficio de los ejidos, comunidades y pequeños propietarios forestales, el Programa habrá alcanzado los siguientes resultados:

- 2.6 millones de hectáreas incorporadas al manejo forestal sustentable en bosques y selvas.
- 900 mil hectáreas incorporadas al aprovechamiento de productos forestales no maderables en zonas áridas y semiáridas.
 - Incremento de la producción maderable en 5.1 millones de m³r.
 - Realización de prácticas de mejoramiento silvícola en 44 mil hectáreas.
 - Ejecución de acciones de protección y restauración en 32 mil hectáreas.
- Capacitación de 22 mil productores.
- Elaboración de 340 estudios de diversificación productiva, que permitirán identificar y determinar la viabilidad para desarrollar otras alternativas de uso de los recursos forestales, como pueden ser proyectos de ecoturismo, unidades de manejo de vida silvestre y agroforestería, entre otras.

Aunque su alcance inicial es modesto, se trata del primer programa en su tipo que el gobierno federal haya establecido. Además de beneficiar en forma directa a los ecosistemas forestales y a sus habitantes, rendirá frutos indirectos por los múltiples servicios ambientales que provee la vegetación natural: conservación de la biodiversidad, captación de agua, retención de suelo, disminución de azolves, conservación paisajística y opciones de recreación.

En los estudios académicos coordinados por el INE, se menciona que para el periodo 1997–2000, el PRODEFOR apoyaría la integración eficiente de las cadenas productivas silvícolas en más de siete millones de hectáreas. Suponiendo una completa instrumentación del programa, la captura de

carbono se estimaría en 288.24 millones de toneladas, de los cuales a los bosques naturales le corresponde 237.14, a las selvas 26.97 y a la vegetación de zonas áridas 24.13 millones de toneladas de carbono.

En este año se actualizó el Padrón de Prestadores de Servicios Técnicos acreditados en el PRODEFOR, el cual se integra por 746 técnicos.

Para la preparación del ejercicio 2001, se efectuaron las siguientes acciones:

- Se realizó la consulta, elaboración y publicación en el DOF el 28 de febrero de 2001, de la calendarización de recursos y distribución de la población objetivo.

- Se realizó la consulta, elaboración y publicación en el DOF el 15 de marzo de 2001, de las Reglas de Operación autorizadas por la SHCP.

- Se renovó la clave de registro del Fideicomiso para el Desarrollo Forestal.

- Se elaboró la Manifestación de Impacto Regulatorio e inscripción del trámite ante la Comisión Federal de Mejora Regulatoria

- Se integró el Catálogo de Municipios de Interés Especial y publicación en el DOF el 30 de marzo de 2001.

- Se diseñó el material de difusión.

- Se realizó la invitación, análisis y selección de propuesta para la evaluación externa del Programa.

- Se diseñaron y distribuyeron los formatos de solicitudes.

- Se obtuvo el dictamen de congruencia con los convenios de desarrollo social SEDESOL, al proyecto de Acuerdo de Coordinación.

- Se elaboró el proyecto de convenio a suscribir con organizaciones sociales de productores para la difusión del Programa.

- Se concertó la participación de 30 entidades que aportarán un total de 56.0 millones de pesos, correspondiendo a la federación aportar 131.0 millones, para un total de 187.0 millones de pesos para su asignación en el 2001.

- Se emitieron convocatorias a productores en 25 entidades.

La SEMARNAT, en coordinación con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), avanzó en el desarrollo del

Sistema de Información para la Reforestación (SIRE), con el que se busca dar respuesta a las necesidades de apoyo técnico para la planeación de las acciones de reforestación en todo el país.

PROGRAMAS DE DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE

Dentro de los Programas prioritarios, se le ha dado especial impulso al Desarrollo Regional Sustentable (PRODER), cuya misión es la de contribuir a la transformación de las regiones pobres marginadas, mejorando las condiciones de vida de sus habitantes a través del incremento de la productividad e ingreso, al mismo tiempo que se detiene el deterioro ambiental y se mejoran las técnicas de aprovechamiento y conservación de los recursos naturales.

En este renglón se desarrollaron y aplicaron modelos integrales de conservación y manejo de recursos naturales orientados al desarrollo sustentable, en más de 250 comunidades campesinas de distintas zonas agroecológicas del país. La superficie impactada por este tipo de programas, asciende a más de 15,076 hectáreas; 3,076 se encuentran bajo programas de conservación y restauración de suelos y 12,000 incorporadas al manejo sustentable de la vida silvestre.

De manera paralela, se han iniciado procesos de capacitación, reconversión y transferencia de tecnología dentro de las comunidades, lo que beneficia a más de 1,600 personas además de otras 3,654 que están siendo apoyadas por los Programas de Empleo Temporal, con una inversión de 14.7 millones de pesos.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

La misión y visión así como sus objetivos institucionales se inscriben en el contexto de los ejes rectores de la política del ejecutivo federal expresados en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006.

Los objetivos se orientan al esfuerzo para lograr un crecimiento que permita abatir la pobreza y que abra espacios a los emprendedores, a promover un crecimiento sustentable que proteja y acreciente el capital natural de nuestra nación y a alcanzar el bono de la sustentabilidad ambiental que necesita.

Bajo la premisa de fortalecer la cultura de cuidado del medio ambiente para no comprometer el futuro de las nuevas generaciones se pretende crear condiciones para un desarrollo sustentable, mediante «El fortalecimiento de la investigación científica y la innovación tecnológica para apoyar tanto el desarrollo sustentable del país como la adopción de procesos productivos y tecnologías limpias», «Mejorar el desempeño ambiental de la administración pública federal» y «Continuar en el diseño y la implementación de la estrategia nacional para el desarrollo sustentable».

En el área destinada a los factores condicionales del Crecimiento con Calidad, se tienen como objetivos direccionales «Elevar y extender la competitividad del país». «Asegurar el desarrollo incluyente», «Promover el desarrollo económico regional equilibrado» y «Crear condiciones para un desarrollo sustentable».

Estos objetivos sustentan el desempeño de sus programas y las metas comprometidas, a pesar de haber iniciado el proceso de creación e instrumentación después del primer cuatrimestre del 2001, podemos informar sobre la base de resultados satisfactorios y sobresalientes.

En este contexto de consolidación operativa y de transferencia de programas, recursos y presupuestos, continuaremos con gran esfuerzo y respeto para alcanzar todas las metas programadas con nivel de satisfacción en su cumplimiento para bien del sector y la población beneficiaria.

La CONAFO tiene ahora bajo su responsabilidad el Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) y Programa de Desarrollo Forestal (PRODEFOR).

PROYECTO DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SUSTENTABLE
DE RECURSOS FORESTALES EN MÉXICO (PROCYMAF)

Reconociendo la gran necesidad de adoptar una política regional para el desarrollo del sector forestal, se ha establecido el PROCYMAF. Se trata de un proyecto financiado parcialmente con recursos del Banco Mundial (BM), tiene como meta principal fortalecer la puesta en marcha de la estrategia de desarrollo sustentable de la Semarnat a través del impulso de esquemas para: i) mejorar el aprovechamiento y conservación de recursos naturales por parte de comunidades y ejidos forestales; y ii) generar y aumentar las opciones de ingresos de los propietarios con base en sus recursos forestales.

El PROCYMAF se orienta principalmente a brindar elementos de asistencia técnica y capacitación para asegurar una participación directa de los dueños y poseedores de los recursos forestales en el aprovechamiento de sus recursos con base en los principios siguientes:

- Definición y ejecución a partir de la demanda.
- Operación descentralizada.
- Participación comunitaria permanente.
- Beneficios de corto y largo plazo.
- Seguimiento y evaluación.
- Flexibilidad para ampliar la cobertura y modificar el esquema de

atención.

El proyecto se lleva a cabo a nivel piloto y opera principalmente en el estado de Oaxaca, aunque también se apoyan acciones a nivel nacional, en particular en los estados de Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco y Michoacán, que son prioritarios en la producción forestal del país.

OBJETIVOS

El objetivo general del proyecto es apoyar la instrumentación de la nueva estrategia gubernamental de manejo sustentable y la conservación de los recursos naturales y contribuir a mejorar las actividades para el aprovechamiento y conservación de los recursos forestales, promover el bienestar de ejidos y comunidades forestales e incrementar la participación del sector en la economía local y nacional.

COMPONENTES DEL PROYECTO

El PROCYMAF se encuentra estructurado en cuatro componentes para instrumentar su estrategia y objetivos:

Asistencia técnica a comunidades y ejidos. A través de este componente se apoyan actividades de promoción, asistencia técnica, investigación y capacitación a productores. Los estudios de asistencia técnica que se financian incluyen:

- Elaboraciones y actualizaciones de programas de manejo forestal.
- Estudios complementarios a los programas de manejo.
- Estudios de eficiencia y mercado.
- Estudios de ordenamiento territorial.
- Estudios especiales y de investigación.
- Estudios de conservación.

Adicionalmente, se realizan foros regionales de promoción a través de los cuales se detecta la demanda de asistencia técnica y de capacitación. En materia de capacitación se ofrecen cursos dirigidos a productores forestales tendientes a fortalecer su capacidad de gestión para el manejo sustentable de los recursos naturales, habilidades y destrezas y la formación de cuadros técnicos comunitarios. En esta materia se ofrecen también seminarios de comunidad a comunidad por medio de los cuales se fomenta el intercambio de experiencias

entre organizaciones de productores forestales de todo el país con la finalidad de estimular mecanismos de cooperación técnica en materia forestal.

Fortalecimiento de la capacidad de servidores técnicos. Para cubrir este componente se ha integrado un Padrón de Prestadores de Servicios Técnicos y Profesionales con aquellos prestadores que han cumplido con el requisito de haber cursado un seminario de selección y orientación. Asimismo, se ha diseñado un Programa de Educación Continua (PEC), con base en las necesidades de especialización y actualización de los diferentes perfiles profesionales que requiere el sector forestal. Desde 1999, el PEC ha sido operado por el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Promoción de productos forestales alternativos. Se promueve el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento, transformación y comercialización de productos forestales no maderables y maderables no tradicionales (PFNM), a escala regional. Para alcanzar este objetivo se elaboraron diagnósticos de dichos productos en bosques templados, tropicales y vegetación de zonas áridas en los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

Fortalecimiento institucional. Este componente fortalece a las instituciones públicas federales y estatales en sus funciones de planeación, regulación, fomento y coordinación de las actividades productivas y conservación de los recursos forestales. Para cumplir con este objetivo se diseñaron los siguientes sistemas de Información:

- Sistema Nacional de Información Forestal, en una fase de consulta pública (Internet) para concentrar, procesar y difundir información relevante del sector forestal mexicano.
- Sistema Nacional de Información Forestal en una fase interna (Intranet), para la automatización del Registro Forestal Nacional y de las bases de datos sobre incendios, producción y plantaciones forestales.
- Sistema de Automatización para la Evaluación y Seguimiento de Programas de Manejo Forestal.

- Sistema de Información de Productos Forestales No Maderables y Maderables No Tradicionales en Ecosistemas Forestales de los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Este «Sistema» fue diseñado considerando el gran valor ambiental, cultural y socioeconómico de estos productos y tomando en cuenta la necesidad de concentrar y difundir información sobre ellos. El objetivo que persigue este «Sistema» es concentrar información taxonómica, abundancia, usos y localización de 1,282 especies que se localizan en los bosques de pino, encino y pino encino. La página electrónica del «Sistema» tiene un menú que permite llevar a cabo consultas por especie, por estado, por tipo de producto e importancia del mismo, además de permitir consultar la normatividad aplicable, glosario y bibliografía.

- Sistema de Evaluación y Seguimiento del PROCYMAF.

Asimismo, se han diseñado estándares para la evaluación y seguimiento de programas de manejo forestal, que contemplan criterios, indicadores para evaluación en gabinete y el seguimiento en campo de los programas de manejo forestal.

Este componente incluye también el desarrollo de cursos cortos de capacitación para funcionarios de las oficinas centrales y las delegaciones federales en temas como evaluación y supervisión de programas de aprovechamiento forestal, normatividad, coordinación intersectorial, manejo sustentable de recursos forestales, y operación del Sistema Nacional de Información Forestal.

En el marco del PROCYMAF se han integrado 116,115 hectáreas al manejo sustentable de bosques bajo el esquema de programas de manejo forestal, y 13,370 hectáreas bajo conservación, con lo cual se ha evitado, por una parte, la pérdida en la cobertura forestal, y por la otra, cambios en el uso del suelo. Con ello se ha fomentado una reducción en las emisiones de CO₂ por medio de la deforestación evitada en bosques nativos y la conservación de los sumideros y almacenes de carbono.

Entre las actividades más recientes del Procymaf se encuentran:

- . Proyecto de Conservación de la Biodiversidad en Comunidades Indígenas en los estados de Oaxaca, Michoacán y Guerrero.
- . Catálogo de especies vulnerables al aprovechamiento forestal en el estado de Oaxaca.
- . Especies con usos no maderables en bosque de encino, pino y pino-encino en los estados de Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Oaxaca.

CONTROL DE INCENDIOS

PROGRAMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA LOS INCENDIOS FORESTALES

El fuego es un factor ambiental importante que puede considerarse como elemento del clima para moldear el ciclo de vida de la vegetación. Prácticamente, todos los ecosistemas han coexistido con el fuego, siendo importante en bosques y pastizales de la zona templada y en regiones tropicales con temporadas secas.

Aunque los incendios pueden ser iniciados de manera natural por rayos, las actividades antropogénicas inducen el mayor porcentaje de ellos; así, las civilizaciones primitivas usaban el fuego en forma regular para cazar animales, abrir zonas para la agricultura y promover la formación de pastizales. El fuego ha formado parte de la cultura de miles de agricultores y ganaderos, pero produce impactos negativos en la productividad del suelo y contribuye a contaminar el aire y con ello al cambio climático global.

El uso del fuego también está asociado con la pobreza y marginación de miles de campesinos que no han tenido acceso a alternativas tecnológicas adecuadas a sus condiciones ambientales y económicas. Esto conlleva a la necesidad de diseñar y adecuar políticas encaminadas a apoyar el

mejoramiento de las condiciones productivas actuales, para evitar que se siga utilizando el fuego como una práctica productiva común y se promuevan, al contrario, procesos productivos sustentables.

Como se ha comentado, el gobierno federal, en coordinación con los gobiernos estatales, puso en marcha el Programa de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva con alternativas sustentables a las prácticas agrícolas que utilizan fuego.

DIAGNÓSTICO DE LOS INCENDIOS FORESTALES (1994–2000)

Durante el periodo 1994–2000 se han presentado un total de 61,089 incendios, con un promedio anual de 8,727. La superficie total afectada fue 2,123,803.3 de hectáreas y un promedio anual de 303,400.5 hectáreas. El índice de eficiencia promedio en el control de los incendios es de 34.76 hectáreas (cuadro 6.9).

Los fenómenos meteorológicos registrados durante 1997 y parte de 1998 conocidos como «El Niño» ocasionaron una severa sequía, la cual favoreció una incidencia anormal de incendios forestales en todo el territorio nacional, en relación con los últimos 50 años. Los cambios de temperatura, aún durante un mismo día, se presentaron de manera inusual durante el periodo de sequía, provocando que la vegetación natural de los diferentes ecosistemas se deshidratara y se convirtiera en un material altamente inflamable, predisponiéndola al desencadenamiento de incendios. Esta situación, sumada a los fuertes vientos que se presentaron durante los meses de febrero a mayo, al descontrol de quemas de pastizales y al propio proceso de roza–tumba–quema, conllevó a que en todas las entidades federativas se presentaran siniestros de esta naturaleza como en ningún otro año.

De acuerdo con el tipo de vegetación siniestrada, los pastizales ocupan el más alto porcentaje (39%), siguiendo en orden de importancia las su-

perficie de vegetación arbustiva y de matorrales (37%) y en último lugar los incendios en áreas arboladas (24%).

A diferencia de las condiciones climáticas de otros años, durante 1998 las circunstancias fueron totalmente atípicas y adversas, lo que provocó que se presentaran cifras record de 14,445 incendios reportados, con una superficie de 849,632 hectáreas afectadas y un promedio de 58.82 hectárea por incendio.

En los últimos años, los incendios forestales se han convertido en la tercera causa más importante de pérdida de la superficie forestal en México. La situación de extrema emergencia ambiental que vivió nuestro país durante el primer semestre de 1998 provocó grandes pérdidas de orden económico y daños importantes a los ecosistemas forestales, afectando y poniendo en riesgo su sustentabilidad.

Las acciones que se realizan como parte de la Campaña Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales se pueden agrupar en tres grandes rubros: prevención, detección y control.

En cuanto a las acciones de prevención se puede destacar la construcción de brechas corta-fuego, quemas controladas y aplicación de cursos de capacitación, entre otras. Dentro de las actividades de detección se tienen los vuelos de detección, operación de torres de observación y recorridos terrestres, entre otros. Como parte de las actividades de control está el equipamiento y la operación de brigadas de control, tanto oficiales como voluntarias, entre otras actividades.

Si bien la SEMARNAT, como cabeza de sector, es responsable de la protección de los ecosistemas forestales, reconoce que los resultados obtenidos son producto de la coparticipación de diversas instancias: SEDENA, SEGOB (Protección Civil), SAGARPA, SEDESOL, SCT, SEP, SECMAR, gobiernos estatales y Cooperación Internacional de Estados Unidos de América, Canadá y España. Además de los ejidos, comunidades y pequeños propietarios.

La temporada de incendios coincide con la época de estiaje, que comprende los meses de enero a mayo, dependiendo de la situación geográfica

CUADRO 6.9. SUPERFICIE AFECTADA
POR LOS INCENDIOS FORESTALES 1994-2000 (ha)

AÑO	NÚMERO DE INCENDIOS	TIPO DE VEGETACIÓN AFECTADA			TOTAL	SUP/INC.
		PASTIZALES	FORESTAL	OTROS*		
1994	7,830	60,059.0	32,703.0	48,740.0	141,502.0	18.07
1995	7,860	88,956.0	115,117.0	105,014.0	309,087.0	39.32
1996	9,256	89,424.0	57,139.0	102,202.0	248,765.0	27.00
1997	5,163	46,477.0	23,444.0	37,924.0	107,845.0	20.89
1998	14,445	352,242.0	198,487.0	298,903.0	849,632.0	58.82
1999	7,979	87,840.0	41,365.0	101,857.0	231,061.0	29.60
2000**	8,556	101,154.6	40,474.9	94,281.7	235,911.3	27.57
Total	61,089	826,152.6	508,729.9	788,921.7	2,123,803.3	34.76

*Otros: Incluye vegetación arbustiva y matorrales.

** Cifras preliminares (1° de enero-24 de agosto).

FUENTES: SARH, 1994b; SEMARNAP, 1995, 1996a, 1997a, 1998a.; SEMARNAP, 1999a, 2000a, b y c.

de las diferentes regiones del país. En la mayor parte de México, los meses más críticos son marzo y abril. En la zona noroeste los incendios tienen su mayor presencia entre los meses de julio y agosto.

- Los cinco estados con mayor promedio de superficie afectada por incendio fueron: Chiapas, Oaxaca, Durango, Chihuahua y Quintana Roo.

- Los cinco estados con mayor promedio en el número de incendios fueron: estado de México, Durango, Michoacán, Chihuahua y Jalisco.

- Los cinco estados con menor número de incendios promedio fueron: Baja California Sur, Aguascalientes, Tabasco, Yucatán y Guanajuato.

· Los cinco estados con mayor índice de eficiencia promedio fueron: Distrito Federal, Morelos, Baja California Sur, estado de México y Tlaxcala.

PROGRAMA ESPECIAL Y EMERGENTE PARA LA RESTAURACIÓN DE LAS ÁREAS
AFECTADAS POR INCENDIOS

A raíz de la emergencia ambiental vivida durante 1998, el gobierno federal instrumentó un *Programa Especial y Emergente para la Restauración de las Áreas Afectadas por Incendios*. Su objetivo principal es evaluar, recuperar y restablecer las condiciones naturales de las áreas afectadas por los incendios para propiciar que continúen los procesos naturales que en ellas se desarrollaban e impedir el cambio de uso del suelo en aquellas superficies donde se generaron y provocaron incendios con ese propósito.

Cabe mencionar que las áreas naturales protegidas no escaparon al fenómeno de los incendios. Durante 1998 se reportaron daños del orden de 24,367 hectáreas, de las cuales 3,700 hectáreas correspondieron a zonas de renuevo y arboladas y el resto a pastizales y matorrales. Por lo anterior, el PRONARE dio prioridad a la reforestación como un medio eficaz para favorecer la restauración de dichas áreas.

Desde su formación, el PRONARE ha tenido entre otros propósitos la reforestación de las áreas forestales perturbadas tanto por incendios como por otro tipo de causas. Dada la magnitud de los daños causados por los incendios forestales en 1998, la reforestación de las áreas afectadas tiene gran relevancia por la conveniencia de su rápida recuperación y en atención a las demandas tanto de los dueños de los predios como de la sociedad en general.

En el periodo del 1° de enero al 1° de julio del 2001 se reportaron 6,264 incendios, la superficie afectada fue de 135,503 ha, con un promedio de 21.63 ha por incendio.

CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

PROGRAMA NACIONAL DE SANIDAD FORESTAL

El *Programa Forestal y de Suelo 1995-2000*, operado mediante el *Programa Nacional de Sanidad Forestal* estableció como meta primordial el fortalecimiento de las acciones de diagnóstico, prevención, combate y control de las plagas y enfermedades que afectan la riqueza silvícola, con la finalidad de coadyuvar a la protección y sustentabilidad del recurso.

Los recursos forestales de México se ven afectados por diversos factores como: cambios de uso del suelo, cortas clandestinas, sobrepastoreo, incendios, contaminación atmosférica y otros agentes, entre los que sobresale el impacto causado por las plagas y enfermedades forestales que, al ir en constante aumento, alteran severamente los ecosistemas.

El diagnóstico sanitario forestal se llevó a cabo en una superficie promedio de 6,466,765 hectáreas por año (SEMARNAP, 2000b). Por la magnitud de la superficie afectada, destacan los insectos descortezadores de coníferas, los barrenadores de yemas, conos y semillas, los defoliadores, principalmente de pino y oyamel, las plantas parásitas, como muérdagos, las royas y las pudriciones en general.

DIAGNOSTICO FITOSANITARIO

Durante el periodo comprendido entre 1994–2000, el diagnóstico fitosanitario se llevó a cabo en una superficie total de 45.26 millones de hectáreas. La superficie total afectada fue de 113,206 hectáreas, con un promedio anual de 16,172 hectáreas. Sin embargo, de la superficie total afectada sólo se realizó tratamiento en los frentes de ataque de las plagas, tratando una superficie de 39,556 hectáreas, con un promedio anual de 5,650 hectáreas (cuadro 6.10).

Durante el mismo periodo, del total de la superficie afectada, la distribución del ataque de los agentes plaga quedó afectada de la siguiente manera: el muérdago afectó 42.5%, los descortezadores 24.9%, los defoliadores 17.47%, mientras que la categoría de los barrenadores y otros agentes 15.13 %.

El tratamiento por tipo de agente se distribuyó de la siguiente manera: descortezadores (40.5%), muérdago (25.0%), defoliadores (21.5%), barrenadores y otros agentes (13.0%) (cuadro 6.11).

No obstante los grandes esfuerzos realizados, las actividades relativas al conocimiento, control y combate de las plagas y enfermedades forestales en nuestro país deben impulsarse y traducirse en un sistema más efectivo, que vigorice la participación de los sectores oficial, social y privado, a fin de garantizar un recurso forestal sano y salvo.

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MANGLARES

De acuerdo con la definición de RAMSAR, los humedales son «extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces o salobres, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros». Además, establece que se consideran como parte de un humedal «sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentra dentro de un humedal.» (Ñique, 2000)

Los humedales comprendidos en la definición son muy diversos. Se han identificado 31 grupos de humedales naturales y nueve artificiales. Los humedales se han agrupado en cinco grandes sistemas:

- *Estuarios*. Deltas, bancos fangosos y marismas.
- *Marinos*. Litorales y arrecifes de coral.

CUADRO 6.10 SUPERFICIE AFECTADA POR PLAGAS Y ENFERMEDADES FORESTALES
EN LOS BOSQUES DE MÉXICO DE 1994-2000 (HECTÁREAS)

CONCEPTO	AÑO / SUPERFICIE DIAGNOS- TICADA	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000*
		7'645,013	2'872,933	7'322,730	6'083,184	7'162,296	6'683,601	7'497,603
Descorte- zadores	A ¹	3,538	5,566	5,583	1,824	1,749	4,425	5,538
	T ¹	1,823	4,418	2,602	763	81	2,614	3,732
Defolia- dores	A ¹	855	1,209	4,690	5,874	3,014	2,983	1,163
	T ¹	622	622	505	3,163	1,655	978	982
Barrena- dores	A ¹	1,269	21	1,972	3,974	944	2,967	863
	T ¹	1	15	57	1,739	536	1,040	422
Muérdago	A ¹	12,348	3,681	16,282	8,448	1,720	4,811	863
	T ¹	1,362	1,930	4,797	1,255	49	89	422
Otros agentes**	A ¹	959	328	1,123	612	431	772	81
	T ¹	438	312	93	20	28	118	45
Sanidad forestal	A ¹	18,969	10,805	29,650	20,732	7,858	15,958	9,234
	T ¹	4,246	7,297	8,054	6,940	2,349	4,839	5,831
total (ha)								

* Datos preliminares a octubre de 2000. SEMARNAP. 2000.

** Enfermedades forestales: Declinamiento del encino, royas y pudriciones de fuste y raíz.

A¹: Afectada

T¹: Tratada

FUENTE: SEMARNAP. 1995, 1996a, 1997a y 1998a, 2000b y 2000c.

- *Fluviales*. Llanuras de inundación, bosques anegados y lagos de meandro.
- *Palustres*. Pantanos, marismas y ciénegas.
- *Lacustres*. Lagunas, lagos glaciales y lagos de cráteres de volcanes.

Los humedales tienen una gran importancia ecológica y económica sobre todo por su gran biodiversidad y por ser el «almacén vivo» de organismos marinos que entran a ellos a cumplir parte de su ciclo biológico. También se les ha definido como «los riñones de la tierra», por su gran capacidad de filtrar y absorber algunos contaminantes y recibir aguas fluviales o antropogénicas (De la Lanza, 1999). Además, la vegetación arbórea y boscosa que los rodea amortigua el impacto de tormentas y perturbaciones (huracanes y ciclones) y con ello también las inundaciones. Su capacidad de amortiguar el efecto de tormentas tropicales, ha propiciado su reforestación en países asiáticos. Asimismo, favorecen la captación y recarga de los mantos acuíferos.

En México existen 125 lagunas costeras, con una superficie aproximada de 12,600 km² (33% del total del litoral mexicano). Rodea a estas lagunas una comunidad de manglar que oscila entre 6,600 km² (Flores, 1996; citado por De la Lanza, 1999) y 7,700 km² (De la Lanza, 1999). Estos humedales costeros presentan pastos sumergidos muy productivos, llamados cebadales, además de ecosistemas dominados por plantas halófitas, que enriquecen la productividad del ecosistema.

Se estima que la productividad de los humedales que tienen tulares y rodean a las lagunas costeras pueden alcanzar de 30–70 toneladas ha⁻¹, semejante a la caña de azúcar, con 60 toneladas ha⁻¹. Por otro lado, se ha calculado que por cada hectárea destruida de manglar hay una pérdida de 760 kg de camarón y peces (De la Lanza, 1999). La productividad neta estimada de los manglares es de 24 toneladas ha⁻¹ (peso seco), lo cual es equivalente a 12 tC ha⁻¹año⁻¹, por lo que su productividad es superior a la de la selva tropical lluviosa.

En la actualidad los humedales son explotados directa o indirectamente a través de la extracción de madera y leña para la construcción o bien mediante la captura de algunos animales silvestres y de peces, crustáceos

y moluscos, que en algunas regiones constituyen la única fuente de recursos alimenticios y económicos para las comunidades humanas que viven cercanas a estos sistemas (Pizarro y Angulo, 1994; Tovilla y Moya, 1995; citados por Tovilla y Orihuela, 1999).

Desgraciadamente los manglares de México han estado sujetos a un intenso proceso de deforestación y degradación, resultado del incremento en la densidad de asentamientos humanos en dichas áreas. De igual manera, actividades como la agricultura, la ganadería, la acuacultura, la construcción de vías de comunicación y la industria han contribuido a la pérdida de grandes extensiones de dichos ecosistemas (Tovilla y Orihuela, 1999).

De acuerdo con cifras del Inventario Nacional Forestal Periódico de 1994, la superficie aproximada de manglares en México ascendía a 721,554 hectáreas. La mayor superficie de dicho ecosistema se localiza en los estados de Campeche (27.2%), Sinaloa (13.3%), Yucatán (11.9%) y Nayarit (11.5%). El resto de los estados con este tipo de ecosistema (Veracruz, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo, Baja California Sur, Oaxaca, Sonora, Guerrero, Tamaulipas, Jalisco y Colima) representan 36.1 por ciento.

Una de las prioridades establecidas en el Subprograma de Protección, Conservación y Rehabilitación de Hábitat y Especies del Programa de Pesca y Acuacultura, 1995–2000, consistió en abordar la problemática de los ecosistemas costeros (lagunas, manglares y arrecifes de coral) desde una perspectiva holística. En el proyecto «Diagnóstico de ecosistemas lagunares costeros y marinos» se revisaron las condiciones prevalecientes en los principales sistemas lagunares de nuestro país y la definición de estrategias del manejo de los recursos que estos sistemas contienen mediante programas integrados.

Asimismo, ha concluido la caracterización de cinco sistemas lagunares seleccionados por su importancia ecológica, su grado de deterioro y las condiciones socioeconómicas prevalecientes en ellos: Huizache–Caimanero

(Sinaloa), Teacapán–Agua Brava–Marismas Nacionales (Nayarit), Cuyutlán (Colima), Chacahua–Pastoria (Oaxaca) y Nichupté–Bojorquez (Quintana Roo). Por otro lado, en coordinación con algunas entidades académicas se han iniciado los trabajos de caracterización y evaluación de las condiciones ambientales y socioeconómicas de los sistemas lagunares de Tres Palos (Guerrero), La Joya–Buenavista (Chiapas), Yalahau (Quintana Roo) y Alvarado (Veracruz) (SEMARNAP, 2000d).

Es necesario aumentar la intensidad del esfuerzo tanto para conservarlos y restaurarlos como para hacer un uso racional de los humedales, dado que su tasa de alteración está muy por encima de la de recuperación

SUSTITUCIÓN DE EMISIONES DERIVADAS DEL USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

Mejoramiento de dispositivos que utilizan biocombustible y ampliación de la oferta de biomasa para energía

La leña aún representa el principal combustible de uso rural en México. En 1990, aproximadamente 25.6 millones (31.4 % de la población total) de personas en el país usaban leña para cocinar. De este total, la población rural representaba 82.4%, mientras que la urbana ocupaba el 17.6% restante. El 90% de los hogares rurales dependen de la leña para cocinar. Asimismo, un gran número de pequeñas industrias (panaderías, hornos artesanales, baños públicos, fábricas de ladrillos, producción de carbón, producción de mezcal, tortillerías, entre otras) hacen un uso intensivo de la leña, del carbón y de otros biocombustibles (Masera, 1993). Un gran número de estos hogares rurales y a veces comunidades enteras dependen de estas industrias para sobrevivir.

Se estima que en México la demanda total de biomasa forestal (leña y carbón, principalmente) asciende a 355 PJ año⁻¹, lo cual es equivalente a

22.2 millones de toneladas año⁻¹ o 37 millones de m³ año⁻¹. Este volumen ha representado 46% del total del uso rural de energía y ha sido 4.6 veces mayor al consumo de madera industrial autorizada legalmente en el país. De utilizarse de manera correcta, la leña y otros biocombustibles representan un recurso renovable y limpio, con un potencial energético relacionado con el consumo actual de energía del país.

Sin embargo, las altas tasas de deforestación prevalecientes en nuestro país, principalmente en los bosques cerrados, hace cada vez más difícil satisfacer la creciente demanda de biocombustibles, por lo que se está perdiendo una valiosa oportunidad de mitigar los gases de efecto invernadero que ocasionan el cambio climático. Parte del problema reside en que la combustión es demasiado ineficiente, dado que 80% de los hogares rurales cuenta con dispositivos para cocinar que alcanzan niveles de eficiencia tan sólo de 17 %. Además de la pérdida de energía, dichos dispositivos ocasionan daños a la salud, por la gran cantidad de humo que generan (Masera, 1993).

Una de las metas del *Programa Forestal y de Suelos 1995-2000* consistió en promover el uso y apropiación de tecnologías adecuadas, como son las estufas rurales de combustión eficiente, además de promover las plantaciones denominadas dendroenergéticas, que permitan producir este tipo de material combustible en las comunidades rurales ubicadas en las áreas forestales del país.

Masera y otros autores (1995) señalan que bajo una disseminación apropiada de estufas mejoradas en el sector rural, éstas pueden contribuir al uso de los biocombustibles, evitando de esta manera la cosecha de 6.2 millones de toneladas de madera (10.4 millones de m³) por año.

Ordóñez (1999), por su parte, estima que la difusión de estufas de leña eficientes tiene un potencial de mitigación de carbono de una tC/estufa/año, lo cual redundaría en la mitigación total de 0.08 GtC en un lapso de treinta años. Dicho autor señala que las plantaciones energéticas tienen por objeto satisfacer las necesidades de madera para uso energético, es

decir, sustituir el uso de combustibles fósiles por madera, así como la generación de energía eléctrica mediante la utilización de calderas que funcionan con residuos de madera. Estas plantaciones tienen un potencial de captura unitaria de carbono de 215 tC ha y una captura total de 0.17 a 0.9 GtC en el largo plazo (periodo estimado 2000–2030).

Ante este panorama, el sector energético entró en una fase más activa de colaboración. Con el apoyo de la FAO y de algunas organizaciones civiles y de investigación se llevó a cabo un proyecto para desarrollar metodologías de diagnóstico dendroenergético en tres microregiones representativas de México, lo que dio como resultado la identificación de otras opciones para el uso sustentable de la leña, el carbón y otros biocombustibles a nivel regional y nacional.

Actualmente se encuentra en etapa de planificación el Programa Nacional de Dendroenergía, en el que destacan las siguientes acciones:

- Promoción de 33 hectáreas de plantaciones de uso múltiple con especies adecuadas.
- Apoyo en la distribución y construcción de 1,670 estufas rurales.
- Participación de 11 estados de la República.
- Beneficio a 916 mujeres rurales.
- Construcción de 110 hornillas.
- Desarrollo de programas de capacitación en los estados participantes.

CAPTURA DE CARBONO TOTAL

La metodología de cálculo de captura de carbono debe tomar en cuenta el tipo de vegetación y su distribución espacial, así como la rotación o turno comercial o biológico, según sea el objetivo del manejo de la masa forestal (bosque, selva, vegetación de zonas áridas, reforestación o plantaciones fo-

restales comerciales). Aún existen controversias sobre la velocidad de captura y la capacidad de retención del carbono capturado. Se supone que el carbono se captura más rápido en las plantaciones forestales comerciales, pero dura más tiempo capturado en las masas forestales naturales. Existen diferentes modelos dinámicos de fijación de CO₂ desarrollados por científicos de Finlandia, Costa Rica, Holanda y México.

México podría lograr en un futuro que los ecosistemas forestales pasaran de ser una fuente neta a un sumidero neto de carbono, coadyuvando con ello a reducir de manera significativa el crecimiento de las emisiones futuras de gases de efecto invernadero en el país.

PROYECTOS DE CAPTURA DE CARBONO

La temática de cambio climático, específicamente en lo referente a estudios sobre la contribución de las emisiones y de la captura de carbono del sector forestal, es un área de investigación de frontera a escala mundial.

En México, al igual que en la mayoría de los países en desarrollo, se carece de estudios detallados a escala regional sobre la dinámica de las emisiones y del potencial de captura de carbono asociados con los procesos de cambio de uso del suelo. La falta de datos confiables en estos países ha generado gran incertidumbre en las estimaciones globales.

Los proyectos que se mencionan a continuación tienen impacto en: a) la generación de nuevo conocimiento e hipótesis sobre contenido y captura de carbono; b) la obtención de información básica para formular estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, y d) la aportación de elementos para una línea base y poder ofrecer en el largo plazo un servicio ambiental de captura de carbono (Ordóñez, 2000).

ESTUDIOS DE CASO EN MÉXICO

Dinámica de cambio de uso del suelo y emisiones de carbono en la meseta Purépecha. El caso de la comunidad indígena de Santiago Tingambato, Michoacán³

Este trabajo analiza el proceso de cambio de uso del suelo y la degradación forestal para la comunidad indígena de Tingambato en el periodo de 1974 a 1991 y sus consecuencias en las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. El proceso de cambio de uso del suelo se realizó superponiendo dos cartas dasocráticas de la comunidad mediante un sistema de información geográfica. Se generaron 20 categorías de uso del suelo. Las estimaciones de carbono tienen como base los estudios dasonómicos y dasométricos realizados en los bosques de la comunidad.

En el periodo de 17 años comprendido entre 1974 y 1991, la comunidad de Tingambato ha sufrido una deforestación de 36% de su superficie, equivalente a una tasa anual del 2.1%. Adicionalmente, 37% del total de la superficie de bosques presentes en 1974 ha sufrido un proceso de degradación. Los principales cambios de uso del suelo durante el periodo 1974–1991 han sido de bosque a plantaciones de aguacate (12.6%), agricultura de temporal (11.4%), vegetación arbustiva (6.6%) y pastizales (5.5%). De acuerdo con los resultados preliminares, existe un patrón geográfico marcado según el tipo de suelo que reemplaza la vegetación original.

La deforestación y degradación del bosque resultaron en emisiones netas de 110 mil tC, equivalentes a 13.2 tC ha⁻¹ o 6,500 tC año⁻¹. El 66% de

³ Rosete F., A. Ordoñez y O. Masera. Instituto de Ecología. Laboratorio de Bioenergía, UNAM. (1997).

las emisiones de carbono provienen del proceso de deforestación y el 34% restante de la degradación forestal.

La información generada en este estudio resulta también muy útil como base para desarrollar modelos de simulación que permitan mostrar diferentes escenarios futuros con las áreas más susceptibles a ser deforestadas —o degradadas— y poder así iniciar una verdadera planeación de largo plazo.

Estimación del contenido de carbono en la biomasa aérea, mantillo, suelos y raíces de los bosques de pino-encino en El Carricito, Sierra Madre Occidental⁴

Se ha reconocido recientemente que los bosques de pino-encino de la Sierra Madre Occidental constituyen un ecosistema muy importante. En particular, El Carricito es el bosque de altura más grande, sin caminos ni habitantes en toda la Sierra Madre Occidental. Se localiza en la parte norte del Estado de Jalisco, en La Sierra de Bolaños. Incluye el remanente del extremadamente raro bosque de mesas, en cuatro fragmentos dispuestos a lo largo de la cresta más alta de la Sierra. El área total de este hábitat altamente amenazado es de casi 21 km². Entre las especies de pino, se encuentran *Pinus durangensis*, *P. michoacana*, *P. pseudostrobus*, de hasta 1.5 m de diámetro, a la altura del pecho (DAP) en los parches de bosque antiguo.

Este estudio tuvo como objetivo principal estimar el contenido de carbono de la parte aérea, mantillo, suelos y raíces de los bosques de mesa y de pino-encino en el área denominada El Carricito, en la Sierra Madre Occidental. Al respecto se realizó una estimación alta y una baja. La alta indicó un total de 3,583,000 tC, mientras que la baja indicó 3,058,000 tC en las 20

⁴ Ordóñez, A., O. Masera y V. Jaramillo. UNAM. Instituto de Ecología. Lab. de Bioenergía (1998).

mil hectáreas de El Carricito. Los resultados preliminares señalan que las estimaciones del carbono en la vegetación variaron entre 114.26 tC ha⁻¹ y 88.24 tC ha⁻¹, con un máximo de 156.63 tC ha⁻¹. El carbono en el suelo mostró valores entre 32 tC ha⁻¹ y 95 tC ha⁻¹ con un promedio de 64.51 tC ha⁻¹ en los primeros 20 cm de profundidad. Los resultados obtenidos sugieren que se necesitan más de 100 años para poder acumular el carbono observado en la vegetación y más de 300 años para que se acumule el carbono en el suelo; es por ello que este tipo de ecosistemas requieren atención inmediata para su conservación; de lo contrario, al permitirse el cambio en el uso del suelo, su capacidad de almacenar carbono sería de unas 20 tC ha⁻¹, aproximadamente.

*Estimación preliminar del contenido de carbono para el ejido de san Pedro Jácuar, Michoacán*⁵

La capacidad de almacenamiento de carbono en los bosques se está perdiendo rápidamente por los procesos de deforestación y degradación de los ecosistemas forestales. Para proponer estrategias viables dirigidas a la mitigación del cambio climático es imprescindible, por un lado, conocer la dinámica del carbono en los ecosistemas forestales y, por otra, las modificaciones a los flujos de carbono derivadas de los patrones de cambio de uso del suelo. Un primer paso indispensable para lograr este objetivo es contar con información básica sobre los contenidos de carbono en los diferentes almacenes del ecosistema.

Los principales almacenes de carbono en los ecosistemas forestales son la vegetación, el mantillo y el suelo. La vegetación es la encargada de incorporar el carbono atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis. Los bosques del mundo (templados y tropicales) capturan

⁵ Ordóñez, A. UNAM. Instituto de Ecología. Laboratorio de Bioenergía (2000).

y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo. De igual manera, el suelo juega un papel muy importante en el ciclaje y almacén del carbono en estos ecosistemas. El suelo tiene una gran capacidad de «capturar» carbono, ya que puede acumularlo durante miles de años.

En México no se cuenta con información detallada ni de los almacenes de carbono por tipo de ecosistema y uso del suelo ni de los flujos netos de carbono derivados de los patrones de cambio de uso del suelo a escala regional.

El estudio propuesto pretende contribuir a resolver varias de las interrogantes planteadas anteriormente mediante un análisis detallado del contenido de carbono asociado con los bosques templados. El Ejido de San Pedro Jácuaró resultó idóneo para el proyecto, pues además de que se cuenta con el apoyo de la comunidad, constituye un bosque natural en buen estado y presenta un adecuado manejo.

El estudio tuvo como objetivo principal realizar una estimación preliminar del contenido de carbono en el ejido San Pedro Jácuaró, en el estado de Michoacán. Dicho proyecto se desarrolló en dos fases: la primera consistió en la obtención de la superficie de cada predio, usando un sistema de información geográfica. En la segunda se estimó el contenido de carbono en cada sitio de muestreo.

Los resultados señalan que la superficie aproximada del ejido San Pedro Jácuaró asciende a 1,842 hectáreas (más 18 de Laguna Larga). El contenido de carbono en el área de estudio se calculó con una estimación alta y una baja: la estimación alta indicó un total de 215.0 tC ha⁻¹, mientras que la baja indicó 184.3 tC ha, lo que implica que hay 396,030 tC (estimación alta) y 339,480 tC (estimación baja), con un promedio de 367,737 tC en las 1,842 hectáreas de San Pedro Jácuaró. Del total del carbono contenido por hectárea, 60% corresponde a la biomasa aérea, 28.2% al suelo, 10.8% a las raíces y 1.0% al mantillo. Se trata de un informe preliminar del conte-

nido total de carbono en san Pedro Jécuaro. Cabe señalar que el contenido de carbono estimado es reflejo de la situación actual en la que se encuentra el bosque y que además está bajo manejo forestal por parte de la comunidad de san Pedro Jécuaro.

Estimación preliminar del contenido de carbono en El Ajusco medio, Distrito Federal⁶

Actualmente, el Distrito Federal presenta elevadas emisiones de GEI y de contaminantes criterio. Por esta razón, el estudio estimó de forma preliminar el contenido de carbono en el Ajusco medio, a fin de sugerir opciones para la mitigación de GEI, como el CO₂, a partir de acciones de reforestación, conservación y desarrollo de actividades de educación ambiental. El fin es poder ofrecer un pequeño pulmón a una de las ciudades más grandes del mundo.

La zona de estudio abarca el Parque Ecológico de la Ciudad de México, Ecoguardas y el Ejido de San Andrés Totoltepec. En conjunto, estas zonas tienen un área de aproximada de 1,127 hectáreas. Para el estudio de captura de carbono se pretende definir una línea-base sobre la cual se determinarán los escenarios (incluyendo manejo) de aumento de la cobertura vegetal.

El presente estudio tuvo como objetivos la identificación de uso del suelo y la estimación de la superficie de cobertura vegetal, la estimación del contenido de carbono en la biomasa aérea, mantillo, suelos y raíces de las diferentes coberturas vegetales, y la definición de una línea base.

⁶ Ordóñez A. y J. Escandón. UNAM. Instituto de Ecología. Laboratorio de Bioenergía (1999).

Estimación preliminar del contenido de carbono en el Ajusco medio

Para estimar el contenido de carbono en el Ajusco medio como ecosistema, se calculó la superficie total de cada tipo de vegetación y se multiplicó por el carbono contenido en cada tipo de vegetación.

La superficie total aproximada del Ajusco medio es de 1,391 hectáreas, aproximadamente, de las cuales hay 760 hectáreas de matorrales; 287 hectáreas de encinares; 225 hectáreas de pino; 29 hectáreas de agricultura; 45 hectáreas de zona urbana y cinco hectáreas de circuito.

Con estos datos, se realizó una estimación alta y una baja. La alta indicó un total de 70,445 tC, mientras que la baja indicó 49,910 tC en las 1,391 hectáreas del Ajusco medio. Este es un reporte preliminar del contenido total de carbono en dicha localidad. Posteriormente se integrarán al cálculo las estimaciones del carbono del suelo. Cabe señalar que el contenido de carbono estimado es reflejo de la degradación en la que se encuentra el área de estudio; sin embargo, las áreas con encinares tienen el mayor contenido de carbono, tanto en vegetación (biomasa aérea y raíces) como en el mantillo, y es de esperarse que también tengan alto contenido de carbono en el suelo, lo que sugiere tomar acciones mediatas para regenerar el Ajusco medio.

ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO EN TRES SITIOS RESTAURADOS QUE FUERON AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN MÉXICO

En la primavera de 1998, México presentó una de las mayores tragedias con respecto a la incidencia e intensidad de los incendios forestales. Durante siete meses, más de 200 mil hectáreas fueron quemadas. Para responder a este desastre, el gobierno mexicano, a través de la SEMARNAP y de la Agencia Internacional de Desarrollo (USAID), realizaron actividades de restauración en áreas afectadas por los incendios. El objetivo

de este esfuerzo se encaminó a prevenir o mitigar el daño que puedan tener incendios futuros y restaurar las áreas dañadas. Por esta razón, la oficina de la USAID en México y la entonces SEMARNAP acordaron identificar los sitios afectados como áreas potenciales para este estudio, particularmente dentro del contexto de entender cuánto carbono puede ser capturado mediante la restauración de un área que fue afectada por un incendio.

Este estudio se enfocará a estimar el potencial de captura de carbono en tres sitios afectados por los incendios de 1998, que son:

- Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca en el estado de Michoacán (bosque templado).
- Reserva de la Biosfera Sierra Gorda en el estado de Querétaro (bosque templado).
- El Espinazo del Diablo en el estado de Veracruz (bosque tropical).

Para el desarrollo de este estudio, se contará con la dirección y participación de la doctora Sandra Brown, Directora de Winrock International, y apoyo de la USAID así como de expertos mexicanos en el tema.

Estimación preliminar del contenido de carbono en plantaciones forestales en el estado de México⁷

La pérdida de la cobertura forestal y el incremento de los corredores industriales en el Estado de México son fuentes netas de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono. Bajo estas premisas, surgió en el año 2000 la inquietud en la Dirección Protectora de Bosques, conocida como PROBOSQUE, de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Es-

⁷ Ordóñez A. Instituto de Ecología. Laboratorio de Bioenergía. UNAM. Este proyecto apenas se está planteando en el Estado de México y fue promovido por la Comisión Forestal del Estado de Michoacán por parte de los ingenieros Alejandro Acevedo y Hugo Medrano (2000).

tado de México, de estimar el potencial de captura de carbono en cerca de 11,497 hectáreas de plantaciones forestales, a fin de ofrecer en el mediano y largo plazos lugares para la captura de carbono y en su momento poder ofrecer un servicio ambiental.

PROYECTO DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN COMUNIDADES INDÍGENAS DE LOS ESTADOS DE OAXACA, MICHOACÁN Y GUERRERO, COINBIO

El objetivo del proyecto es promover y fortalecer iniciativas comunitarias de conservación en áreas de alta importancia para la biodiversidad en los estados mencionados, considerando valores culturales y prácticas de manejo tradicional. El estudio contemplará la captura de carbono en prácticas de manejo. El proyecto fue gestionado por la SEMARNAT con el fin de ampliar y diversificar la estrategia gubernamental de conservación de los recursos naturales del país. Los recursos financieros provendrán del Convenio de Apoyo Financiero con el Banco Mundial. La SEMARNAT será la encargada de la ejecución técnica del proyecto a través del PROCYMAF. El COINBIO iniciará su ejecución en el estado de Oaxaca.

CRUZADA POR LOS BOSQUES Y EL AGUA

En este año dio inicio la Cruzada Nacional por los Bosques y el Agua, luego de que la SEMARNAT, manifestara una gran preocupación por las condiciones de deterioro en que se encuentran nuestras aguas y bosques, y los declarara como asuntos de seguridad nacional.

La Cruzada por los Bosques y el Agua es una gran convocatoria a toda la nación para que los diversos sectores de la sociedad se comprometan y actúen en favor de la conservación y manejo sustentable de los bosques y

las aguas de México, hoy críticamente amenazados, y se sustenta en las siguientes premisas básicas:

La problemática del agua y la de los bosques están indisolublemente vinculadas y deberán enfrentarse de manera unificada. Se trata de una sola gran cruzada que considera sus estrategias y metas en torno al deterioro del binomio agua-bosques.

A partir de un sólido diagnóstico de la problemática del agua y de los bosques, por parte de la SEMARNAT y de otras instituciones gubernamentales y no gubernamentales, la Cruzada se propone sensibilizar a toda la población sobre la importancia de conservar el agua y los bosques haciendo copartícipe a la sociedad y comprometiendo acciones y recursos con todos los actores sociales involucrados, sumando y potenciando sus esfuerzos.

La Cruzada por los Bosques y el Agua llevará a cabo tareas concretas en atención a los problemas más críticos a nivel nacional, pero a partir de propuestas de los tres niveles de gobierno y de diversos grupos sociales, actuará también sobre problemas que los ciudadanos consideren prioritarios en los ámbitos regional, estatal y municipal.

Visión

En los próximos seis años, en México se organizarán acciones para tener ríos limpios, arroyos, lagos, lagunas, presas, playas y esteros, cuerpos estratégicos de almacenamiento de agua con volúmenes constantes y menor sobreexplotación de mantos freáticos. En las partes altas de las cuencas se espera una mayor retención de lluvia y recarga de agua en el subsuelo.

Objetivos concretos

- . Limpiar el agua contaminada
- . Proveer con calidad el servicio de agua potable y drenaje
- . Reducir las pérdidas del agua para riego
- . Optimizar el uso de agua en la industria
- . Optimizar la eficiencia del uso del agua potable
- . Sanear y conservar cuerpos de agua y ecosistemas acuáticos
- . Reducir la tasa de deforestación
- . Reducir la tasa de degradación de ecosistemas terrestres
- . Mantener los servicios ambientales de las masas forestales
- . Preservar la riqueza biológica del país
- . Restablecer la cubierta forestal en zonas desforestadas para fines agropecuarios
- . Consolidar el manejo integrado de cuencas como opción para conservar agua y bosques

En este marco, y en coordinación con las autoridades estatales y municipales y con dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, se emprendieron importantes acciones para la restauración ecológica de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro y de la Cuenca de Valle de Bravo, así como para el saneamiento integral de la zona hidrológica de Necaxa.

SECTOR AGROPECUARIO

El gobierno federal, en coordinación con los gobiernos estatales, continúa impulsando de manera decisiva el incremento en la producción del campo mexicano bajo un enfoque sustentable. Se han rediseñado las políticas públicas a fin de brindar apoyo al sector agropecuario en su inserción a la economía globalizada en que se desarrolla actualmente México.

Se ha incrementado el presupuesto que reciben los agricultores, recuperando el rubro de subsidios en beneficio del sector productivo agropecuario mediante PROCAMPO y la *Alianza para el campo*, con el objetivo central de incrementar el ingreso neto de los productores. Esto es, se dio apoyo al ingreso, a la capitalización y a la productividad, con transferencias por 53 mil millones de pesos entre 1996 y 1999, que equivalen a 5.4% del valor de la producción agropecuaria.

Con *Alianza para el campo* se apoya a los productores para que inviertan directamente en mejorar la productividad de su predio, de esta manera su familia logra mayores ingresos.

La *Alianza para el campo* fortalece el federalismo y la coordinación entre los tres órdenes de gobierno, pues conjunta y complementa los presupuestos para el apoyo de los agricultores. Se ha evitado el peregrinar de los productores hacia las grandes ciudades o hacia la capital del país, para poder hacer oír sus demandas. Ahora las solicitudes y el otorgamiento de apoyos se realiza en la entidad donde vive el productor, principalmente en los centros de apoyo y en los distritos de desarrollo rural, que se encuentran cercanos a sus lugares de residencia.

Los apoyos otorgados en *Alianza para el campo* favorecen la organización de los productores y la formación de capital humano. Para ello, se sigue fortaleciendo la asistencia técnica y la capacitación a los productores. Alrededor de 8,500 asesores técnicos del Programa Elemental de Asistencia Técnica (PEAT) y extensionistas del Sistema Nacional de Extensionismo Rural (SINDER) cubren todos los estados de la República.

La asistencia técnica tiene presencia en las más remotas comunidades rurales. Se ha beneficiado a más de dos millones de productores de las regiones de menor desarrollo relativo, las zonas indígenas y marginadas de los avances y del progreso tecnológico.

Una gran cantidad de productores agropecuarios en todas las entidades federativas han recibido los apoyos. Los productores beneficiados por *Alianza para el campo* se han incrementado cada año, pasando de 2.8 millones

en 1996 a 3.9 millones en 1999. En este último año, 2.6 millones de productores fueron apoyados por los programas de desarrollo rural.

Con *Alianza para el campo* se ejercitan políticas diferenciadas que favorecen con mayores apoyos a los productores con menores ingresos, lo que implica que gran parte de la aplicación de los recursos para el desarrollo rural se lleve a cabo en los municipios y comunidades con mayor grado de marginación. Esto contribuye con una vertiente productiva a combatir la pobreza.

El mayor rubro de apoyo de *Alianza para el Campo* en 1999 fue el desarrollo rural, con 37.4% del presupuesto. De acuerdo con el Presupuesto de Egresos de la Federación, en ese año el porcentaje aumentó a 45%.

Los programas de Reconversión Productiva y de Impulso a la Productividad, como el Programa de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva (PASRE), del que ya se ha hablado en el capítulo anterior, y el Programa de Desarrollo Sostenible en Zonas Rurales Marginadas, son ejemplo de ello. Operan tanto en las zonas agrícolas como en las ganaderas, con el auxilio de tecnologías apropiadas en función de los climas y calidad de suelos, lo que permite aumentar los índices de productividad e ingreso de los productores, a pesar de los siniestros.

Los programas mencionados han permitido:

- Mejorar el ingreso de los productores.
- Incrementar la producción agropecuaria y forestal.
- Conservar la biodiversidad.
- Utilizar tecnología adecuada.
- Disminuir la erosión.
- Aumentar la fertilidad de los suelos.
- Reducir las emisiones contaminantes.
- Fijar mayor cantidad de carbono.

SECTOR ENERGÍA

El esfuerzo que ha realizado nuestro país para mejorar el uso de la energía se caracteriza por el desarrollo institucional sostenido a lo largo de los últimos diez años, en los que se han logrado resultados significativos.

En ese sentido resaltan dos instituciones, una pública y otra de carácter privado que fueron creadas en 1989 y 1990, respectivamente: La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).

CONAE

La CONAE fue creada en septiembre de 1989 con recursos del Banco Mundial (BM) con el objeto de fungir como órgano técnico de consulta de los usuarios de energía del país. Las funciones más importantes de la CONAE son:

- Concebir y promover estrategias y lineamientos de acción relativos al ahorro y uso eficiente de energía.
- Promover el aprovechamiento de las energías renovables.
- Coordinar acciones de ahorro y uso racional de energía.
- Preparar, coordinar y evaluar los programas nacionales de ahorro de energía.
- Promover y fomentar estudios relacionados con la utilización de energía.
- Fomentar la investigación, el desarrollo y difusión de tecnologías para el ahorro y uso eficiente de energía.
- Desarrollar Normas Oficiales Mexicanas de uso eficiente de energía.
- Brindar asistencia técnica a los diversos sectores de la economía en la materia, así como en el uso de energías renovables.

La CONAE ha establecido diversos programas mediante dos líneas de acción: la oferta y la demanda de energía.

PROGRAMAS DEL LADO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA

La CONAE estimó ahorros de energía equivalentes a 11 mil GWh y de 2,200 MW en demanda mediante programas orientados a mejorar la eficiencia en el uso final de la energía durante el año 2000. Estas cifras representan una reducción de casi siete millones de toneladas de bióxido de carbono (CO₂). Los ahorros de energía acumulados durante los últimos cinco años ascienden a 39 mil GWh, lo que significa una reducción de más de veinticuatro millones de toneladas de bióxido de carbono.

A continuación se describen los principales programas, en orden de aparición y con una descripción que refiere la evolución de los mismos y la importancia que han tenido en el desarrollo institucional.

PROGRAMAS DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE VIVIENDA

El primer esfuerzo sistemático para ahorrar energía en México fue el programa que inició, y continúa desarrollando, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para reducir los consumos que, por el uso de aire acondicionado, tienen los usuarios del servicio eléctrico de tipo doméstico en la ciudad de Mexicali, Baja California.

Este programa inició en el contexto del Programa Nacional de Uso Racional de la Energía Eléctrica (PRONUREE) —antecedente del Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE)— en el cual, durante 1986 y 1987 se analizó un conjunto de alternativas para reducir el consumo de electricidad para aire acondicionado. Como conclusión principal se llegó a que el aislamiento de techos era, por mucho, la alternativa más económica y de mayor impacto.

Como resultado de este estudio, en 1989 la CFE creó el Fideicomiso para el Programa de Aislamiento Térmico de la Vivienda en el Valle de Mexicali (FIPATERM), abocado a financiar la instalación masiva de aisla-

miento térmico en techos de casas de usuarios con altos consumos. El esquema utilizado por FIPATERM se basó en el manejo de financiamiento con bajas tasas de interés, lo cual permitió que el costo de instalación fuera cubierto por los propios usuarios mediante facturación de la energía eléctrica, lo cual representó un primer antecedente para los programas que se desarrollaron e instrumentaron posteriormente.

En el año 2000, el FIPATERM aisló térmicamente cerca de 60 mil techos de viviendas en Mexicali y desarrolló un programa que ofrece aislamiento en puertas y ventanas; así como equipos eficientes tales como aire acondicionado y lámparas compactas fluorescentes; además, incluye la realización de diagnósticos energéticos gratuitos, que identifican la rentabilidad de las medidas.

Con este programa se ha podido aislar un total de 59,426 viviendas, con lo cual se ahorran 31.6 GWh anuales y se evitan 22 MW de demanda de capacidad.

La sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos de alta eficiencia energética ha permitido ahorrar anualmente 65.2 GWh y reducir en 65 MW la demanda.

La sustitución de focos incandescentes por lámparas compactas fluorescentes ha permitido cambiar 500 mil focos, lo que significa una reducción en la demanda de 31 MW.

El sellado de puertas ha favorecido el ahorro de 43.8 GWh anuales y la reducción de 3 MW en la demanda.

PROGRAMAS PARA AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DOMÉSTICA

A principios de los años noventa, el PAESE identificó a la iluminación doméstica como un uso final de la energía, lo cual representa una fracción importante del consumo eléctrico doméstico, y de la demanda pico del sistema eléctrico. Con ello, inició un conjunto de pequeños proyectos que

han evolucionado hacia el primer programa de ahorro de energía de gran alcance e impacto en México.

Los proyectos de iluminación doméstica iniciaron con dos series de pequeños proyectos. Con la primera serie, en la que se instalaron 1,500 lámparas, se eliminaron incertidumbres técnicas relacionadas con la tecnología de las lámparas compactas fluorescentes y se integró, por primera vez en la historia, a otras áreas de la CFE en proyectos de ahorro de energía. La segunda serie, en la que se logró instalar 150 mil lámparas, permitió desarrollar estrategias y mecanismos de comercialización para programas de mucho mayor alcance.

Con las experiencias anteriores y en conjunto con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), del Banco Mundial, se diseñó e instrumentó en México un programa de gran alcance que se aplicó en Jalisco y Nuevo León en 1995. Este programa, además de ser el primero de gran magnitud en nuestro país, es también el primero que integra mecanismos de evaluación de los impactos, no sólo de la energía ahorrada sino también de las emisiones evitadas de gases de efecto invernadero.

Como resultado de este programa, en 1999 se tenían instaladas 3.3 millones de lámparas, logrando ahorros acumulados de 498 GWh/año y evitando el uso de 106 MW. En particular, en el año 2000 se estimaron ahorros de 224 GWh/año y de consumo de 107 MW.

Actualmente, el programa para iluminación de tipo doméstico es operado por medio del FIDE, que lo ubica dentro de su programa de incentivos.

NORMAS OBLIGATORIAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Entre las principales actividades a las que se ha orientado la CONAE desde su origen, está el establecimiento de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para la eficiencia energética de diversos equipos y sistemas.

El desarrollo de estas NOM ha sido un proceso complejo con varios años de maduración antes de tener resultados. De este proceso resaltan la instrumentación de la estructura institucional que maneja y avala el proceso de normalización para la eficiencia energética, el diseño y el consenso relativo a las especificaciones técnicas y los métodos de prueba de esas especificaciones, y el establecimiento de laboratorios certificados de pruebas. En este sentido, fue fundamental, para su desarrollo e instrumentación, la existencia de instituciones privadas de normalización del sector eléctrico, las cuales fueron base y referencia para el proceso comandado por CONAE.

La continuidad institucional en la CONAE y la plena integración del sector privado a un esfuerzo de interés nacional han permitido que las diversas fases del proceso —que lleva a un cumplimiento cabal de los objetivos de la normalización—, sea un éxito. Muestra de ello es que hoy día se tienen 18 NOM de eficiencia energética de equipos y sistemas vigentes en México, las cuales se aplican a más de cinco millones de unidades que se venden en México cada año. La existencia de las NOM se ha reflejado en un ahorro de energía muy significativo. Tan sólo en el 2000 se estimaron ahorros cercanos a los 7500 GWh (seis veces más que el ahorro con el *horario de verano*) y evitar el uso de 1000 MW de capacidad.

HORARIO DE VERANO

El *horario de verano* es una medida que permite ahorrar energía eléctrica a las horas de mayor costo para el sector eléctrico. La idea surgió de la CONAE en los primeros años de la década de los noventa y fue retomada en 1995. El *horario de verano* se instauró en 1996, mediante un amplio proceso de consenso a nivel nacional operado por el FIDE y apoyado por la CFE.

CUADRO 6.11. AHORROS POR LA APLICACIÓN DEL HORARIO DE VERANO

AÑO	DEMANDA DIFERIDA (MW)	AHORRO DE ENERGÍA (GWh)	AHORRO A USUARIOS DOMÉSTICOS (MILLONES DE PESOS)	INVERSIÓN DIFERIDA ACUMULADA PARA EL PAÍS (MILLONES DE PESOS)
1996	529	943	463	4,100
1997	550	1,100	540	4,400
1998	683	1,012	506	6,830
1999	613	1,092	546	6,130
2000	823	1,182	591	8,230
2001p	865	1,000	500	8,650
<i>Total</i>				
<i>Acumulado</i>				
1996-2000	865	6,329	3,146	8,650

a) Los resultados contemplados en la tabla fueron certificados en el Foro de Evaluación del Impacto Energético del Horario de Verano por: Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (CIME); Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (Fecime), Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas (AUIME), Consejo Nacional de Industriales Ecologistas (Conieco); Instituto de Ingeniería de la UNAM; y la Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción (AMERIC).

p= Preliminar.

FUENTE: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, CONAE. Con base en datos del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Comunicado: Horario de verano 1999. Secretaría de Energía/CFE/FIDE y CONAE (1999).

Los beneficios alcanzados a lo largo de cinco años más una estimación preliminar para el 2001 de aplicación de esta medida son del orden de los 5,300 GWh acumulados de consumo, lo que equivale a una reducción en el uso de combustibles de alrededor de 10 millones de barriles de petróleo (cuadro 6.11).

Hasta 1999 se habían reducido 7.02 millones de toneladas de bióxido de carbono (CO_2); 1,800 toneladas de monóxido de carbono (CO); 25,000 toneladas de óxidos de nitrógeno (NOx); 125,470 toneladas de óxidos de azufre (SOx); 45,170 toneladas de partículas suspendidas totales (PST) y 270 toneladas de hidrocarburos (HC).

PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA EN INMUEBLES DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL

Desde el principio y por ser una institución pública, la CONAE trabajó con operadores de inmuebles públicos para apoyarlos a mejorar la eficiencia energética de las instalaciones bajo su cargo. Sin embargo, no fue sino hasta 1996, con el programa piloto «Cien edificios públicos», que inició un esfuerzo sistemático y estructurado que permitió tener resultados significativos. Esta actividad, que concluyó a fines de 1998, fue la base de un programa obligatorio establecido en 1999 para los inmuebles más grandes del sector público.

El Programa de Ahorro de Energía en Inmuebles de la Administración Pública Federal tiene la particularidad de haber incorporado el aprovechamiento de la red de Internet para realizar auditorías energéticas, además de establecer una estructura institucional de operación y seguimiento dentro de la Administración Pública Federal.

Los ahorros reportados de este programa se estimaron con base en informes correspondientes a 350 edificios (que representan un área construida de 2.5 millones de metros cuadrados). Entre 1998 y 2000, el índice de consumo promedio de la totalidad de los inmuebles registrados pasó de 112.3 a 97.5 kWh/m²-año, lo que representó una reducción del 13 por ciento. Esto representa un ahorro aproximado de 36 millones de kWh en consumo de energía, equivalentes a 21.6 millones de pesos. De acuerdo a esta tendencia, para el periodo diciembre del 2000 a agosto de 2001, se estima un ahorro de 13.5 millones de kWh en consumo

de energía, equivalentes a poco más de ocho millones de pesos por medidas principalmente operativas en inmuebles de la administración pública federal.

CAMPAÑA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA EN PETRÓLEOS MEXICANOS

Una de las empresas que usa más cantidad de energía en México es Petróleos Mexicanos (PEMEX). Para apoyar los esfuerzos realizados al interior de esta empresa paraestatal, la CONAE ha dado asistencia técnica para el desarrollo de proyectos. De las actividades que se realizan dentro del Comité PEMEX-CONAE, la CONAE ha apoyado la realización de 243 proyectos dentro del sector energético aplicando sus metodologías, lo cual ha permitido identificar importantes potenciales de ahorro:

- 162 GWh/año de energía eléctrica.
- 418 millones de m³/ año de gas natural.
- 23 millones de m³/ año de agua de pozo.
- El equivalente a un millón de barriles de petróleo crudo en otros energéticos.

PEMEX tiene un importante potencial para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero en diferentes áreas:

- Eficiencia energética.
- Cogeneración.
- Combustibles limpios.
- Control de emisiones fugitivas de metano.
- Reinyección de CO₂.
- Sinergias (CO₂ para producir metanol).
- Reforestación.

Esta empresa implementará el desarrollo sustentable en las siguientes áreas:

ÁREA	LOGROS
Economía	Eficiencia productiva Mejores resultados financieros
Ambiente	Uso eficiente de los recursos naturales Menor contribución al cambio climático Uso de combustibles alternativos Mejoramiento del ciclo de vida de los productos Menores emisiones ambientales
Social	Menor número de accidentes Actividades de operación en regiones políticamente sensibles

PEMEX instrumentará el proyecto piloto titulado «Mitigación de las emisiones de CO₂ a través de un proyecto de cogeneración en una instalación Petroquímica subsidiaria», con el cual se buscará reducir 51,383 toneladas por año de ese contaminante. Las lecciones aprendidas en este proyecto piloto podrán incorporarse a otras instalaciones de PEMEX.

PROGRAMAS DEL LADO DE LA OFERTA

COGENERACIÓN

En el caso particular del sector eléctrico, dentro de las estrategias de uso eficiente de la energía, se promueve la cogeneración con el auxilio de la CONAE. Los sistemas de cogeneración permiten generar simultáneamente energía eléctrica y térmica a partir de una misma fuente de energía primaria, lo que incrementa la eficiencia global del uso de combustibles de

35% hasta 85%, en algunos casos, con respecto a los sistemas tradicionales que suministran la energía eléctrica y la energía térmica por separado.

En 1995, el potencial nacional de cogeneración fue ubicado entre 7,500 y 14 mil MW por la CONAE, dependiendo del tipo de proceso de cogeneración empleado. Cerca de 70% de esta capacidad se presenta en el sector industrial, 20% en PEMEX-Petroquímica y 10% en el sector comercial.

La cogeneración es permitida en México desde 1992 pero tiene limitaciones legales que fijan el precio de compra de la energía eléctrica que no es utilizada por la empresa que la genera y su compra está sujeta a las reglas que tienen establecidas las empresas eléctricas públicas.

En México, para convencer a cualquier empresa sobre las ventajas de la cogeneración, la CONAE, en común con la Secretaría de Energía (SENER), ha llevado a cabo en los últimos años seminarios regionales en diversas ciudades del país. En estos seminarios se presentan las reglas de establecimiento y operación de este tipo de planta, además de describir, por parte de los mismos usuarios, los proyectos actualmente en operación.

A principios del año 2000, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) tenía registrados 36 permisos de cogeneración en instalaciones en diversas ramas industriales, con una capacidad cercana a 1,820 MW y una generación anual de 10,116 GWh. Actualmente, se encuentran 22 proyectos en operación, con una capacidad instalada de 803 MW y una generación anual de 3,560 GWh.

El cuadro 6.12 muestra la prospectiva en el desarrollo de estos sistemas. Se espera que para finales del año 2001 se tengan instalados alrededor de 1,100 MW en sistemas de cogeneración, con lo cual se generarían 5,780 GWh aproximadamente. Cabe señalar que esta estimación fue realizada de forma conservadora, ya que no se tomó en cuenta que, de acuerdo con la propuesta de reforma de la industria eléctrica en México, se espera que la instalación de sistemas de cogeneración en México sea mucho mayor.

CUADRO 6.12 PROSPECTIVA DE PARTICIPACIÓN EXTERNA
A LA CFE EN SISTEMAS DE COGENERACIÓN

SECTOR	2000		2001	
	MW	GWh	MW	GWh
Industrial y comercial	466.3	2,879	567.7	3,499
PEMEX Petroquímica	398.5	1,789	398.5	1,979
Sector petrolero	120.7	300	120.7	300
Total	985.5	4,968	1,086.9	5,778

FUENTE: CONAE, 2000.

ENERGÍAS RENOVABLES

Desde hace varias décadas existen en México actividades tendientes al aprovechamiento de las energías renovables, aunque es particularmente significativo lo que ha ocurrido en las últimas tres décadas, en las que se han desarrollado prototipos, proyectos, industrias e instituciones relacionados con dicho aprovechamiento.

De manera general resaltan las actividades de investigación y desarrollo, que inician a mitad de la década de los setenta y que continúan hasta la fecha. Igualmente importante, y estrechamente ligada a esta actividad, ha sido la actividad de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), que ha unificado, particularmente por medio de sus reuniones anuales a lo largo y ancho del país, a esta comunidad. Por otro lado, son importantes los trabajos para la manufactura y comercialización de equipos y sistemas relacionados, en donde resalta la existencia de decenas de pequeñas empresas en la manufactura y comercialización de calentadores solares planos en el territorio nacional.

En México se fabrica este tipo de calentadores desde hace más de cincuenta años y en la actualidad existen cerca de 50 fabricantes registrados. Esto se ha reflejado en el crecimiento de la producción de calentadores solares planos. En 1999 se instalaron 35 mil m². De esta manera, de 1997 a 1999 se tenían en nuestro país 345 mil m² de este tipo de sistema.

Hasta 1999 existían en México aproximadamente 50 mil sistemas fotovoltaicos instalados para proveer de electricidad zonas desprovistas de este servicio y alejadas de la red eléctrica. La capacidad instalada en sistemas fotovoltaicos en México, en el año de 1999, fue de 0.9 MW, con lo que el acumulado hasta este mismo año es de 12.92 MW.

En cuanto a energía eólica, la CFE opera dos plantas piloto: una de 1.5 MW de capacidad en La Venta, Oaxaca, y la otra en Guerrero Negro, Baja California Sur, con una capacidad de 600 kW. Además, se tienen cinco permisos para instalar 148 MW, con capital privado.

De acuerdo con los permisos autorizados por la Comisión Reguladora de Energía, a principios del año 2000 se tenían registrados permisos para generar energía eléctrica utilizando energía renovable como energético principal y en algunos casos como secundario (cuadro 6.13).

Es importante enfatizar que los últimos cuatro años se han caracterizado por un esfuerzo conjunto de la ANES y la CONAE (que tiene un mandato formal como entidad promotora de las energías renovables desde 1999) para proponer y desarrollar estrategias nacionales para la promoción de las energías renovables. En este sentido, resaltan foros públicos de discusión sobre la integración de las energías renovables en el contexto de la reestructuración de los mercados eléctricos, el apoyo para diseñar programas masivos de calentamiento solar de agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y la organización conjunta del «Millenium Solar Forum 2000», el cual se llevó a cabo en la ciudad de México en septiembre del año 2000.

CUADRO 6.13 PROSPECTIVA DE PARTICIPACIÓN EXTERNA A LA CFE EN ENERGÍAS RENOVABLES

Fuente energética	2000		2001	
	MW	GWh	MW	GWh
Biomasa cañera	171	313	171	313
Agua	84	238	92	363
Sol/fotovoltaica	14	30	15	32
Biogás	11	54	11	54
Viento	4	12	64	63
Total	284	647	353	825

FUENTE: CONAE, 2000.

ORIGEN DEL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA
DEL SECTOR ELÉCTRICO Y DEL FIDE DE MÉXICO

México cuenta con una capacidad instalada de generación de energía eléctrica de 35,711 MW. Sus ventas en 1999 ascendieron a 144,996 GWh, de las cuales el 60.2% tuvo como destino el sector industrial, 23% el residencial, 11% el comercial y de servicios y 5.5% el agrícola.

A fin de garantizar un suministro adecuado y oportuno de la energía eléctrica —considerando el acentuado ritmo de crecimiento registrado en la década de los años ochenta—, a partir de 1990 se aplicaron tres estrategias básicas: la inicial consistió en acelerar el proceso de construcción y entrada en operación de nuevas centrales eléctricas; la segunda se enfocó a cambiar algunos conceptos en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, a fin de permitir la participación del sector privado en la generación de este recurso; y por último, en la tercera, se planteó como objetivo el ahorro de energía eléctrica.

Con el fin de coordinar y promover acciones para obtener ahorros de energía, la CFE instituyó en 1989 el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE), cuyos ámbitos de competencia abarcan por igual acciones para generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica con los mínimos costos y consumos de energía, así como para optimizar el uso de la electricidad, tanto en la producción de bienes y servicios como en su aprovechamiento de usos finales. A fin de coadyuvar en el cumplimiento de los objetivos del PAESE, en lo que toca a los usuarios de energía eléctrica, se constituyó en 1990 el FIDE, como un organismo privado no lucrativo y con fondos provenientes de las actividades de la CFE. La autoridad máxima del FIDE es un Comité Técnico conformado por los presidentes de las principales cámaras empresariales del país, importantes usuarios, las empresas suministradoras de energía eléctrica, la CONAE y el Sindicato de Trabajadores Electricistas.

Los beneficios del programa para los usuarios comprenden, entre otros, la reducción del importe de los costos por concepto del consumo y demanda de energía, así como el mejoramiento de la economía familiar. Al sector eléctrico, el ahorro de energía le concede mayor flexibilidad para atender la demanda y disminuir inversiones para ampliar la capacidad de generación, con lo que es posible liberar recursos para orientarlos hacia otras áreas prioritarias, y contribuir a reducir costos de producción y suministro.

Los beneficios a nivel nacional incluyen el aumento de competitividad del sector productivo y la preservación del entorno ecológico.

ESTRATEGIA GENERAL DEL FIDE

Para lograr el mayor impacto de las acciones del FIDE, se diseñó un plan estratégico en el que se identificaron los principales retos y oportunidades para poder establecer la misión, objetivos, programas y proyectos a realizar.

La misión del FIDE tomó en cuenta los retos a superar y las oportunidades existentes, que se resumen en: «Promover e inducir, con acciones y

resultados concretos, el ahorro de energía eléctrica entre los usuarios».

Para cumplir con su misión, el FIDE estableció la estrategia para el cumplimiento de cuatro grandes etapas del Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, que han sido:

- Explorar, para conocer las áreas de oportunidad y potenciales de ahorro existentes.
- Demostrar la rentabilidad de las medidas de ahorro, a fin de contar con elementos que permitan involucrar a los usuarios en el programa.
- Propiciar un efecto multiplicador, mediante la difusión y promoción, entre los distintos grupos de usuarios, aportando más elementos que contribuyan a racionalizar el crecimiento del consumo nacional de este recurso.
- Consolidar y generalizar la aplicación de medidas en todos los usuarios, con lo cual se facilitará la administración de la demanda de energía eléctrica mediante la creación de un mercado natural de equipos, servicios y financiamiento para ahorro de energía eléctrica.

PROYECTOS REALIZADOS Y LOGROS ALCANZADOS

A continuación se resumen los proyectos ejecutados en los principales sectores consumidores en México, hasta el primer trimestre del año 2000, así como los ahorros alcanzados hasta el cierre de 1999 (cuadro 6.14).

Durante 1999, los ahorros de energía eléctrica alcanzados como resultado directo de los proyectos realizados fueron de 3,091 GWh/año y representaron una disminución de 2.13% del consumo de este recurso en México. Los 1,212 KW ahorrados equivalen a 5.04% de la demanda pico y han permitido diferir inversiones en alrededor de 1,200 millones de dólares para ampliar la capacidad de generación de energía eléctrica.

Adicionalmente, como consecuencia de las acciones, proyectos y programas realizados, se ha impulsado un importante efecto multiplicador, el cual

CUADRO 6.14. PROYECTOS REALIZADOS Y AHOROS OBTENIDOS

SECTOR	PROGRAMA	1997			1998			1999				
		NÚMERO DE ACCIONES	AHORROS		TON CO ₂	AHORROS		NÚMERO DE ACCIONES	AHORROS		TON CO ₂	
			MW	GWh- /AÑO		MW	GWh/ AÑO		MW	GWh AÑO		
DOMÉSTICO	Proyectos piloto de instalación de lámparas fluorescentes compactas	985,000			597,613	18	32	53,993.3	745,068	24	49	82,677.30
	Proyectos piloto. Equipos de aire acondicionado instalados		93	158				266,592.1	655			
	Viviendas aisladas	52,618			61,680	40	61	102,924.8	67,554	41	70	118,110.4
	Diagnósticos realizados	4,451			7,277	8	18	30,371.2	8,278	9	20	33,745.8
MICRO Y PEQUEÑA EMPRESA	Proyectos	—	—	—	212	5	8	13,498.3	315	9	6	10,123.7

CUADRO 6.14. PROYECTOS REALIZADOS Y AHOROS OBTENIDOS (CONTINÚA)

SECTOR	PROGRAMA	1997				1998				1999			
		NÚMERO DE ACCIONES	AHORROS		TON CO ₂	NÚMERO DE ACCIONES	AHORROS		TON CO ₂	NÚMERO DE ACCIONES	AHORROS		TON CO ₂
			MW	GWh/- AÑO			MW	GWh- / AÑO			MW	GWh/ AÑO	
Proyectos en instalaciones industriales, de comercios y servicios y servicios municipales	Proyectos en la industria	364	123	643	1,084,928.7	467	137	670	1,130,485.6	625	145	719	1,213,162.9
	Proyectos en el comercio	96	8	34	57,367.9	182	14	53	89,426.4	232	17	60	101,237.5
	Proyectos en servicios municipales ¹	107	10	516	870,642.6	139	16	62	104,612.1	165	19	66	111,361.2
Horario de verano	Medida aplicada desde 1996	-	529	943	1,591,116.3		683	1,012	1,707,539.5		613	1,092	1,842,522.8
Incentivos y desarrollo de mercado	LFC instaladas ²	335,000	8.5	22	37,120.4	1,863,180	51	54	91,113.7	3,263,937	86	99	167,041.9
	Motores eléctricos	-	-	-		4,534	4	16	26,996.6	12,197	15	60	101,237.5
	Unidades de alumbrado ₃	-	-	-		360,760	5	4	6,749.1	1,365,554	16	26	43,869.5
	Compresores	-	-	-		191	1	2	3,374.5	710	5	12	20,247.5

CUADRO 6.14. PROYECTOS REALIZADOS Y AHOROS OBTENIDOS (CONTINÚA)

SECTOR	PROGRAMA	1997			1998			1999				
		NÚMERO DE ACCIONES	AHORROS		TON CO ₂	NÚMERO DE ACCIONES	AHORROS		NÚMERO DE ACCIONES	AHORROS		TON CO ₂
			MW	GWh/AÑO			MW	GWh/AÑO		MW	GWh/AÑO	
Agropecuario	LFC's en granjas avícolas	-	-	-	184,000	9	13	21,934.7	384,000	19	27	45,556.8
	Pozos de bombeo agrícola	-	-	-	8,914	116	609	1,027,560.8	9,916	122	652	1,100,114.3
Total			771.5	2,316	3,907,768.3	1,107	2,614	4,410,581.3		1,140	2,958	4,991,009.7

¹ Incluye 111 proyectos en alumbrado público y 56 en bombeo de agua

² Este proyecto se realiza en el sector doméstico

³ Incluye lámparas fluorescentes lineales tipo T-8 y balastos de bajas pérdidas

FUENTE: FIDE, 2000.

es evaluado por medio de encuestas nacionales sobre ahorro de energía eléctrica y mediante modelos realizados por importantes firmas consultoras internacionales especializadas en el tema. Con ello, es posible precisar cuáles son los factores que inciden en la evolución del consumo de este recurso, entre los que se encuentra el ahorro de energía eléctrica. Con base en los resultados de ambos métodos de evaluación, se estima que los ahorros alcanzados como consecuencia de este efecto multiplicador son de aproximadamente 7.5% del consumo registrado en 1999, ya que para ese año los ahorros ascendieron a 10,845 GWh.

Entre los programas y proyectos llevados a cabo sobresalen los proyectos demostrativos que han permitido comprobar la factibilidad técnica y rentabilidad económica del ahorro de energía eléctrica. Estos han dado la pauta para desarrollar programas a gran escala como el proyecto ILUMEX y el de Incentivos para Alumbrado Doméstico, los cuales, de manera conjunta, han impulsado la sustitución de más de cinco millones de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas y, en el caso del segundo, contar con una meta que alcanza los 6.1 millones de unidades, uno de los programas de mayor dimensión a nivel internacional.

En el sector productivo se lleva a cabo el Programa de Incentivos y Desarrollo de Mercado, que cuenta con recursos provenientes tanto de la CFE como de un préstamo otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cual asciende a 23.4 millones de dólares. Cabe señalar que éste es el primer financiamiento que otorga el BID de manera independiente para un programa de eficiencia energética y es el de mayor monto para este tipo de acciones. Este programa contempla cuatro proyectos específicos:

- Otorgamiento de incentivos económicos a las empresas industriales comerciales y de servicios que adquieran motores, unidades de alumbrado y compresores de alta eficiencia.
- Establecimiento de esquemas de financiamiento que impulsen proyectos de ahorro de energía.

- Desarrollo de empresas de servicios energéticos, las cuales, además de brindar servicios técnicos, aportan financiamiento para ejecutar los proyectos, que se pagan con los ahorros obtenidos.
- Promoción intensa, capacitación de recursos humanos y realización de actividades de normalización y certificación voluntaria (cuadro 6.15).

CUADRO 6.15 PRINCIPALES AVANCES EN MATERIA DE PROGRAMAS DE APOYO

PROGRAMA	AVANCES
Difusión	<p>Impresión y distribución anual de 372 mil ejemplares de una revista técnica y un boletín informativo.</p> <p>Realización de 58 fascículos técnicos (162 hojas caso).</p> <p>Impresión y distribución total de 46 millones de materiales diversos.</p> <p>Elaboración de 17 Audiovisuales.</p> <p>Realización de dos programas multimedia.</p> <p>Utilización de medios de comunicación (radio, televisión, prensa, diversos materiales impresos y espectaculares).</p>
Educación para el ahorro y uso racional de la energía eléctrica	<p>Exposición permanente sobre el tema en 14 museos y centros de ciencia y realización de tres exposiciones itinerantes.</p> <p>Incorporación del tema de ahorro de energía eléctrica por medio de centros de maestros en 13 entidades del país.</p> <p>Participación de 5,500 escuelas.</p> <p>Capacitación a 7,796 maestros.</p> <p>Inscripción de 310,260 alumnos.</p> <p>Elaboración y difusión de 5 materiales impresos y audiovisuales.</p>
Formación de recursos humanos	<p>Impartición de 632 cursos.</p> <p>Realización de 202 talleres.</p>

CUADRO 6.15 PRINCIPALES AVANCES EN MATERIA DE PROGRAMAS DE APOYO (continúa)

PROGRAMA	AVANCES
	<p>Organización de diversos seminarios.</p> <p>Participación de más de 50 organismos empresariales.</p> <p>Capacitación a más de 15,500 elementos.</p>
Normalización	Vigencia de 14 NOM sobre motores, equipos de iluminación, refrigeradores, equipos de aire acondicionado, equipos de bombeo, lavadoras de ropa, etcétera.
Sello FIDE	Cuentan con el sello FIDE 14 empresas y 570 modelos de equipos y dispositivos . Se ha otorgado este sello a lámparas fluorescentes compactas y lineales, luminarios para alumbrado público, motores, balastos y sensores de presencia.
Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica	<p>Realización de ocho certámenes.</p> <p>Participación de 527 empresas e instituciones.</p>

FUENTE: FIDE, 2000.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS

La investigación nacional en materia de energías no convencionales ha sido liderada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). De 1990 a 1999 se realizaron los siguientes proyectos:

- Producción de gas combustible a partir de aguas de desecho industrial.
- Normatividad de sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales.

- Metodología para evaluar el potencial de degradación metanogénica de aguas residuales.
- Factibilidad de generación eléctrica con el biogás generado en rellenos sanitarios.
- Diseño básico del estanque solar de gradiente salino para calentamiento de aire y salmuera.
- Potencial eólico en el cerro de La Virgen, Zacatecas, Zacatecas.
- Sistemas conversores de energía eólica para generación eléctrica.
- Actividades técnicas para el establecimiento de programas de electrificación.
- Modelos numéricos para la emisión de contaminantes y optimización de redes de calidad del aire en los alrededores de las centrales termoeléctricas.
- Pequeños sistemas fotovoltaicos aislados (menos de 100 KW).
- Metodología para la producción de lodos anaerobios.
- Desarrollo de reactores anaerobios de lecho fluidizado.
- Energía eólica en zonas de aprovechamiento potencial en la República Mexicana.
- Estudio micrometeorológico del Valle de México.
- Sistemas híbridos solar-eólico para generación eléctrica.
- Proyecto piloto de un estanque solar para generación eléctrica.
- Calentadores solares de agua para ahorrar gas LP en el sector doméstico nacional.
- Sistemas demostrativos para la producción de energía mediante procesos anaerobios a partir de aguas residuales municipales.
- Pequeños sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica.
- Estudio de prefactibilidad para un proyecto de energía eólica de 150 MW en La Ventosa Oaxaca, México.
- Proyecto «Agua limpia con energía limpia».
- Sistema de información sobre el potencial de energías renovables en México (etapa I).

- Consultoría para el estudio de la fuente de energía no convencional, energía fotovoltaica en el marco del convenio de cooperación entre Panamá y México.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2001-2006

El Ejecutivo Federal reconoce el valor intrínseco de las medidas a favor del medio ambiente y la protección de los recursos naturales, y también, en el plano internacional, la importancia de la Agenda 21 como elemento rector de los compromisos que México ha suscrito con la comunidad internacional y como referencia para la acción ambiental en nuestro país. Las Estrategias propuestas en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 para alcanzar las metas en materia de protección ambiental son:

- a) Promover el uso sustentable de los recursos naturales, especialmente la eficiencia en el uso del agua y la energía.
- b) Promover una gestión ambiental integral y descentralizada.
- c) Fortalecer la investigación científica y la innovación tecnológica para apoyar tanto el desarrollo sustentable del país como la adopción de procesos productivos y tecnologías limpias.
- d) Promover procesos de educación, capacitación, comunicación y fortalecimiento de la participación ciudadana relativos a la protección del medio ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
- e) Mejorar el desempeño ambiental de la administración pública federal.
- f) Continuar en el diseño y la implementación de la estrategia nacional para el desarrollo sustentable.
- g) Avanzar en la mitigación de las emisiones de gases de efecto de invernadero.

Ante la polémica internacional sobre el calentamiento global, el grado de desarrollo de nuestro país no permite el establecimiento de objetivos de reducciones absolutas en los niveles de emisiones de gases de efecto in-

vernadero. No obstante, se mantiene el compromiso de promover las medidas de mitigación que no atenten contra el desarrollo nacional.

Se continuará fomentando la introducción de las variables ambientales en las políticas, normas y programas sustantivos en el sector económico, particularmente en lo que se refiere al uso de energéticos y combustibles fósiles.

SISTEMA INTEGRADO DE REGULACIÓN DIRECTA Y GESTIÓN AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA (SIRG)

Los problemas ambientales y la inducción de nuevos procesos de desarrollo con una dimensión de sustentabilidad demandan importantes esfuerzos para coordinar las decisiones privadas con los objetivos públicos. Esto puede lograrse con la utilización de una amplia gama de instrumentos disponibles mediante la legislación y las instituciones vigentes.

En el sector industrial existe ya un sólido basamento jurídico, el cual se denomina Sistema Integrado de Regulación Directa y Gestión Ambiental de la Industria (SIRG). Este sistema conjuga aquellos elementos que buscan asegurar una política ambiental eficiente para la industria, que son la Licencia Ambiental Única (LAU), la Cédula de Operación Anual (COA) y el Programa Voluntario de Gestión Ambiental (PVG). Además, el Sistema cuenta con seis elementos complementarios: el Programa Nacional de Auditorías Ambientales; los Sistemas de Administración y/o Gestión Ambiental; Incentivos Fiscales y Arancelarios; Estímulos a la Mejora Ambiental Continua; Certificación Ambiental y Centros Regionales de Apoyo a la Gestión Ambiental. También posee cuatro elementos de apoyo: el procedimiento integrado de trámites, la ventanilla de trámites, el número de registro ambiental y los formatos unificados de trámites.

En México, los establecimientos industriales que han respondido encuestas ya están realizando acciones ambientales en sus procesos

productivos, como la limpieza y mantenimiento, el tratamiento de residuos, sistemas de administración y reciclaje. El hecho de que estas conductas se estén abriendo paso en el país resulta importante, pues las mismas industrias pueden favorecer la dinámica de liderazgo hacia aquellas empresas que no hayan desarrollado una conducta ambiental preactiva.

Debido a lo anterior, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y las delegaciones federales de la SEMARNAP, a partir de 1997 y hasta el 2000 entregaron un total de 149 LAU y 9,155 Licencias de Funcionamiento, expedidas a fuentes fijas de jurisdicción federal.

PROGRAMA DE NORMALIZACIÓN AMBIENTAL INDUSTRIAL 1997–2000

Las normas y su verificación coactiva, por naturaleza son instrumentos aptos para ser aplicados en procesos, productos o actividades estandarizados o repetitivos, los cuales deberán alcanzar un mejor desempeño cuando su cobertura pueda ser suficientemente general y su contenido fácil de entender, aplicar y vigilar. En este campo, es innegable el avance que nuestro país ha experimentado durante los últimos años. A finales de 1996 el sector industrial contaba con 41 normas de descarga de aguas residuales, 26 para emisiones atmosféricas, ocho para residuos peligrosos y cuatro para ruido. En asociación con este aparato normativo, se ha desarrollado también un esfuerzo muy intenso de verificación e inspección que hoy permite a buena parte de la industria (sobre todo a las grandes empresas) presentar niveles de cumplimiento aceptables.

El Programa de Normalización Ambiental Industrial 1997–2000, se presentó en tres planos fundamentales de la gestión pública. En primer lugar, expresaba objetivos y propósitos claros de política industrial. En segundo, ofreció un horizonte de certidumbre a la actividad productiva, sobre los proyectos e intenciones de regulación normativa para los próximos años.

Por último, el programa se integró en un plano de mayor generalidad a otros instrumentos de política.

A partir de las necesidades de protección ambiental, oportunidades de regulación, exigencias legítimas de certidumbre por parte de la industria y de los consensos básicos establecidos, se presentan los siguientes avances significativos del Programa de Normalización Oficial Ambiental 1997–2000 y 18 proyectos de norma adicionales, que se contemplaron dentro del periodo 1999–2000 (cuadro 6.16).

REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES (RETC)

Estimaciones preliminares de la SEMARNAP durante el periodo de 1994-2000, indicaban que en México se emitían al ambiente alrededor de cuatro millones de toneladas de residuos peligrosos, doce millones de toneladas de contaminantes atmosféricos (sólo en cuencas urbanas) y cien mil toneladas de sustancias tóxicas y bioacumulables. A fin de enfrentar esta situación, la antes SEMARNAP puso en marcha en el año 2000 el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

El RETC es una base de información sobre la emisión y transferencia de contaminantes en los distintos medios (aire, agua y suelo) en relación con los sectores de la economía y a lo largo de los municipios y estados del país. La base de datos del RETC tiene una estructura tridimensional que incluye ocho categorías de fuentes de emisión, 178 contaminantes relacionados con el agotamiento de la capa de ozono, la contaminación del aire en cuencas urbanas, el cambio climático, la contaminación del agua, los residuos peligrosos y las sustancias tóxicas. A fin de determinar las emisiones de contaminantes en el año de 1997 (año base considerado para el registro de datos), se utilizó la información contenida en alrededor de 2,500 formatos de Cédulas de

CUADRO 6.16 NORMAS OFICIALES MEXICANAS PUBLICADAS EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN

MATERIA	AÑO				
	1997	1998	1999	2000	2001
Agua	1	2			
Atmósfera	1	2	3	1	
Impacto Ambiental		6			1
Recursos naturales				1	1
<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>10</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>2</i>

Operación Anual y formatos antiguos de la Licencia de Funcionamiento que se recibieron a nivel nacional y se complementó dicha información con los inventarios de emisiones atmosféricas, generación de residuos peligrosos, descargas de aguas residuales y de emisiones de gases de efecto invernadero.

El RECT sirve como una herramienta básica de gestión ambiental para diferentes ámbitos como los establecimientos industriales y los tres órdenes de gobierno. Entre los resultados de este programa se tienen los siguientes:

EMISIONES A LA ATMÓSFERA

Como parte de las actividades de los programas para el Mejoramiento de la Calidad del Aire (PROAIRES) de las cinco ciudades mexicanas, se realizaron los inventarios de emisiones a la atmósfera de Ciudad Juárez, Área Metropolitana de Monterrey (AMM), Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) y Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). En términos de los volúmenes de emisión, el monóxido de carbono fue más elevado en la ZMVM, ocupando el segundo lugar la ZMG y el AMM en tercero. El sector transporte registró

una mayor emisión de contaminantes, principalmente de monóxido de carbono, seguido por las emisiones de hidrocarburos. En el sector de los servicios, las emisiones se concentraron en los hidrocarburos. En el sector industrial, se pudo notar que las cifras fueron inferiores a las del sector transporte.

En relación con las emisiones de partículas, la frecuencia de violaciones a la norma durante 1997 en las cinco ciudades fueron como sigue:

- ZMVM. 160 días se rebasó la norma (44% del año), con una concentración de 179 g/m^3 de promedio anual.
- ZMG. 52 días se rebasó la norma (14% del año).
- AMM. Nueve días se rebasó la norma (3% del año).
- ZMVT. El promedio anual de las Partículas Suspensas Totales fue de 168 g/m^3 , valor superior a la norma establecida, de 75 g/m^3 .
- Ciudad Juárez. Se excedió la norma en 18% de los muestreos realizados.

En cuanto al SO_2 la mayor emisión de dióxido de azufre se encontró en el AMM. Aunque es menor la emisión en la ZMVM, también muestra una emisión importante, ocupando con ello el segundo sitio entre las cinco cuencas atmosféricas consideradas.

Destacan principalmente las emisiones de óxidos de nitrógeno en la ZMVM, seguidas por las emisiones de este contaminante en el AMM y en la ZMG. Las mayores emisiones de hidrocarburos se localizaron en la ZMVM, que anualmente arroja 444,370 toneladas/año. Ese mismo comportamiento se observó en la ZMG, con 143,835 toneladas/año y en el AMM, con una emisión anual de 125,375 toneladas.

DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES

Al nivel nacional, se observó que Yucatán, aunque ocupa un mayor número de puntos de descarga (4,060), representó un caudal de sólo $2.2 \text{ m}^3/\text{s}$. En el caso del estado de Veracruz sucedió a la inversa; es decir, aunque

tiene un número de descargas menor (3,309), su volumen de caudal fue de 48.5 m³/s. La lógica de esta contradicción se debe a que en Yucatán esas descargas son muy pequeñas, mientras que en el estado de Veracruz, una de las principales actividades económicas son los ingenios, los cuales utilizan grandes cantidades de agua para sus procesos.

GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

Se estimó que la generación total de residuos peligrosos de origen industrial en México ascendió a un volumen aproximado de cuatro millones de toneladas anuales, sin considerar los jales mineros, residuos que también pueden ser peligrosos y que se producen en grandes cantidades (entre 300 mil y 500 mil toneladas diarias). En la región centro se generó 63% de los residuos peligrosos de México. Esta región concentra 40% de la población del país y representa 7% de su superficie. Asimismo, de esta región se obtiene 55% del PIB.

El Distrito Federal y el estado de México aportaron la mayor cantidad de residuos industriales a nivel nacional. En forma conjunta, la Zona Norte y la Zona Centro generaron casi 90% de los residuos peligrosos del país.

VII. INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA

ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE DOCE TECNOLOGÍAS PARA MITIGAR EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Desde 1997, México ha realizado diversos estudios relacionados a la evaluación de tecnologías de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) con el propósito de analizar su potencial de mitigación y sus costos en los sectores: energético, forestal, transporte y agrícola.

En ese año inicial, se desarrolló el estudio académico *Support for National Action Plan*, coordinado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con fondos de la Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional (USAID).

En el sector energético, el análisis de las tecnologías de mitigación de GEI se centró en el incremento de la eficiencia energética, la sustitución de combustibles y la instrumentación de estándares y normas para reducir el consumo de energía. En el sector forestal, los estudios se enfocaron al manejo forestal, la reforestación y la promoción de las opciones agroforestales.

Los estudios de evaluación de tecnologías de mitigación de GEI por sector se listan a continuación:

SECTOR ENERGÉTICO	<ul style="list-style-type: none">· Plantas generadoras de ciclo combinado.· Generación de electricidad por medio de viento.· Bombeo de agua potable.
SECTOR INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none">· Motores eléctricos.· Cogeneración industrial.· Calderas industriales.· Calderas de lecho fluidizado.· Bombas de calor.
SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL	<ul style="list-style-type: none">· Iluminación eficiente.
SECTOR FORESTAL	<ul style="list-style-type: none">· Manejo forestal.
SECTOR AGRARIO	<ul style="list-style-type: none">· Manejo de biogás.
SECTOR TRANSPORTE	<ul style="list-style-type: none">· Vehículos eléctricos en la Zona Metropolitana del Valle de México.· Transporte público en la ZMVM.· Distribución de mercancías bajo el esquema de operación logística en el Área Metropolitana de la Ciudad de México.

MODELO

El modelo utilizado en el análisis de las tecnologías de mitigación fue desarrollado por el Instituto de Ingeniería y el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El modelo simula el sistema energético y sus emisiones asociadas de GEI, las opciones de mitigación forestales y la captura de carbono, los costos de mitigación de GEI y las curvas de costos incrementales.

SECTOR ENERGÍA

La simulación del sistema energético considera la demanda, la transformación y el suministro de energía. Los sectores que se consideran en cada una de las actividades y/o sectores son los siguientes:

1. Demanda: agricultura, residencial, comercial, servicios, industrial, transporte y consumo del sector energético.
2. Transformación: refinación, generación de electricidad y craqueo de gas.
3. Suministro: petróleo (producción y exportación), gas natural (producción e importación), carbono (producción e importación), biomasa, nuclear, geotermia e hidroelectricidad.

Para cada uso final, el modelo asigna un indicador de intensidad energética o de consumo de energía por actividad. Los indicadores empleados por el modelo son: PIB, estructura del PIB, número de viviendas urbanas y rurales, número de habitantes, número de pasajeros por kilómetro o número de toneladas transportadas por kilómetro. La ecuación empleada en la estimación del consumo de energía es:

$$E_{ij} = A_{it} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m S_{ijkt} I_{ijkt}$$

A_{it} = Nivel de actividad en el sector j en el año t.

S_{ijkt} (j = 1, 2, ... n) y k (k = 1, 2, ... m) = nivel de actividad específica j por unidad de actividad agregada por fuente de energía.

I_{jkt} = Intensidad energética de la actividad específica j de la fuente de energía k.

La demanda total de energía es la suma de la demanda de energía de los diferentes sectores.

$$E_{Tt} = \sum_{j=1}^S E_{jt}$$

Una vez que el sistema energético es modelado, éste calcula las emisiones de gases de efecto invernadero para cada una de las actividades de la demanda, transformación y suministro de energía. Los gases de efecto invernadero calculados por el modelo son: CO₂, CO, NO_x, y CH₄.

SECTOR FORESTAL

El modelo considera el uso final de los productos forestales de acuerdo con la distribución económica y de población nacional. El área requerida se estima con la productividad de las diferentes estrategias de manejo forestal.

El modelo se divide en dos categorías principales, conservación forestal y reforestación, y considera la pérdida de bosques y las tasas de deforestación de los principales bosques de México. La captura de carbono en el sector forestal (St) se calcula como sigue:

$$St = \sum Cnet_i * A_{it}$$

Donde:

$Cnet_i$ = unidad de carbono mitigado a largo plazo.

A_{it} = área total de la opción de mitigación «j» en el tiempo «t».

Cnet representa la diferencia entre el carbono capturado de la opción de mitigación y del uso alternativo del suelo sin la opción de mitigación. Cnet incluye el carbono almacenado en la vegetación (sobre y bajo la tierra), en la materia en descomposición, en los suelos, los productos madereros y el carbono ahorrado por la quema de leña en lugar de combustibles fósiles.

El carbono capturado es anualizado mediante el balance de carbono (Cbt_i) de cada opción de mitigación. Cbt_i representa el carbono neto mitigado relacionado con cada actividad en un año específico (tonelada de carbono/año). El balance anual de carbono del sector forestal (Cbt) en el año «t» es la suma del balance asociado de carbono para cada actividad de mitigación «i».

$$Cbt = \sum Cbt_i$$

COSTOS DE MITIGACIÓN

El modelo considera la inversión, operación y los costos de mantenimiento para satisfacer los servicios forestales y energéticos. El modelo determina los costos de mitigación mediante el concepto de «costos anualizados», el cual anualiza el costo de los valores presentes netos.

$$CN_i = VPN_i * d / [1 - (1 + d)^{-n}]$$

Donde:

CN_i = Costo anualizado

VPN_i = Valor presente neto

d = tasa de retorno

El carbono neto secuestrado es la diferencia entre el carbono secuestrado y la línea base:

$$CTA_i = [CN_{mi} - CN_{bl}] / [CO_{2_{bl}} - CO_{2_{mi}}]$$

Donde:

$[CN_{mi} - CN_{bl}]$ es la diferencia entre los costos anualizados entre el costo de instrumentación de la opción de mitigación «i» (CN_{mi}) y el costo de la línea base (CN_{bl})

$[CO_{2_{bl}} - CO_{2_{mi}}]$ es el total de las emisiones evitadas de la opción de mitigación (i) relacionada con la línea base.

El año de referencia es 1994 y la tasa de retorno es de 9 % para las opciones de mitigación, tanto forestales como energéticas.

LÍNEA BASE

El escenario base para el sector energético considera un crecimiento del PIB de 4.5%, la no sustitución de combustible y la expansión del sector eléctrico por medio de centrales termoeléctricas. El escenario base para el sector forestal considera las tasas de deforestación constantes para cada uno de los tipos de bosque en México. Los cuadros 7.1 y 7.2 muestran datos de población y del PIB, tanto históricos como proyectados, y los niveles de emisión de CO_2 proyectados para el PIB base durante el periodo 1990-2010.¹

CUADRO 7.1. DATOS HISTÓRICOS Y PROYECCIONES DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y DEL PIB

	1990– 1991	1991– 1992	1992– 1993	1993– 1994	1995– 2000	2000– 2005	2005– 2010
Población	1.97%	1.93%	1.87%	1.82%	1.60%	1.34%	1.14%
PIB	3.63%	2.81%	6.80%	3.54%	4.00%	4.50%	4.50s%

¹ Support for a Climate Change National Plan for Mexico, Instituto de Ingeniería de la UNAM, 1997. Documento elaborado para el Instituto Nacional de Ecología (INE).

CUADRO 7.2. PROYECCIÓN DE EMISIONES DE CO₂ EN FUNCIÓN DEL PIB

CRECIMIENTO DEL PIB	2010	1990-2010
	MILLONES DE TONELADAS DE CO ₂	CRECIMIENTO
Bajo (2.5%)	805.6	55%
Línea base (4.5%)	878.9	69%
Alto (6.05)	960.3	85%

EMISIONES FUTURAS DE CO₂

De acuerdo con los estudios realizados por investigadores de los institutos de Ingeniería y de Ecología de la UNAM, las emisiones de CO₂ del sector energético crecerán en 149% de 1995 a 2010, y se perderán 10.4 millones de hectáreas en el mismo periodo. Debido a que la tasa de deforestación es proporcional a los bosques residuales, el área anual disminuirá en el futuro. Las emisiones de CO₂ en millones de toneladas del sector energético y forestal se muestran en el cuadro 7.3.²

CUADRO 7.3. EMISIONES DE CO₂ AL AÑO 2010
(MILLONES DE TONELADAS)

	1990	1995	2000	2005	2010
Energía	292.1	333.4	397.9	546.3	726.0
Forestal	228.9	206.7	186.6	168.9	152.9
Total	521.0	540.1	584.5	715.2	878.9

² *Ibidem.*

POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂

Una de las principales barreras para evaluar el potencial de mitigación de gases de efecto invernadero es la falta de información, por esta razón, sólo se simularon algunas de las tecnologías de mitigación. En el sector energético se consideran las siguientes opciones: centrales de ciclo combinado, iluminación eficiente en el sector residencial y comercial, bombeo de agua, motores industriales, calderas industriales, cogeneración industrial, la expansión del servicio del metro y el uso de camiones de transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). En el sector forestal se incluyen: manejo forestal (templado y tropical), reforestación y opciones agroforestales.

El potencial de mitigación de emisiones de CO₂ de las tecnologías mencionadas para el año 2005 es de 270 millones de toneladas y de 393 millones de toneladas en el año 2010³ (cuadro 7.4).

Los resultados anteriores muestran que el mayor potencial de mitigación de CO₂ en el sector energético son las centrales de ciclo combinado, la cogeneración industrial y las plantas eólicas. En el año 2010 el porcentaje de mitigación de las tecnologías energéticas con respecto al potencial de mitigación de GEI total es de 33.36%.

De acuerdo con los expertos mexicanos, el mayor potencial de mitigación de CO₂ se ubica en el sector forestal, específicamente en los bosques templados, los cuáles para el año 2010 representarían el 48.5% del potencial total de mitigación de CO₂. La figura 7.1 muestra la evolución de las emisiones de CO₂ con generación de energía eléctrica por medio de centrales convencionales como línea base, y los escenarios de mitigación de los sectores energético y forestal con las tecnologías mostradas en el cuadro 7.4.

³ Omar Masera y Claudia Sheinbaum. Mitigación de Emisiones de Carbono y Prioridades de Desarrollo Nacional, Instituto de Ecología e Instituto de Ingeniería, UNAM.

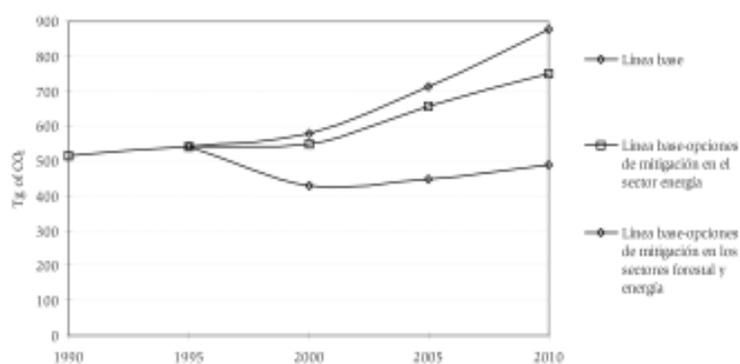
CUADRO 7.4. POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE CO₂
(MILLONES DE TONELADAS)

OPCIÓN	2000	2005	2010
Centrales de ciclo combinado	13.9	21.2	70
Iluminación en el sector residencial	0.7	1.6	2.5
Iluminación en el sector comercial	0.5	0.8	1.2
Bombeo de agua	1	1.1	1.2
Motores industriales	0.2	0.6	0.9
Calderas Industriales	1	1.8	2.7
Camiones en la ZMVM	1.2	1.1	1.0
Cogeneración industrial	0.4	17.9	35.4
Generación eólica	1	6.6	12.2
Metro en la ZMVM	0	2.0	4.0
<i>Total del sector energía</i>	<i>19.9</i>	<i>54.7</i>	<i>131.2</i>
Manejo forestal (templado)	97	162	190.8
Manejo forestal (tropical)	10.9	18.7	34.8
Restauración	16.4	29.7	31.4
Opciones agroforestales	5.4	5.2	5.1
<i>Total del sector forestal</i>	<i>129.7</i>	<i>215.6</i>	<i>262.1</i>
<i>Total (millones de toneladas)</i>	<i>149.6</i>	<i>270.3</i>	<i>393.3</i>

COSTOS DE MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El costo de mitigación considera la inversión de capital, los costos de operación, mantenimiento, transformación y generación de las actividades energéticas. En el sector forestal los costos de mitigación consideran los costos actuales de manejo forestal (incluyendo los beneficios de los productos madereros) y los costos de oportunidad del uso del suelo.

FIGURA 7.1. ESCENARIO BASE Y DE MITIGACIÓN



Los valores negativos muestran que el costo de mitigación de la opción es menor que el de mitigación del escenario base (centrales convencionales). El cuadro 7.5 muestra los costos de mitigación de las alternativas energéticas y forestales.⁴ Los resultados obtenidos indican que el costo de casi todas las alternativas energéticas es negativo con respecto al escenario base, aunque es importante hacer notar que incluso las alternativas con mayores relaciones costo–efectividad (por ejemplo, la iluminación residencial) requieren de grandes inversiones, mayores que para las tecnologías convencionales.

Los costos de mitigación de las opciones forestales dependen de la región. De acuerdo con los expertos, los costos de mitigación son valores promedios, por lo que los costos finales pueden ser mayores o menores a los reportados.

⁴ *Ibidem.*

CUADRO 7.5. COSTOS DE LAS TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN

OPCIÓN	1994 EUA \$/TONELADAS DE CO ₂
Iluminación residencial	-45.9
Bombeo de agua	-36.4
Iluminación comercial	-35.0
Cogeneración industrial	-33.6
Camiones en la ZMVM	-29.2
Calderas industriales	-27.3
Centrales de ciclo combinado	-15.8
Generación eólica	-11.9
Manejo forestal (templado)	-3.5
Manejo forestal (tropical)	1.6
Agroforestal	4.4
Restauración	5.4
Metro en la ZMVM	70.5
Motores industriales	106.4

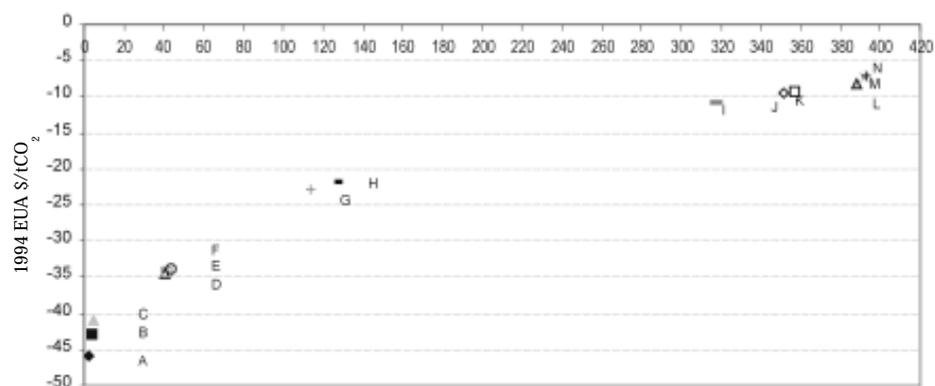
CURVA DE COSTOS INCREMENTALES

La curva de costos incrementales incorpora una a una las tecnologías de mitigación, referidas al escenario base. La figura 7.2 muestra la adición de tecnologías de mitigación para el año 2010.

Las emisiones evitadas acumuladas de CO₂ y los costos de mitigación de las diferentes tecnologías se muestran en el cuadro 7.6.⁵

⁵ *Ibidem.*

FIGURA 7.2. CURVA DE COSTOS INCREMENTALES

CUADRO 7.6. EMISIONES EVITADAS (MILLONES DE TONELADAS DE CO₂)

OPCIÓN	EMISIONES EVITADAS ACUMULADAS*	COSTOS DE MITIGACIÓN ACUMULADOS**	
A	Iluminación residencial	2.5	-45.9
B	Bombeo de agua	3.6	-42.8
C	Iluminación comercial	4.8	-40.9
D	Cogeneración industrial	40.2	-34.5
E	Camiones en la ZMVM	41.2	-34.3
F	Calderas industriales	43.8	-33.9
G	Centrales de ciclo combinado	113.8	-22.8
H	Generación eólica	126.0	-21.8
I	Manejo forestal (templado)	316.8	-10.7
J	Manejo forestal (tropical)	351.6	-9.5
K	Agroforestal	356.7	-9.3
L	Restauración	388.1	-8.1
M	Metro en la ZMVM	392.1	-7.3
N	Motores industriales	393.0	-7.1

* (Millones de toneladas de CO₂).** (1994 EUA \$/toneladas de CO₂).

CONCLUSIONES

Mediante las alternativas de mitigación de GEI analizadas, el potencial de mitigación para el año 2010 es de 393.3 millones de toneladas de CO₂. El potencial de mitigación de GEI del sector energético es de 131.2 millones de toneladas, lo cual representa el 33.35% del potencial total y el del sector forestal es de 262.1 millones de toneladas, lo que representa el 66.65%.

De acuerdo con los expertos nacionales, las tecnologías de mitigación de GEI son viables. Sin embargo, una de las principales barreras para instrumentar dichas tecnologías son las altas inversiones requeridas.

Las opciones de mitigación en el sector forestal deberán estar acompañadas con esfuerzos en el sector energético, a fin de promover la energía renovable e incrementar su eficiencia. Adicionalmente, la gran cantidad de carbono que podría capturarse por las opciones forestales, permitiría la introducción de energías renovables en el mediano y largo plazos. Empero, las fuentes alternas de energía sólo tendrán una participación significativa en la mitigación de gases de efecto invernadero en el largo plazo.

PROYECTOS DE LA COMISIÓN AMBIENTAL METROPOLITANA PARA MEJORAR
LA CALIDAD DEL AIRE (MITIGACIÓN DE EMISIONES)

Debido al cierre del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995–2000 (Proaire), los miembros de la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) coordinaron el Proyecto de Preparación de Bases para un nuevo Programa de Calidad para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), que incorpora metas de corto, mediano y largo plazo.

Se coincidió en la importancia de incorporar el mejor conocimiento científico y tecnológico disponible a nivel nacional e internacional, a fin de sustentar las estrategias y/o acciones propuestas, buscando el fortalecimiento de las instituciones y de la participación social, así como la identificación y superación de diversas barreras que limitan la efectividad de las políticas de mejoramiento de la calidad del aire.

A pesar de los avances alcanzados en los últimos años, la contaminación del aire en la ZMVM continúa siendo un problema que afecta la salud y el bienestar de una población creciente, la cual excede los 18 millones de habitantes.

El objetivo fundamental de este proyecto de preparación es diseñar una estrategia integral para la gestión de la calidad del aire en la ZMVM como apoyo a la preparación del Tercer Programa de Gestión de la Calidad del Aire, que corresponde diseñar a la CAM. El propósito es que para el año 2010 la calidad del aire sea sustancialmente mejorada en términos de reducción de concentraciones de partículas, ozono, hidrocarburos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno. Este Plan de Calidad del Aire, que cuenta igualmente con el apoyo de la Iniciativa de Aire Limpio para Latinoamérica del Banco Mundial, busca mejorar la salud de la población y también reducir el número de contingencias relacionadas con el ambiente en la ZMVM.

El proyecto de preparación de bases para un nuevo Programa de Calidad del Aire para la ZMVM concluyó en noviembre del año 2000. Las tareas que la CAM coordinó para su integración se presentan enseguida.

EVALUACIÓN DE LAS ACCIONES REALIZADAS EN EL PROAIRE 1995–2000

El Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México (PROAIRE) dio inicio en 1995, con el propósito de reducir de manera gradual y permanente los niveles de contaminación en la atmósfera y proteger la salud de los habitantes de la ZMVM. Este programa fue desarrollado por la SEMARNAP, el gobierno del Distrito Federal, el gobierno del Estado de México

y la Secretaría de Salud. Participaron, asimismo, el sector privado y el académico. Dicho programa constó de 94 instrumentos incluidos en cuatro metas:

- Industria limpia
- Vehículos limpios
- Nuevo orden urbano
- Transporte limpio y recuperación ecológica

Los objetivos del programa fueron:

- Reducir en 75% la probabilidad de que se presentaran contingencias ambientales, es decir, días con niveles de contaminación por arriba de los 250 IMECAS.
- Duplicar el número de días en que debía cumplirse la norma de calidad de aire de 100 puntos IMECA.
- Reducir en más de 300 mil el número de casos de enfermedades respiratorias agudas en épocas invernales.
- Abatir para el año 2000, 50% de las emisiones de hidrocarburos, 40% de los óxidos de nitrógeno y 45% de las partículas suspendidas causadas por la actividad humana en la ZMVM.

CUADRO 7.7 RESULTADOS DE LOS INSTRUMENTOS DEL PROAIRE

META	TOTAL	TERMINADO	EN PROCESO	SIN AVANCE
Industria limpia	20	18	2	0
Vehículos limpios	24	19	5	0
Nuevo orden urbano y transporte limpio	38	31	7	0
Recuperación ecológica	12	9	3	0

Entre los principales logros del programa se encuentran los siguientes:

META 1: INDUSTRIA LIMPIA

Entre los avances alcanzados entre 1998 y 1999 figuran:

- Regulación de las emisiones de óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y partículas provenientes de los procesos de combustión, realizada mediante la modificación a la NOM-085-ECOL-1994 y de otros instrumentos regulatorios.
- Publicación, entre 1998 y 1999, de nuevas normas para almacenar, elaborar y utilizar compuestos orgánicos volátiles (NOM-121-ECOL-1998 y la NOM-123-ECOL-1998).
- Eliminación del combustóleo y del gasóleo de alto azufre en los combustibles industriales y de servicios y fomento del uso del gas natural. Además, el Instituto Mexicano del Petróleo analizó la contribución de la combustión y manejo del gas LP en la formación de ozono, y sugirió el diseño de un programa que atendiera de manera real el problema del suministro y consumo de este energético.
- Cambio de combustóleo por gas natural en las termoeléctricas Valle de México y Jorge Luque, responsables de la emisión a la atmósfera de considerables volúmenes de contaminantes, con lo que mejoraron algunos de sus quemadores. El cambio repercutió en una reducción importante en las emisiones de óxidos de nitrógeno, para cumplir con los lineamientos exigidos por la NOM-085, publicada en 1994.
- Puesta en marcha del Programa de Recuperación de Vapores en estaciones, autotanques y terminales de distribución de gasolina. Con este programa se logró reducir la emisión de contaminantes derivada del almacenamiento y distribución de gasolina, de 20,127 toneladas/año de hidrocarburos, emitidas en 1994, a 16,363 toneladas/año en 1996.

En materia de control de la contaminación en la industria, las autoridades competentes realizaron visitas de inspección a fuentes industriales de

jurisdicción federal y local, logrando resultados como clausura total o parcial, sanciones económicas y notificaciones para ejecutar medidas correctivas de urgente aplicación, así como requerimientos para instalar equipo para el control de la contaminación.

META 2: VEHÍCULOS LIMPIOS

Entre 1998 y 1999 se obtuvieron los siguientes avances:

- Homologación de las políticas de operación y de los sistemas analizadores de gases vehiculares en el Programa de Verificación Vehicular, por primera vez desde su creación, tanto para el gobierno del Distrito Federal como para el del Estado de México. En los últimos años, ambos gobiernos han emprendido una cruzada contra la corrupción que imperaba en los verificentros, lo que ha propiciado la clausura de algunos de ellos.
- Actualización del Programa Hoy No circula. La normatividad aplicada se ha traducido en estrictos límites de emisión vehicular, lo que ha permitido contar con un programa de verificación cada vez más preciso, confiable y efectivo. Sin embargo, se deben seguir reforzando las actividades de inspección, para lo cual se realizan auditorías en los verificentros.
- En cuanto a los establecimientos de servicio, mediante el Programa de Recuperación de vapores, se dio cumplimiento a lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-092-ECOL-1994 y NOM-093-ECOL-1994. Se llevó a cabo esta acción, de conformidad con los resultados obtenidos por el inventario de emisiones.
- Actualización del Programa de Contingencias Ambientales. Se establecieron criterios de activación y suspensión en las diferentes fases del programa y evitar con ello la discrecionalidad que existía anteriormente. En este sentido, el Programa de Contingencias Ambientales estimuló el interés para la modernización de equipo y tecnología en la industria con

niveles estrictos de emisión, lo que posibilita a las empresas a exentar dicho programa.

- Impulso del uso del gas natural comprimido en unidades de uso intensivo, como es el caso de vehículos de seguridad pública (patrullas) y vehículos de recolección de basura y de transporte público de pasajeros. Esto con el fin de promover el uso de combustibles alternos. Dentro de la infraestructura de este programa y para abastecer la demanda de gas natural, se encuentran en operación dos estaciones de servicio, una en el Distrito Federal y otra en el Estado de México. Se encuentran en construcción dos más en el Distrito Federal.

- Reducción al 50% del contenido de azufre en las gasolinas PEMEX Magna y PEMEX Premium, durante 1996, por parte de esta industria paraestatal. Sin embargo, para el primer semestre de 1999 el contenido de azufre llegó a ser de 312 ppm para la Magna y de 280 ppm para la Premium, lo que significa que se llegó a un límite mucho menor al citado, por lo cual se considera que el sector energético ha cumplido con las acciones comprometidas en este instrumento.

- Actualización del Plan Maestro del Metro, el cual comprende tres horizontes de planeación: corto plazo (1996–2003), mediano (2004–2009) y largo (2010–2020). En lo que se refiere a la línea B del Metro, Buenavista–Ciudad Azteca, a partir del 15 de diciembre de 1999 entraron en operación 13 estaciones en el tramo Buenavista–Villa de Aragón, con una dimensión de 13.5 kilómetros, lo cual equivale a 57% de la longitud total de 23.7 kilómetros que tendrá esta línea.

META 3: NUEVO ORDEN URBANO Y TRANSPORTE LIMPIO

Los avances que se reportaron entre 1998 y 1999 son los siguientes:

- Adquisición de unidades nuevas y eficientes.
- Ampliación de rutas y del sistema de transporte colectivo (Metro).

- Establecimiento de las bases para lograr un adecuado aprovechamiento del territorio mediante el Programa de Ordenamiento Ecológico.
- Desarrollo de instrumentos como la reactivación y operación del modelo de simulación fotoquímica del Instituto Mexicano del Petróleo, y de algunos estudios sobre partículas suspendidas e inventario de emisiones, realizados por el Consejo de Estudios para la Restauración y Valoración Ambiental (CONSERVA).

META 4: RECUPERACIÓN ECOLÓGICA

Entre 1998 y 1999 se lograron los siguientes avances como medidas importantes para abatir la erosión del suelo y disminuir la emisión de partículas a la atmósfera generadas por fuentes naturales:

- Reforestación urbana y rural.
- Pavimentación de colonias populares.
- Intensificación de los programas de aseo y recolección de basura.
- Regulación del transporte de materiales de construcción para evitar su dispersión a la atmósfera.

Con el propósito de establecer una estrategia a partir de la cual se deriven metas, alcances y acciones concretas para la protección, restauración y preservación de las áreas naturales de la ZMVM, se desarrolló el Programa Metropolitano de Recursos Naturales dado a conocer en 1997.

En materia de salud se instrumentó el «Estudio Metropolitano de Largo Plazo sobre los Efectos de la Contaminación en Escolares» (EMPECE), cuya información sirvió de base para actualizar y modificar los niveles de activación en una contingencia ambiental.

Durante 1999 se redujeron los niveles promedio de ozono de 170 a 145 puntos IMECA. En el año 2000 sólo se presentaron tres contingencias ambientales por ozono, instrumentándose la Fase I del Programa de Contin-

gencias Atmosféricas (PCA). El número de días por debajo de la norma de protección a la salud aumentó en 1999.

La eficiencia de las acciones instrumentadas para el control y disminución del bióxido de nitrógeno en el periodo de 1995 a 1999 se refleja en la tendencia decreciente de las concentraciones cotidianas de este contaminante. Para el monóxido de carbono se puede señalar que entre 1995 y 1999 se logró controlar sus niveles de manera satisfactoria, ya que la mayor parte de los indicadores mostraron un comportamiento estable, con valores menores a los que señala la norma de salud respectiva, que sólo se rebasó ocasionalmente.

En el caso del bióxido de azufre, las acciones para su control han sido eficientes, ya que en el periodo de 1995 a 1999 las concentraciones cotidianas de este contaminante mantuvieron un patrón de tendencia estable, con valores por debajo de la norma de protección a la salud.

En el periodo de 1996 a 1998, las partículas menores a 10 micrómetros presentaron estabilidad y en 1999 presentaron decrementos en todos los indicadores, lo que se vio reflejado en la reducción del número de excedencias a la norma de salud respectiva.

En cuanto a las acciones para el control de plomo, continúan mostrando su eficiencia, ya que desde 1992 no se rebasa la norma de salud correspondiente. En la estación Xalostoc, ubicada en la zona noroeste, se presentaron los niveles más altos de este contaminante.

ELABORACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO INTEGRAL SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZMVM, Y DISEÑO Y EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS POSIBLES PARA EL FUTURO

La contaminación del aire en la ZMVM representa un problema de política ambiental inmensamente complejo, ya que involucra la interacción de

múltiples sistemas (tecnológico, económico, social, político, y ecológico) intrínsecamente complicados. El entendimiento completo de las causas, mecanismos, impactos y costos asociados con la contaminación atmosférica sólo puede lograrse con un esfuerzo integrado multidisciplinario. Las disciplinas científicas tomadas por separado darán valiosa información sobre las características y comportamiento de los componentes individuales del problema. Por lo tanto, es necesaria una evaluación integral de la situación de la calidad del aire en la ZMVM.

El equipo de investigadores de primer nivel, responsable de realizar una parte sustancial de la Evaluación integral sobre la contaminación atmosférica urbana, regional y global: estudio de caso de la ciudad de México, estuvo coordinado por el doctor Mario Molina, quien recibió el Premio Nobel de Química en 1995, y tuvo como centro de operación el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT, por sus siglas en inglés).

En el equipo de trabajo participaron académicos, investigadores y estudiantes de postgrado del propio MIT, de la Universidad de Harvard, la Universidad Nacional Autónoma de México, de la Universidad Autónoma Metropolitana y del Colegio de México, entre otras instituciones de investigación. El estudio de la evaluación integral fue financiado por el Fideicomiso Ambiental para el Valle de México, creado mediante un impuesto adicional en el consumo de gasolinas. La evaluación integral está conformada por las siguientes actividades:

- Modelación de la calidad del aire y de la exposición de la población a los contaminantes en la ZMVM.
- Evaluación de los efectos en la salud.
- Diseño y evaluación de estrategias de control.
- Diseño y aplicación de una metodología de análisis integrado y de participación de los actores sociales.
- Capacitación y educación para la gestión de la calidad del aire.
- Seguimiento de los beneficios esperados.

ESTUDIOS RELACIONADOS CON PROBLEMAS QUE TIENEN EFECTOS
SOBRE LA CONTAMINACIÓN LOCAL, REGIONAL Y GLOBAL

Otra parte de las acciones de preparación de las bases para el nuevo Programa de Gestión de la Calidad del Aire del Valle de México consistió en la elaboración de siete estudios relacionados con problemas que tienen efectos sobre la contaminación local, regional y global. Éstos fueron financiados por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) a través del Banco Mundial y por el gobierno de México como contraparte nacional. A continuación se presenta una descripción de los avances alcanzados. Cabe hacer mención que los resultados presentados de los informes son preliminares.

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INMUEBLES DE LOS SECTORES PÚBLICO Y PRIVADO
EN LA ZMVM

El estudio determina el potencial de reducción de contaminantes, a través del uso eficiente de la energía en edificios de la ZMVM. Los inmuebles a que se hace referencia en este estudio son edificios destinados a actividades administrativas, de servicios o comerciales, por ejemplo edificios de oficinas, hospitales y clínicas, plazas comerciales, hoteles y, en general, inmuebles donde las actividades que en ellos se realizan no dependen de maquinaria industrial.

La energía se consume en edificios principalmente en la iluminación, en los sistemas de aire acondicionado y en el diesel para calentamiento del agua (sobre todo en hoteles, hospitales y centros deportivos). Generalmente estos sistemas operan independientemente unos de otros, dejando oportunidades de sinergia a través del aprovechamiento de diferentes formas útiles de la energía. A continuación se presenta una tabla donde se muestra el universo estimado de edificios de la ZMVM, por su tipo de uso (cuadro 7.8).

CUADRO 7.8. ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL GLOBAL DE AHORRO DE ENERGÍA
EN EDIFICIOS DE LA ZMVM

CONCEPTO	NÚMERO	UNIDADES
Hospitales generales	45	Inmuebles
Hospitales de especialidad	67	Inmuebles
Clínicas	659	Inmuebles
Hoteles	592	Inmuebles
Habitaciones de hotel	44,127	Habitaciones
Plazas comerciales	60	Inmuebles

FUENTE: Óptima Energía y Centro de Estudios de Energía del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, A. C. Eficiencia energética en inmuebles de los sectores público y privado en la ZMVM. México, 2000.

El estudio considera tres rubros: hoteles, hospitales y edificios en general. Esta distinción tiene su justificación en la disponibilidad de datos más precisos en los casos de hoteles y hospitales.

Las siguientes medidas se encuentran entre las acciones más importantes para determinar las emisiones evitadas a la atmósfera: uso de alumbrado eficiente, utilización de balastos electrónicos y uso de sistemas de aire acondicionado tipo centrífugo, automatización de los sistemas de aire acondicionado, aislamiento térmico de techos y muros, aislamiento de tuberías, utilización de motores eléctricos y calderas eficientes.

HOTELES

De los proyectos de hoteles realizados por Óptima Energía se dedujeron los ahorros en energía y agua por habitación y por mes. Se calcularon los ahorros desplegados con base en el número de habitaciones de hotel dis-

ponibles en el Distrito Federal. Las emisiones evitadas de plantas generadoras y el agua de enfriamiento ahorrada se muestran en el cuadro 7.9. Cabe señalar que la capacidad generadora evitada mediante proyectos de ahorro de energía, con resultados comprobados, únicamente en el sector hotelero del Distrito Federal corresponde a 23.5 MW.

CUADRO 7.9 EMISIÓN DE CONTAMINANTES Y CONSUMO DE INSUMOS
DE LA GENERACIÓN QUE SE EVITARÍAN SI LAS MEDIDAS DE AHORRO DEMOSTRADAS
SE INSTRUMENTARAN EN TODOS LOS HOTELES DEL DISTRITO FEDERAL

HOTELES		
CONTAMINANTES EVITADOS EN LA GENERACIÓN	TONELADAS/KWh	TONELADAS/MES
CO ₂	0.458576	4,662
SO ₂	0.008340	85
NO _x	0.000930	9,5
Insumos evitados en la generación	Unidades/kWh	Ahorro/mes
Agua (m ³)	0.0023583	23,977
Combustóleo (lt)	0.192105	1,953,107

FUENTE: Óptima Energía y Centro de Estudios de Energía del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, A. C. Eficiencia energética en inmuebles de los sectores público y privado en la ZMVM. México, 2000.

HOSPITALES

De la misma manera que en el caso de los hoteles, se extrapolaron los resultados de los proyectos de ahorro al conjunto de hospitales en el Distrito Federal, partiendo de ahorros promedio por cama de hospital y por la cantidad de camas disponibles. Este último dato fue proporcionado por el INEGI. La capacidad generadora evitada en este caso fue de 4.2 MW. Dada

la pequeña fracción que representan los hospitales en el total de edificios analizados, el ahorro resultó relativamente pequeño (cuadro 7.10).

CUADRO 7.10 EMISIÓN DE CONTAMINANTES Y CONSUMO DE INSUMOS
PARA LA GENERACIÓN QUE SE EVITARÍAN SI LAS MEDIDAS DE AHORRO DEMOSTRADAS
SE INSTRUMENTARAN EN TODOS LOS HOSPITALES DEL DISTRITO FEDERAL

HOSPITALES		
CONTAMINANTES EVITADOS EN LA GENERACIÓN	TONELADAS/KWh	TONELADAS/MES
CO ₂	0.45857	834
SO ₂	0.00834	15
NO _x	0.00093	2
Insumos evitados	unidades/kWh	Ahorro
Agua evaporada (m ³)	0.00235836	4,288
Combustóleo (lt)	0.19211	349,307

FUENTE: Óptima Energía y Centro de Estudios de Energía del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, A. C. Eficiencia energética en inmuebles de los sectores público y privado en la ZMVM. México, 2000.

EDIFICIOS EN GENERAL

Para la estimación del potencial de ahorro en los edificios en general se tomó como base, por un lado, los ahorros específicos (por metro cuadrado de construcción) documentados en el proyecto de los Cien Edificios, así como las reducciones en intensidad energética propuestas por la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE), como resultado del mismo proyecto. Por otro lado, también se consideraron los datos inmobiliarios proporcionados por la empresa Colliers International, así como por el INEGI, acerca del número de personas que trabajaba en áreas de servicio.

Para obtener una estimación de los ahorros potenciales el estudio considera que los edificios están equipados con sistema de aire acondicionado, con un consumo promedio de 2.7kWh/(m² mes) (Cuadro 7.11).

CUADRO 7.11 RESUMEN DEL POTENCIAL DEL AHORRO IDENTIFICADO POR CONAE EN EDIFICIOS DE LA ZMVM, TANTO CON AIRE ACONDICIONADO COMO SIN ESTOS SISTEMAS

ÍNDICE DE INTENSIDAD DE CONSUMO ELÉCTRICO (kWh/m ² /AÑO)	INMUEBLES CON AIRE ACONDICIONADO		INMUEBLES SIN AIRE ACONDICIONADO	
	SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN PROPUESTA	SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN PROPUESTA
	Zona Metropolitana			
Máximo	259	225	189	151
Mínimo	44	31	29	10
Promedio	122	94	90	58

FUENTE: Óptima Energía y Centro de Estudios de Energía del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, A.C. Eficiencia energética en inmuebles de los sectores público y privado en la ZMVM. México, 2000.

El potencial de ahorro estimado en esta tabla es un poco mayor (entre 1.75 y 2.7kWh/m²/mes) que los ahorros obtenidos en el estudio de los Cien Edificios. Aún así, los ahorros potenciales mencionados, sobre todo en los edificios con aire acondicionado (13% de ahorro en zonas cálidas, 23% en la ZMVM), deben de considerarse como estimaciones conservadoras.

El ahorro en consumo de energía eléctrica equivaldría a 10,884,061 kWh/mes (basado en un ahorro con intensidad energética de 27 kWh/m²/mes), equivalente a una capacidad generadora evitada de 25.2 MW.

Para contar con una idea global del universo de edificios en la ZMVM se recurrió a datos del INEGI acerca del personal ocupado en el sector de servi-

cios. En el Distrito Federal están registrados 1,725,030 personas laborando en algún servicio público o privado, mientras que la cifra para el estado de México es de 689,510 personas. No existe una relación única entre el número de empleados en las áreas de servicio y la superficie construida en edificios, dada la variedad de los servicios y el nivel económico de las empresas involucradas. Sin embargo, es posible asumir que existen varios millones de metros cuadrados de construcción adicionales en la ZMVM en edificios, susceptibles de incorporar medidas de ahorro de energía parecidas a las que se instrumentaron en el programa de los Cien Edificios.

CONCLUSIONES

La reducción de varios millones de kilowatt-hora generados tiene como beneficio principal la disminución de emisiones contaminantes a la atmósfera. Esta disminución de emisiones de NO_x , SO_x y CO_2 , permitió contribuir a reducir el problema del aumento del efecto invernadero. Por otro lado, al disminuir también la utilización de combustible fósil y de agua para el proceso de generación, se hace un uso más eficiente y sustentable de estos recursos naturales, para bien de las generaciones futuras de nuestro país.

ADOPCIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS QUE PERMITAN REDUCIR LAS FUGAS DOMÉSTICAS DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO

El objetivo de este estudio fue diseñar un programa de control de fugas de gas licuado de petróleo en las instalaciones domésticas de la ZMVM (4,297,877). Las alternativas consideradas se dividieron en dos grupos:

Eliminación de fugas en instalaciones

- Cambio de picteles.

- Cambio de reguladores.
- Cambio en accesorios de recipientes estacionarios.
- Sustitución de conexiones.

Eliminación de fugas en pilotos

- Clausura de pilotos que presentan fuga.
- Cambio de estufa.

Los resultados obtenidos indican que el total de fugas de gas LP en las instalaciones domésticas de la ZMVM es de 32,264.416 toneladas/año. Por cada tonelada de gas LP se generan 3.01 toneladas de CO₂ de acuerdo con la composición del gas LP y considerando su oxidación completa. El 86.35% de las fugas de gas LP en las instalaciones domésticas proviene de la instalación. El 95% de las fugas en la instalación se presentan en conexiones de la tubería, debido a la inadecuada instalación de la misma, en los picteles y reguladores de la instalación con recipiente portátil por su mal estado y en las válvulas de llenado de recipientes estacionarios. Las fugas de gas en pilotos apagados de estufas contribuyen con 4,301.3 toneladas/año de gas LP a la atmósfera, lo que representa 13.64% de las fugas en instalaciones domésticas de la ZMVM.

De las alternativas propuestas para disminuir y/o eliminar las fugas en instalaciones, el cambio de picteles y el cambio de reguladores representan las más viables, pues con su aplicación se reduciría en 47% las fugas en la instalación, además de que no conllevan un fuerte impacto económico para la sociedad. Para las otras alternativas en la instalación (cambio de conexiones y de accesorios en tanques estacionarios) se deberá instrumentar un programa de mediano plazo, que deberá contar con un mecanismo de control para evitar que se haga caso omiso a la reparación o reemplazo de las instalaciones.

El costo por tonelada no emitida de hidrocarburos de las cuatro medidas varió desde 8,777.44 hasta 21,011.57 pesos por tonelada/año. Siendo el mejor coeficiente costo–efectividad la sustitución de reguladores mien-

tras que la sustitución de conexiones fue la última medida desde el punto de vista costo–efectivo.

De las medidas para disminuir y/o eliminar las fugas de gas LP en pilotos de estufas, la clausura global de pilotos es la más viable, desde el punto de vista costo–efectividad (es decir \$ 24,023.98 por tonelada por año).

En resumen, se puede hacer notar que la evaluación de las medidas de control muestra que las concernientes a la instalación fueron las más baratas, en términos de costo–efectividad, que las relacionadas con el control de emisiones en pilotos de estufas. Además de que, en conjunto, las medidas de control en instalaciones reducirán en 86% las fugas de gas LP en las instalaciones domésticas.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA INTRODUCIR AUTOBUSES HÍBRIDOS EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIO PÚBLICO DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN LA ZMVM

El objetivo del estudio es el análisis de prefactibilidad de la introducción de vehículos híbridos en el sistema de transporte público de pasajeros en la ZMVM. El estudio analiza el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del autobús híbrido eléctrico en comparación de las del autobús propulsado por motor diesel. Dicho estudio considera como estrategias: aplicar un programa de sustitución gradual de unidades del Servicio Público de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal por autobuses híbridos, que considere inicialmente el parque vehicular de las empresas de transporte que opera el gobierno del Distrito Federal, instrumentar, paralelamente, un programa de construcción y comercialización masiva de vehículos híbridos, sustituir el parque vehicular de los concesionarios y, finalmente, de las rutas del estado de México con destino al Distrito Federal (rutas metropolitanas).

La demanda del servicio colectivo de transporte de pasajeros en el Distrito Federal en el año 2000 fue atendida con un parque vehicular de 29,575 unidades de combustión interna, entre los cuales 22,887 eran microbuses con mo-

tor a gasolina y capacidad de 22 pasajeros por vehículo, 2,637 autobuses con motor a diesel, de 9 a 12 metros de largo, y 4,051 combis con motor a gasolina, con capacidad de 9 a 12 pasajeros. Se considera que estas últimas trabajan en su mayoría en vialidades secundarias y en servicios de corto recorrido, por lo que no se considerarían como parte del programa de sustitución.

Para calcular la sustitución de microbuses y autobuses se consideraron las siguientes premisas: (i) se sustituye un autobús híbrido por cada autobús a diesel, (ii) se sustituye un autobús híbrido por cada 2.5 microbuses. De lo anterior se concluyó una demanda potencial de 11,792 vehículos híbridos para ser sustituidos en el Distrito Federal, sin considerar los requerimientos del estado de México en sus recorridos metropolitanos, donde se estima un parque vehicular actual en operación de 20 mil unidades entre autobuses, microbuses y combis.

ANÁLISIS DE COSTO-EFECTIVIDAD

El análisis económico y financiero considera únicamente la fase demostrativa del proyecto, que abarca un periodo de cinco años, en el cual se pretende poner a prueba un parque vehicular de 20 autobuses híbridos, que se comparan en cuanto a su desempeño con vehículos convencionales a diesel que cumplen la norma EPA '98, tomando en cuenta que operarán en el corredor seleccionado, esto es, en la avenida de los Insurgentes, en el tramo comprendido de Villa Olímpica al Metro Indios Verdes. El procedimiento que se siguió es el del Análisis de Costo-Efectividad desarrollado por el Banco Mundial.

Las alternativas en estudio fueron los autobuses híbridos de las marcas: SKI, MARCO POLO, TRANSTEQ Y ORION.

El procedimiento aplicado en este análisis se resume a continuación:

- Cálculo de los costos y de las emisiones contaminantes de las alternativas en estudio, separando las emisiones de contaminantes globales. Esto es, de aquellos elementos contaminantes que contribuyen al calentamien-

to global de la tierra; de las emisiones de los contaminantes locales, que sólo tienen efecto en la localidad en que se producen.

- Cálculo del valor presente neto de emisiones contaminantes de cada alternativa. Se considera una tasa social de descuento, que el Banco Mundial generalmente recomienda sea de 12 %.
- Cálculo del valor presente neto de los costos de inversión y operación de cada opción analizada. Se descuentan los montos anuales a la tasa social de descuento elegida.
- Cálculo de los costos económicos adicionales y de los cambios en las emisiones contaminantes para cada una de las opciones que se evalúan. Se comparan con la línea base, ya sea local o global.
- Determinación de la relación costo–efectividad. Mediante el cociente de los costos económicos adicionales, entre el cambio en las emisiones de contaminantes.

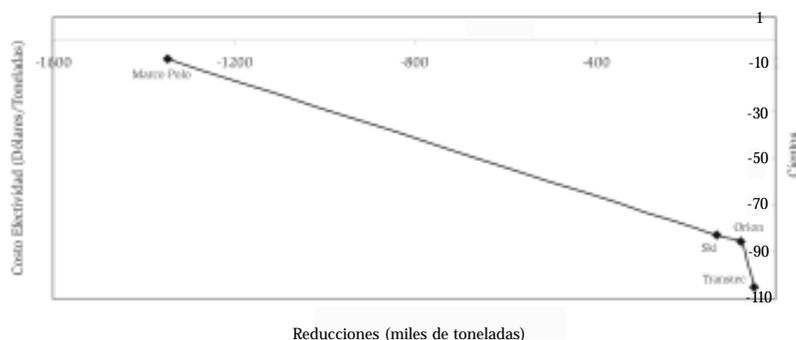
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COSTO–EFECTIVIDAD

El análisis determina las emisiones de contaminantes asociados, clasificándolos en emisiones de contaminantes locales (aquellos cuyo efecto se observa en la zona donde se generan) y de contaminantes globales (aquellos que contribuyen al calentamiento de la atmósfera terrestre).

En el caso de los contaminantes locales la ponderación se realiza en función de la toxicidad de cada elemento, en tanto que para los contaminantes globales la ponderación está en función de su contribución al calentamiento de la atmósfera.

Los contaminantes locales automotrices considerados en el estudio son: óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metano (COVNM), partículas suspendidas totales (PST) y óxidos de azufre (SO_x). Para el caso de los contaminantes locales el costo por tonelada de reducción se observa en la figura 7.3.

FIGURA 7.3 COSTO-EFECTIVIDAD DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS
RESPECTO A LA REDUCCIÓN DE EMISIONES LOCALES (GASOLINA)



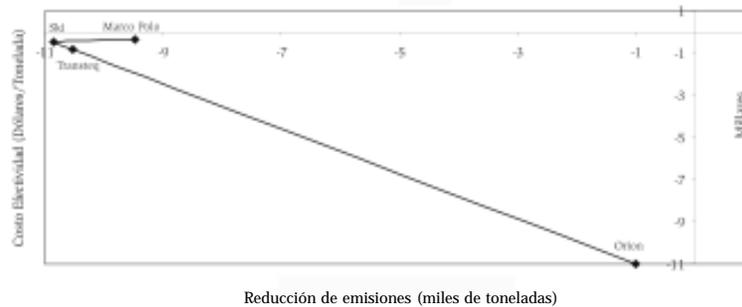
FUENTE: Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto Politécnico Nacional. Estudio de prefactibilidad para la introducción de autobuses híbridos en la prestación del servicio público de transporte de pasajeros en la ZMVM. México, 2000.

En el proyecto de los autobuses híbridos, el Banco Mundial solamente se refiere al bióxido de carbono (CO_2) y al gas metano (CH_4). Para el caso de los contaminantes globales, el costo por tonelada de reducción se calculó en $-\$621.2$ dólares por tonelada, cuya posición relativa respecto a las demás opciones se observa en la figura 7.4.

CONCLUSIONES

De acuerdo con estos resultados, el vehículo híbrido SKI es viable, considerando el desempeño de los autobuses con motores a diesel EPA-98, y representa la mejor opción de inversión del conjunto de alternativas analizada en el estudio.

FIGURA 7.4 COSTO-EFECTIVIDAD DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS
RESPECTO A LA REDUCCIÓN DE EMISIONES GLOBALES(DIESEL EPA-98)



FUENTE: La misma de la gráfica anterior

INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO ASOCIADOS CON LA PRODUCCIÓN Y USO DE LA ENERGÍA EN LA ZMVM

El inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para la ZMVM asociadas con el uso de la energía se realizó para el año base de 1996. Los sectores considerados en este inventario fueron los siguientes: industrial; residencial, comercial y público, transporte, agropecuario, generación y consumo de electricidad, fugas de gas licuado de petróleo y emisiones de metano debido a rellenos sanitarios.

Con excepción del transporte, se utilizaron los factores de emisión de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA, por sus siglas en inglés) para CO, NO_x, SO₂, N₂O, debido a que esta es la base de información del inventario de contaminantes locales de la CAM. En todos los casos se consideraron quemadores sin control. Los factores de emisión de CO₂, COVNM y CH₄ provienen del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). Para el caso del sector transporte,

CUADRO 7.12 INVENTARIO DE EMISIONES GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA LA ZMVM (1996)

SECTOR	CO ₂ TON	CH ₄ TON	N ₂ O TON
Residencial	9.153	115.493	382.906
Comercial	1.760	16.503	20.086
Público	0.744	6.203	3.835
Transporte	19.838	4,583.791	3,876.168
Industrial	14.652	107.163	184.914
Agropecuario	0.076	0.841	1.273
Eléctrico	2.870	11.552	48.639
<i>Total</i>	<i>49.093</i>	<i>4,841,546</i>	<i>4,517.821</i>

FUENTE: Grupo de Energía y Ambiente del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a la producción y uso de la energía en la ZMVM. México, 2000.

BALANCE DE ENERGÍA PARA LA ZMVM

El objetivo de este estudio fue la evaluación de la dinámica del sistema energético en concordancia con la economía y el medio ambiente de la ZMVM, determinando las principales relaciones entre energía —economía y energía— y contaminación ambiental. La elaboración del Balance de Energía de la ZMVM es el inicio en México de los *balances regionales*. La metodología utilizada se apoyó en el formato para balances energéticos de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) adaptada a los flujos de la energía del Área Metropolitana del Valle de México.

Durante 1996, la producción de energía en la ZMVM se ubicó en 37.087 petajoules (PJ), cifra inferior en 5.4% a la registrada en 1998. Asimismo, la producción de energía de la ZMVM representó en 1996 apenas 0.4% de la

producción nacional. En 1996, la producción de energía en la ZMVM apenas contribuyó con 6.5% de la energía consumida, lo cual demuestra la alta dependencia de la energía proveniente de otras regiones. La producción de energía primaria tuvo una participación de 52.5% dentro del total, constituyéndose principalmente de combustibles sólidos 52.3% (leña y carbón vegetal) y la poco significativa participación de la hidroelectricidad (0.2%). La producción de energía secundaria se situó en 17.632 PJ, cantidad que representó 47.5% del total de la energía producida.

En 1996, el consumo final de energía de la ZMVM fue de 569.618 PJ, cifra menor en 3.8% respecto de 1998. Asimismo, representó 15.6% del consumo final nacional. El consumo final estuvo integrado por 82.3% de gas natural, 17.4% de combustibles sólidos (leña y carbón vegetal) y 0.3% de hidroelectricidad. El consumo sectorial de energía en la ZMVM para 1996 se constituyó de la siguiente forma: 48.4% el sector transporte; 26.8 el sector industrial; 24.6% el sector residencial, comercial y público; y, finalmente, 0.2% el sector agropecuario. En 1998, el consumo sectorial tuvo una participación de 49.3% para el sector transporte; 26% para el sector residencial, comercial y público; 24.5% para el sector industrial y, finalmente, 0.2% el sector agropecuario.

REDUCCIÓN DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x) EN LAS DOS PLANTAS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD DE LA ZMVM

La mayor parte de la energía eléctrica suministrada a la ZMVM proviene de dos centrales generadoras ubicadas en la misma zona y que pertenecen a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y a Luz y Fuerza del Centro (LyFC). Hasta 1989, las unidades de estas centrales termoeléctricas operaron con combustóleo, no obstante que en 1986 se emitió un decreto que proponía sustituir gradualmente este combustible por gas natural en una proporción de 80% gas y 20% combustóleo. En 1990, las dos

termoeléctricas disminuyeron su capacidad de generación durante la totalidad del periodo invernal e instalaron equipo de monitoreo continuo para supervisión y registro de las emanaciones a la atmósfera. Como resultado de estas acciones, se logró que para 1991 las concentraciones de bióxido de azufre y partículas se ubicasen por debajo de la norma.

Las dos centrales termoeléctricas emiten una gran cantidad de óxidos de nitrógeno (NOx). De acuerdo con inventarios elaborados por las autoridades ambientales de la Ciudad de México, las emisiones de NOx provenientes de estas fuentes fueron de 6,613 toneladas en 1989, 17,854 toneladas en 1994 y de 12,507 toneladas en 1996. Entre las acciones que la termoeléctrica de la CFE ha realizado para disminuir las emisiones de NOx están las siguientes: adecuación de los programas de mantenimiento de las calderas; optimización de la combustión de los generadores de vapor y monitoreo de los gases de combustión y realización de auditorías ambientales en sus instalaciones con la supervisión de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

De acuerdo con un estudio realizado por técnicos de esta central, se observó que era más viable proceder a la repotenciación de las unidades, en lugar de instalar quemadores de bajas emisiones de NOx.

La termoeléctrica de LyFC ha disminuido su capacidad de producción y en 1999 instaló dos sistemas de reducción de NOx y un equipo de monitoreo continuo de emisiones para NOx, CO y CO₂. Con base en resultados de operación esta central se encuentra operando a partir del año 2000 bajo las condiciones impuestas por la norma vigente. A partir de un estudio realizado por personal de esa central se dictaminó la conveniencia de que en un plazo no mayor a un año se decidiera su modernización, la iniciación de un proyecto de instalación de nueva generación a base de *ciclo combinado* y, como última opción, su cierre.

USO DE INSTRUMENTOS ECONÓMICOS EN MÉXICO: PROPUESTA PARA EL PRÓXIMO
PROGRAMA DE CALIDAD DEL AIRE

La CAM elaboró este estudio en colaboración con la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ, por las siglas en alemán de Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). El objetivo fue analizar las alternativas y posibilidades de utilizar diversos instrumentos económicos que contribuyeran a mejorar la calidad del aire de la ZMVM y pretendía incluir un componente de costos dentro de las decisiones económicas de los agentes con el fin de impulsar un cambio permanente en sus conductas de impacto negativo en el medio ambiente y fomentar aquéllas que contribuyeran a mejorarlo.

Los instrumentos económicos en México se han concentrado en el uso de impuestos y cambios de los precios relativos de los combustibles, impuestos a los automóviles y subsidios al transporte público, en créditos baratos para propósitos ambientales y en excepciones impositivas, en incentivos para la reforestación y en la creación de fondos ambientales. En forma aún incipiente, también en el uso de la autorregulación ambiental industrial.

Como resultado de este estudio fueron seleccionados tres instrumentos económicos como aquellos casos que tienen en México una mayor probabilidad de éxito en su gestión. Los criterios de selección fueron su viabilidad, su eficacia y el impacto en el medio ambiente y las posibilidades reales de utilizar un diseño institucional adecuado que contribuyera sustancialmente a su eficacia. Los instrumentos económicos seleccionados incluyeron:

El impuesto o sobreprecio a los combustibles de los vehículos automotores. Este impuesto ya se utilizó con el propósito de reducir el monto total del consumo, modificar la estructura de la demanda y recaudar dinero para la creación de un fondo ambiental. Con objeto de maximizar los efectos positivos de este impuesto es necesario realizar determinados

compromisos gubernamentales entre los que destaquen el compensar y proteger a los grupos de la población de escasos recursos que se vean afectados por el impuesto, buscar compensar a los grupos más afectados a través de la reducción de otros impuestos, instrumentar medidas progresivas de largo plazo y establecer un manejo público y claro de los recursos recaudados.

La tenencia de los automóviles asociada con el monto de emisiones. Este impuesto busca cobrar un impuesto adicional a la tenencia, de acuerdo con las emisiones de contaminantes de los automóviles. Tiene como objetivo buscar una modernización de la flota vehicular y recaudar fondos para proyectos favorables al medio ambiente. Los efectos de esta modernización son de largo plazo, por lo que es indispensable que la medida tenga certidumbre en el tiempo, con ajustes graduales a la edad del vehículo, número de calcomanía y sensibilización de la población sobre las virtudes de este impuesto. Como en la medida anterior, se requiere de compromisos gubernamentales para compensar a los grupos más afectados de menores ingresos.

ESTUDIO DE SALUD PARA LA ZMVM

BENEFICIOS ADICIONALES

Los beneficios adicionales o «cobeneficios» de las políticas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero son distintos a los que implican la reducción de emisiones a la atmósfera.

Existen muchos estudios que han identificado una disminución de la mortalidad y la morbilidad asociada con las reducciones en material particulado, bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre de plantas generadoras de electricidad y del transporte, como la principal fuente de beneficios adicionales.

Otras áreas consideradas incluyen el mejoramiento en la salud de los ecosistemas (por ejemplo la reducción de los depósitos de nitrógeno en los estuarios), en la visibilidad, disminución de materiales y cultivos dañados.

A continuación se mencionan algunos de los estudios realizados en el año 2000 para la Comisión Ambiental Metropolitana (con fondos del Banco Mundial), cuyo propósito fue demostrar los beneficios adicionales para la salud de la población derivados de la disminución de la quema de combustibles fósiles en la Zona Metropolitana del Valle de México.

ESTUDIO «ESTIMACIÓN ECONÓMICA DEL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO»

El objetivo del estudio fue analizar económicamente los beneficios de la reducción de los contaminantes ambientales en la Zona Metropolitana del Valle de México. El trabajo fue financiado por el *International Research and Development Center* (IRDC) de Canadá, por el Programa del Banco Mundial sobre Aire Limpio en América Latina y por una donación del gobierno de Holanda.

El estudio está enfocado a los impactos ambientales y a las restricciones de las actividades económicas. Los impactos a la salud incluyen: irritación de ojos, enfermedades respiratorias, efectos en el sistema cardiovascular y muerte prematura. El decreto de contingencia ambiental restringe la actividad económica al limitar tanto la actividad industrial como el tráfico.

La principal justificación económica en los gastos para el control de las emisiones son los beneficios de calidad de vida obtenidos con el incremento de la calidad del aire. El estudio analiza los efectos del ozono y de PM_{10} . La justificación de la selección de estas sustancias se debe a que son las más importantes en términos de efectos a la salud y más frecuentemente se exceden las normas correspondientes. Para el análisis de reducción de emi-

siones, el estudio proyecta las emisiones al año 2010, considerando las emisiones actuales y los escenarios de la calidad del aire en ese año.

Las emisiones de ozono provienen de las emisiones de NOx y de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). El nivel de concentración depende de la cantidad y ubicación de los contaminantes emitidos, de las características geográficas, de las condiciones meteorológicas y de la química atmosférica.

Las emisiones de PM₁₀ se derivan principalmente de las emisiones de partículas finas y de las emisiones de NOx y SO₂. Algunas de las fuentes de estos contaminantes son los camiones diesel, los incendios forestales, la construcción de caminos y algunas industrias manufactureras, entre otros.

Para la elaboración del escenario base en el año 2010 se considera que las cantidades de emisiones de NOx y COV, precursores de ozono, así como los precursores de PM₁₀ serán las mismas que las registradas a fines de los años noventa. Esta consideración se basa en análisis estadísticos de datos de contaminantes de los últimos años.

El estudio analiza cuatro tipos de escenario para el año 2010:

- Un escenario de reducción de contaminantes atmosféricos de 10%.
- Un escenario de reducción de contaminantes atmosféricos de 20%.
- Un escenario de cumplimiento de la Norma de Calidad del Aire, considerando un incremento de la calidad del aire al estándar (50 mg / m³ para PM₁₀ y 0.11 ppm⁻¹ hora máximo- para ozono) para todo el Valle de México.
- Un escenario de cumplimiento de la norma de calidad del aire, considerando un incremento de la calidad del aire al estándar (50 mg / m³ para PM₁₀ y 0.11 ppm⁻¹ hora máximo- para ozono) para algunas zonas del Valle de México.

El estudio analiza los riesgos ambientales debidos a la contaminación ambiental (específicamente ozono y PM₁₀), utilizando estimaciones de la relación entre la incidencia de efectos adversos a la salud y la calidad del aire, y las externalidades asociadas con las emisiones contaminantes, la

pérdida de productividad debido a enfermedad (método de costo de pérdida de productividad), costo de tratamiento de enfermedad (método de costo de enfermedad), pérdida de valor agregado debido a enfermedades (método de capital humano), etcétera.

El estudio considera la calidad del aire, los modelos de exposición, la epidemiología y el aspecto económico. El modelo de calidad del aire se basa en las mediciones de la calidad de aire en lugares específicos de la Zona Metropolitana del Valle de México. Los campos de calidad del aire se generaron utilizando las mediciones de la calidad del aire registradas entre 1995 y 1999, mediante la interpolación espacial de sistemas de información geográfica (16 delegaciones en el Distrito Federal) y 28 municipalidades en el estado de México. La red cuenta con 19 estaciones de medición de ozono y 10 estaciones de medición de PM_{10} .

CONCLUSIONES

Se espera que la reducción de la contaminación atmosférica del Valle de México conlleve beneficios económicos importantes. Los beneficios a la salud incluidos en este estudio redundarán en la reducción de costos por enfermedades, de efectos crónicos y de la reducción de productividad, entre otros.

PROGRAMA AMBIENTAL DE LA DELEGACIÓN TLALPAN DEL DISTRITO FEDERAL

El Programa Ambiental de la Delegación Tlalpan en el Distrito Federal se inscribe dentro de los esfuerzos nacionales de mitigación de gases de efecto invernadero. El programa está concebido bajo la idea de que las opciones de mitigación y captura de gases de efecto invernadero pueden desarrollarse con gran éxito a nivel municipal, si son planteadas como esfuerzos que brindan beneficios sociales, ambientales y económicos en la escala local.

Bajo este marco, el programa Tlalpan incluyó el desarrollo de proyectos de ahorro de energía y agua en los sectores gubernamental, hospitalario, residencial, pequeña y mediana industria, y conservación y restauración de recursos.

La ejecución del programa se ha llevado a cabo mediante un esfuerzo coordinado entre la Delegación Tlalpan y organizaciones académicas como el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Centro Mexicano para la Producción más Limpia (CMP+ L) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Además, en el programa participa la empresa consultora *Hagler Bailly Inc.* El financiamiento fundamental para el desarrollo del programa ha provenido principalmente de la USAID.

Adicionalmente, el programa es sustentado por un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), el cual permitió integrar los proyectos bajo una visión y administración unificadas y contar con un sistema de información ambiental. Este sistema de información ha permitido evaluar los resultados e intercambiar información entre instituciones. Asimismo, permitió a las autoridades de las delegaciones actuar como facilitadores en la distribución de información y recursos que conlleven beneficios ambientales. La experiencia en Tlalpan puede servir como modelo para efectuar actividades en otras delegaciones del Distrito Federal y en municipios de otras regiones de México.

LA DELEGACIÓN TLALPAN

La Delegación Tlalpan se localiza al sur de la Ciudad de México. Con sus 30,449 hectáreas, es la delegación de mayor superficie de las 16 en las que está dividido el Distrito Federal. La parte norte es eminentemente urbana y ocupa 17% de la delegación. El sur es rural y abarca una porción importante de la Sierra del Ajusco, que representa uno de los principales refugios forestales de la ciudad y fuente esencial de la recarga de los acuíferos de la región. Tlalpan es una de las delegaciones con mayor variedad en el uso del suelo. En esta delegación se ubican pequeñas y medianas indus-

trias, corredores comerciales, una de las zonas de hospitales más importantes del país, unidades habitacionales, zona rural y forestal.

La población actual de Tlalpan supera el medio millón de habitantes; constituye una de las delegaciones con mayor crecimiento demográfico. En las décadas de los años 70 y 80, los amplios espacios abiertos del sur fueron urbanizados, creándose importantes asentamientos humanos en la zona de los pedregales y el Ajusco bajo. Aunque en la última década la tasa de crecimiento disminuyó, persisten fuertes presiones sobre la zona de conservación y son crecientes las dificultades para detener el crecimiento de la mancha urbana. En relación con el equipamiento, durante 1995 el 98% de las viviendas contaban con energía eléctrica, 84.2% con drenaje y 86% disponía de agua entubada, la cual se extrae principalmente de pozos profundos y en menor medida se capta de manantiales. De acuerdo con una estimación preliminar, en 1998 el consumo de energía de la delegación ascendió a 13.7 PJ, lo cual representa cerca de 2% del consumo final de energía de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y 0.4% del consumo nacional.

De seguir la tendencia en el crecimiento poblacional y económico de la delegación, las emisiones de bióxido de carbono asociadas con el consumo de energía crecerían en cerca de 45% para el año 2010.

EL PROGRAMA AMBIENTAL

El Programa Ambiental de Tlalpan está compuesto por cinco subprogramas:

Proyecto 1: Sistema de gestión ambiental

El Sistema de Gestión Ambiental (SGA) le permitió a la Delegación Tlalpan organizar y administrar el aspecto ambiental de sus operaciones conforme estos objetivos:

- Incrementar en la delegación los conocimientos sobre el ambiente.
- Aplicar herramientas de planeación ambiental en la delegación.
- Desarrollar proyectos que resulten en mejoras ambientales para la delegación.
- Promover la educación ambiental y energética entre los habitantes de la delegación.

Se han instrumentado medidas de eficiencia energética, ahorro de agua y calentamiento con paneles solares en cuatro edificios delegacionales (edificio principal de la delegación, edificio de la casona, edificio de la Delegación de Coapa y Centro Deportivo Villa Olímpica). El SGA ha permitido calcular los ahorros de energía, agua, y recursos materiales, así como también la disminución de las emisiones de GEI.

Proyecto 2: Conservación de energía y agua en el sector residencial

Este subprograma consta de dos subproyectos:

- Un proyecto piloto de ahorro de agua. Tiene como objetivo determinar el potencial de ahorro derivado de la instalación de accesorios ahorradores de agua.
- Un proyecto de alumbrado eficiente. El Programa Residencial de Ahorro de Energía incluyó estudios para reducir el consumo de energía mediante el uso de equipos eficientes para iluminar las áreas comunes de unidades habitacionales.

Proyecto 3: Producción más limpia y gestión ambiental en la pequeña y mediana industria

El Subprograma de Producción Más Limpia y Gestión Ambiental en la Pequeña y Mediana Industria se ha enfocado a la eficiencia energética y las energías renovables, a la prevención de la contaminación y a la ejecu-

ción de los SGA en la industria. Las tareas que se desarrollaron bajo esta actividad incluyen diagnósticos de producción más limpia, eficiencia energética y de gestión ambiental en 5 industrias de la delegación.

Proyecto 4: Producción más limpia y gestión ambiental en hospitales

El Subprograma de Producción más limpia y gestión ambiental en hospitales está enfocado a la eficiencia energética y a las energías renovables, la prevención de la contaminación y la ejecución de los SGA en hospitales. El proyecto incluyó diagnósticos de producción más limpia, eficiencia energética y gestión ambiental en 5 hospitales.

Proyecto 5: Captura de carbono y restauración forestal

El Subprograma Forestal tiene como objetivo la captura de carbono en la zona del Ajusco medio y el desarrollo de un parque de educación ambiental en san Andrés Totoltepec. El proyecto forestal incluye la estimación del potencial de captura de carbono en la zona, el establecimiento de un programa forestal, la creación de beneficios económicos a los propietarios de las tierras, el desarrollo de alternativas productivas sostenibles para la zona de montaña y la demostración de la interdependencia entre la zona forestal y urbana del Distrito Federal mediante un programa de educación ambiental novedoso.

En relación con la captura de carbono, el objetivo específico de este proyecto es definir el reservorio de carbono del Ajusco Medio, así como los posibles escenarios de: emisión bajo la tendencia de deforestación actual; secuestro de carbono bajo un programa de reforestación ejecutado por el gobierno de la ciudad de México a través de la Comisión de Recursos Naturales (CORENA), y captura de carbono bajo un plan de restauración ecológica propuesto por el Programa Ambiental Tlalpan.

RESULTADOS

Energía

Los resultados de los proyectos de mitigación asociados con el consumo de energía se presentan en el cuadro 7.13.

CUADRO 7.13. PRINCIPALES RESULTADOS
DEL PROGRAMA AMBIENTAL DE LA DELEGACIÓN TLALPAN

	AHORRO DE COMBUSTIBLES GJ/año	AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA kWh/año	AHORRO DE AGUA m ³ /año	POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE CO ₂ Tonelada / año
Proyectos en la delegación política	2,074	149,403	9,201	218
Proyectos residenciales en la delegación		100,557	2,975	70
Proyectos en PyME	2,278	1,944,994	73,408	1,569
Hospitales	76,002	3,221,804	100,430	4,702
Total	80,354	5,416,758	186,014	6,559

FUENTE: Román G., M. Oven y C. Sheinbaum. Informe del Programa Ambiental, Tlalpan, 2000.

*Captura de carbono*⁶

El cuadro 7.14 muestra la estimación del reservorio de carbono de la zona y el 7.15 establece el potencial de captura asociado con la reforestación

CUADRO 7.14. ESTIMACIÓN DEL RESERVORIO DE CARBONO DEL AJUSCO MEDIO

CLASE	CARBONO PROMEDIO (tC/ha)	ÁREA TOTAL (ha)	CARBONO TOTAL (tC)
Agricultura	0.3	28.47	8,541
Circuito	0	4.96	0
Bosque de encino 1	0	0	0
Bosque de encino 2	50.4	200.44	10,102.18
Bosque de encino 3	17.7	39.94	706.94
Bosque de encino-pino	139.6	19.01	2,653.80
Matorral 1-arbus.	1.695	592.56	1,004.39
Matorral 2-arbus 2.	0.08	47.27	3.78
Matorral 3-arbus 3.	2.23	120.24	268.14
Bosque de pino1	57.68	62.81	3,622.90
Bosque de pino2	42.31	135.01	5,712.27
Bosque de pino3	12.53	51.91	650.43
Bosque de pino-encino	80.45	40.7	3,274.32
Zona Urbana	0	45.04	0
<i>Total (hectáreas)</i>		<i>1388.36</i>	<i>28,007.64</i>

FUENTE: Escandón, J., A. Ordóñez y C. Sheinbaum. Informe Proyecto Tlalpan. Instituto de Ingeniería, UNAM, 2000.

⁶ Este estudio estuvo a cargo del M. en C. Jorge Escandón.

CUADRO 7.15. POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO
POR EL PLAN DE REFORESTACIÓN LEVADO A CABO POR LA CORENA

CLASE	NÚMERO DE ÁRBOLES POR HECTÁREA	PESO DEL ÁRBOL KgC	CARBONO POR CLASE tC/ha	SUPERFICIE A RESTAURAR (ha)	CARBONO TOTAL tC
Encino	354	187.57	66.4	27	1,792.79
Pino	354	223.61	79.16	54	4,274.64
<i>Total</i>	<i>708</i>	<i>411.18</i>	<i>145.56</i>	<i>81</i>	<i>6,067.43</i>

FUENTE: Escandón J., A. Ordóñez y C. Sheinbaum. Informe Proyecto Tlalpan. Instituto de Ingeniería de la UNAM.

CUADRO 7.16. POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO
DEL PLAN DE RESTAURACIÓN PROPUESTO POR EL EQUIPO TÉCNICO

CLASE	NÚMERO DE ÁRBOLES POR HECTÁREA	PESO DEL ÁRBOL (KgC)	CARBONO POR CLASE tC/ha	SUPERFICIE A RESTAURAR (ha)	CARBONO TOTAL tC
Tepozán	700	25.58	17.90	364	6517.78
Encino	220	187.57	41.26	75	3094.87
Pino	220	223.61	49.19	180	8854.92
<i>Total</i>	<i>1,140</i>	<i>436.76</i>	<i>108.35</i>	<i>619</i>	<i>18467.57</i>

FUENTE: Escandón J., A. Ordóñez y C. Sheinbaum. *Op. cit.*

CAPTURA DE METANO Y SU USO EN UN RELLENO SANITARIO. PROYECTO DEMOSTRATIVO

El proyecto tiene como objetivo demostrar una tecnología probada para la captura y uso del metano en un relleno sanitario. El proyecto tendrá un impacto inmediato en las emisiones de metano y servirá de modelo de control de emisiones de programas de manejo de desechos sólidos.

Un estudio de prefactibilidad identificó a la ciudad de Monterrey, Nuevo León, como el sitio más atractivo para implementar este proyecto. En esta ciudad se contempla construir una central de 8 MW en la que se usará gas metano derivado del relleno sanitario como combustible. Se espera que en un periodo de 20 años el consumo de combustible de la central sea el equivalente de 1.05 millones de toneladas de carbón. Los parámetros analizados fueron no sólo técnicos sino institucionales, sociales, económicos y financieros.

El proyecto se fundamenta en un programa actual del gobierno para modernizar el manejo de desechos sólidos en ciudades pequeñas y medianas. El Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) a través del Banco Mundial proveerá de ayuda técnica y financiera para realizar las siguientes actividades:

- Introducir una tecnología costo-efectiva para recolectar y utilizar el gas derivado de rellenos sanitarios.
- Desarrollar la capacidad en las entidades gubernamentales y del sector privado para utilizar los sistemas de recolección y uso de gas de rellenos sanitarios en el ámbito nacional, estatal y local.
- Demostrar en un marco institucional el manejo, captura y uso de gas metano derivado de rellenos sanitarios.
- Elaborar una estrategia de implantación del proyecto en otras ciudades en México, y difundir la experiencia nacional hacia otros países de América Latina.

Los recursos del GEF serán utilizados para financiar parte de los costos incrementales asociados con las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero.

Al final del proyecto se espera obtener los siguientes productos:

- Diseño y construcción de una planta de ocho MW en la ciudad de Monterrey, Nuevo León.
- Construcción de la capacidad para manejar rellenos sanitarios en el sector gubernamental y privado mediante:
 - Diseminación de la experiencia del proyecto realizado en Monterrey.
 - Entrenamiento.
 - Elaboración de convenios de apoyo técnico para el desarrollo de nuevos proyectos.
- Desarrollo de una estrategia nacional para la instalación de rellenos sanitarios en México.
- Avance en la construcción de un marco legislativo para el manejo de rellenos sanitarios.
- Colaboración para hacer extensivo el proyecto en otras naciones de América Latina por medio de talleres, publicaciones y convenios.

VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

El conjunto de factores complejos que modulan el clima y los cambios del entorno, así como el aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la troposfera, propiciado por el ser humano con la quema de combustibles fósiles y por la deforestación, así como las interacciones entre estos componentes, se traducen en eventos climáticos extremos, que cada día parecen ser más intensos. El hecho de que en los años recientes se hayan presentado temperaturas más altas que la promedio puede ser un síntoma del cambio climático por causas antropogénicas. Incluso, el que los eventos de «El Niño» se hayan presentado con mayor frecuencia e intensidad a partir de los años ochenta, en comparación con periodos anteriores, o que otros fenómenos climatológicos presenten una mayor impredecibilidad, como las tormentas y huracanes, pueden ser indicadores de cambio climático.

El fenómeno de «El Niño» que empezó en la primavera de 1997, constituye un ejemplo de cómo las variaciones climáticas pueden afectar a la población mundial. En nuestro país, el fenómeno tiene serias repercusiones. En general, las lluvias de invierno se intensifican y las de verano se debilitan. En la zona centro y norte del país se incrementan los frentes fríos en invierno, en tanto que durante el verano aparecen las sequías y disminuye el número de huracanes en el Atlántico, el Mar Caribe y el Golfo de México. Estos trastornos climáticos afectan económicamente a varios sectores de la población, como por ejemplo a los agricultores, quienes obtienen cosechas con bajo rendimiento y se ven obligados a emigrar a las ciudades. En ocasiones también se llega a afectar la salud.

Entre las alternativas para mitigar la vulnerabilidad del país ante el fenómeno de «El Niño» se puede citar la instrumentación de opciones de adaptación en los diferentes sectores, como son el desarrollo de estrategias adecuadas de protección civil, la difusión de información sobre el estado del tiempo a toda la población y el mejoramiento de la capacitación técnica para aplicar medidas preventivas.

UTILIZACIÓN DE PRONÓSTICOS CLIMÁTICOS EN ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN TLAXCALA

La variabilidad climática tiene impactos en las actividades agropecuarias en todo el mundo. Una de las alternativas para aminorar este fenómeno es mediante el conocimiento del pronóstico del clima. En México, específicamente en el estado de Tlaxcala, se desarrollaron pronósticos por medio de la información climática disponible (observaciones y pronósticos) y de un modelo de productividad agrícola.

El centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, después de analizar las heladas inesperadas para el altiplano mexicano, encontró que el enfriamiento por radiación dio como resultado temperaturas mínimas más bajas durante años secos que durante los húmedos. En general durante los años

de «El Niño/Niña» el periodo libre de heladas probablemente fue corto, o más largo, según sea el fenómeno que se presente. La ocurrencia de heladas inesperadas afectó de manera severa la producción de maíz, en particular durante las últimas etapas de cultivo.

Entre los beneficios que se obtuvieron de este trabajo se encuentra la realización de talleres con sede en el Departamento de Agrobiología de la Universidad Autónoma de Tlaxcala. En ellos participaron los responsables, colaboradores y estudiantes asociados con esta investigación, al presentar y discutir los avances y resultados parciales de este proyecto.

ESTUDIO DE VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE MÉXICO

En 1998 se realizó un estudio cuyo objetivo fue analizar un escenario de las condiciones bioclimáticas en la ciudad México para la duplicación de concentración de CO₂, usando el concepto de *Temperatura Efectiva (TE)*. Los datos medios mensuales de temperatura (°C) y precipitación (mm) se obtuvieron de 36 estaciones para el periodo 1951–1980. Para los años entre 1981 y 2050 fueron estimados a partir de salidas de los modelos *Canadian Climate Centre Model (CCCM)* de Canadá y *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL)* de los Estados Unidos de América. Para evaluar el impacto del bioclima futuro de la ciudad de México se utilizó una ecuación empírica dada en términos de la humedad atmosférica relativa experimentada por la población. Además, se exploraron los posibles cambios hacia un bioclima más cálido en categorías ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers).

Los resultados del bioclima en la estación cálida de la mayor parte de la ciudad prevalecen en condiciones de neutralidad (*TE* 19-24°C). Un incremento de 2.1°C en la temperatura anual obtenido por el modelo CCCM aproxima los resultados en una expansión del área urbana en la cual las condiciones más cálidas están lejos del confort neutral que prevalecerá en

la ciudad de México durante el mes de abril. Esto significa un excedente para la escala de confort de la ASHRAE, (1966).

Los suburbios del este y del sur son los únicos que mantendrían condiciones neutrales de confort.

En la estación fría, las condiciones bioclimáticas actuales en la escala de sensaciones térmicas de temperatura efectiva en el mes de enero, y durante las tardes, en los suburbios del sur y del oeste de la ciudad de México, son frescas, y en el centro de la ciudad neutrales. De acuerdo con los escenarios de CO₂ y de la tendencia de temperatura, la estimación de las condiciones térmicas futuras pasarán de lo neutral a lo cálido.

EL CLIMA Y LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL NOROESTE DE MÉXICO: ESTUDIO DE CASO, SONORA

El estudio analizó las tendencias actuales de la disponibilidad de agua en el noroeste de México, específicamente en el estado de Sonora, con el objetivo de mostrar los efectos que puede enfrentar esta entidad bajo condiciones de cambio climático. Se examinó la información de la precipitación, del flujo y aún de los niveles de agua en presas de la región para estimar los cambios experimentados en las décadas recientes.

Uno de los grandes problemas de las regiones áridas y semiáridas es la disponibilidad del agua. La climatología de la región fronteriza México–Estados Unidos de América indica que la precipitación rara vez excede los 400 mm/año en la región oeste y los 600 mm/año en la del este, lo que constituye un gran problema.

La gran variabilidad en la precipitación interanual, principalmente relacionada con el fenómeno de «El Niño», hace que el problema del pronóstico en esta región sea muy significativo.

Existe evidencia de que la ocurrencia más frecuente de “El niño” ha incrementado ligeramente la disponibilidad de agua en el noroeste de

México. Sin embargo, la demanda de agua ha crecido más rápido que la disponibilidad como consecuencia del rápido incremento de la población en zonas urbanas y del incremento de actividades socio-económicas relacionadas con la agricultura, la industria y la generación de energía eléctrica. El estudio propone algunas estrategias de adaptación en condiciones de cambio climático.

MODELACIÓN MACROECONÓMICA

La Subsecretaría de Planeación de la SEMARNAP organizó en 1997 un taller para mostrar los avances obtenidos, desde 1992, con el Modelo de Equilibrio General de Roy Boyd, de la Universidad de Ohio.

A fines de 1997 se inició la colaboración con la Secretaría de Energía en un proyecto de modelación denominado «Energía, economía y medio ambiente». Este proyecto se llevó a cabo entre septiembre de 1998 y marzo del 2001. El objetivo fue contar con una herramienta de análisis que permitiera determinar el efecto de las políticas en el sector de la energía sobre la economía y el medio ambiente. Asimismo permitir simular el efecto de distintas políticas en la economía sobre el sector energético y el ambiente en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero.

Esta herramienta de análisis constó de dos partes: un modelo de usos finales (BRUS II-M), y un modelo de equilibrio general computable (BOYD-M) agregado a nivel nacional (año base 1996).

El modelo integrado permite calcular por un lado la demanda total de energía, desagregada en cada tipo de combustible, y segundo las cantidades y precios de cada uno de los bienes producidos, tanto bienes intermedios como de consumo final.

También permite obtener resultados sobre la tasa de crecimiento de la economía y de cada sector, recaudación del gobierno, la acumulación de capital, la balanza comercial y la distribución del ingreso.

Este modelo ha servido para simular distintas políticas en el sector de la energía y actualmente su aplicación se ha encaminado a través de la Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental del INE.

SISTEMAS OBSERVACIONALES CLIMATOLÓGICOS

Base de datos

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Comisión Nacional de Agua (CNA) coordinaron una reunión celebrada en octubre del 2000, en la cual se acordó la creación y modificación de sistemas observacionales climatológicos.

La base de datos climatológicos de la República Mexicana, como cualquier base de datos, contiene un cierto número de omisiones, errores y anomalías. Los resultados de cálculos efectuados con una base de datos climatológicos, ya sea de un programa de computadora escrito con ese propósito o con las herramientas de un sistema manejador de bases de datos, reflejarán la composición de todos los posibles errores contenidos en la misma.

Base de información climatológica

Para acercar la calidad de la base de datos climatológicos nacional a una condición ideal es necesario modificar sus registros, incorporando estimaciones de mediciones faltantes y corrigiendo valores justificadamente anómalos. La modificación resultante no es una base de datos, puesto que no contiene exclusivamente mediciones. Se propone que se le denomine base de información climatológica, ya que las estimaciones se calcularán en función de los datos. Esta base de información requerirá seleccionar cuántas y cuáles estaciones climatológicas habrán de considerarse y la selec-

ción de las variables que conviene modificar. Además, serán seleccionados los métodos de modificación para crear una base de información climatológica que sirva de marco de referencia.

Modificación de registros

Se analizaron las soluciones a problemas como la ausencia de medición de una variable numérica en un solo día, durante varios días y en relación con valores clasificados como erróneos por ser extremadamente anómalos.

EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN

Se ha sistematizado la información sobre el material bibliográfico y hemerográfico de cambio climático, en una base de datos del Sistema de Información Automatizado de Bibliotecas de la Universidad de Colima.

Durante los siete últimos años se han impartido talleres, conferencias, cursos, etcétera, sobre el tema de cambio climático a instituciones de educación del país, públicas y privadas, a la iniciativa privada y a los medios de comunicación. Asimismo, el INE ofreció talleres sobre el cálculo de líneas base de emisiones de GEI en el sector energía y en el forestal. Se capacitó personal del INE/SEMARNAT y de otras Secretarías con la ayuda financiera de USAID en temas de captura de carbono en el sector forestal y comercio de emisiones, entre otros. Son numerosas las publicaciones, nacionales e internacionales, de los expertos mexicanos sobre las diferentes áreas del tema.

Para México resulta de suma importancia realizar en un futuro cercano un análisis de los estudios sobre la evaluación de la vulnerabilidad ya efectuados y sobre las opciones de adaptación del país. Próximamente se iniciará un estudio sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas, fundamental para un país megadiverso.

VIII. ACTIVIDADES DE INSTRUMENTACIÓN CONJUNTA

El concepto de Instrumentación Conjunta fue introducido desde el inicio de las negociaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Su artículo 4 (2-a) estableció la posibilidad —específicamente para las Partes que son países desarrollados y para las demás Partes del Anexo I—, de alcanzar sus compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante actividades instrumentadas conjuntamente, lo que significa que dos o más países pueden cooperar con otros países para reducir emisiones o para fortalecer los sumideros de carbono.

En la Primera Conferencia de las Partes (CdP1), realizada en 1995, se estableció una fase piloto de instrumentación conjunta, que continúa a la fecha, en la que se permite la puesta en marcha de proyectos de mitigación entre las Partes del Anexo I y los países en desarrollo. Durante esta fase ninguno de los países participantes puede acreditarse las emisiones evitadas o capturadas por la instrumentación de estas actividades. Los proyectos piloto desarrollados en México se mencionan a continuación:

PROYECTO ILUMEX

El proyecto ILUMEX recibió el primer certificado mundial por reducir emisiones en el área de la energía, en equivalentes de CO₂. Fue el marco inicial

de las políticas y actividades para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en México. Este proyecto contó con el apoyo financiero de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), del Gobierno de Noruega y del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés). El proyecto ILUMEX fue diseñado para realizar la venta de 1.7 millones de lámparas fluorescentes en un lapso de dos años, en las dos ciudades más grandes del país después de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: Jalisco y Nuevo León. Las lámparas fluorescentes tienen una vida útil de 10 mil horas y consumen 75% menos energía que las lámparas convencionales. En el periodo de 1995 a 1998, se vendieron aproximadamente 2.5 millones de lámparas fluorescentes, con lo que se evitó la compra de 3.6 millones de lámparas incandescentes. Las metas programadas de este proyecto fueron superadas, ya que la venta de lámparas fluorescentes continuó en las dos ciudades. La componente de las Actividades Instrumentadas Conjuntamente (AIJ, por sus siglas en inglés, fase piloto) con el gobierno de Noruega representó 11.8% del total de las lámparas sustituidas con el proyecto.

El proyecto ILUMEX fue verificado por auditores independientes del Banco Mundial (BM), dirigidos por Det Norske Veritas (auditor y certificador) y con la participación de ICF (verificador de reducción de emisiones GEI y energía) y CICERO (verificador de los criterios del Protocolo de Kioto) y de las Actividades Instrumentadas Conjuntamente (AIJ, por sus siglas en inglés).

El equipo de auditores internacionales extendió el primer certificado de un proyecto de demostración de las actividades de instrumentación conjunta en su fase piloto a ILUMEX y verificó un ahorro acumulado de energía de 275,313 kW-hr para el periodo de 1995 a 1998. En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, se verificó que se redujeron 186,276 toneladas en equivalentes de CO₂, emitidas de manera directa, y 171,169 toneladas en equivalentes de CO₂, suponiendo que 8.11% de las lámparas fluorescentes permanecieran almacenadas.

PROYECTO DE UNA MINI RED DE ENERGÍA RENOVABLE (APS)

El proyecto de mini red de energía renovable de APS/CFE, constituye un sistema de generación de electricidad híbrido. Utiliza energía solar, viento y capacidad diesel, en sustitución de un generador diesel de 250 kW en la ciudad de San Juanico, Baja California Sur, México. Este proyecto lo desarrolla la CFE y dos empresas de los Estados Unidos de América, *Arizona Public Service Company* (APS) y *Niagara Mohawk Power Corporation* (NMPC). La electricidad generada por este sistema híbrido amplía el servicio eléctrico de 3 a 24 horas por día y desplazará la electricidad generada por combustión de diesel y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con el proceso.

El proyecto de mini red desarrolla por medio de la energía solar 17 kW, de la eólica (100 kW) y del diesel (72 kW), capacidad suficiente para desplazar el uso de un generador diesel de 205 kW. San Juanico, el sitio del proyecto, es un Municipio de pescadores de 400 personas ubicado en Baja California Sur. No se encuentra conectado a la red de electrificación nacional y no espera ser conectado en un futuro cercano. El proyecto servirá como demostración del uso de la energía renovable en México.

El proyecto resuelve la demanda energética de la comunidad, cuya línea base promedio es de 423 kWh por día. Este recurso puede también resolver las necesidades de la planta de almacenamiento de pescado (33 kWh/día), así como las necesidades de un lugar turístico (43 kWh/día).

La compañía APS, aportó todo el equipo necesario, a precio de mayoreo y lo donará a la CFE. A su vez, la CFE es propietaria del sistema. Con el apoyo del gobierno local, inició operaciones el 11 de junio de 1999. Los costos no incluyen el tiempo del personal de APS para el desarrollo del proyecto. El costo total del proyecto fue de E.U.A. \$ 810,000.

En ausencia del proyecto, el desarrollador asume que el uso de 205 kW del generador de diesel se puede incrementar a 24 horas por día, con la

generación de 400–500 kWh y el consumo de aproximadamente 410 litros de diesel.

Se espera que este proyecto funcione un mínimo de 30 años. Se contempla que el componente diesel del sistema híbrido opere cuatro horas por día, con el consumo correspondiente de aproximadamente 90 litros de diesel.

La emisión de GEI del proyecto por cada año completo de proyecto será de 89 tCO₂/año. La emisión total del escenario durante la vida funcional del proyecto se estima que pudiera ser de 2,159 tCO₂.

SCOLEL TĒ

En este proyecto se exploró el desarrollo de sistemas sustentables, equitativos y verificables para mitigar emisiones de gases de efecto invernadero por medio de la captura de carbono en ecosistemas terrestres. Este proyecto se localiza en el sureste mexicano, en particular en el estado de Chiapas. Cubre dos regiones bioclimáticas y culturales: las comunidades mayas altas y bajas, Tojolobal y Tzeltal, respectivamente. Se desarrolló y probó un modelo de captura de carbono, el cual puede aplicarse a mayor escala mediante la expansión y duplicación del proyecto en Chiapas y en regiones similares. Los resultados que se esperaban obtener de este proyecto son los que se describen a continuación:

- Un sistema flexible y confiable para proveer créditos de carbono a los compradores y para asegurar una remuneración y asistencia apropiadas a los «proveedores del servicio».
- La captura de carbono en una variedad de sistemas de agroforestería sustentable y de manejo de bosques con un costo medio aproximado de EUA \$ 10 por tonelada de carbono.
- Los protocolos para la administración, monitoreo y evaluación de programas de uso del suelo para la captura de carbono en Chiapas y el sur de México.

Adicionalmente, hay otros beneficios que resultan de la planeación e instrumentación cuidadosa de actividades de manejo forestal y agroforestería:

- Beneficios económicos producidos por el desarrollo de empresas agroforestales y forestales económicamente viables y sustentables.
- Conservación de áreas significativas de bosques mesófilos, ricos en especies endémicas tales como el quetzal, el mono aullador y el ocelote.
- Conservación de la diversidad genética intraespecies de especies valiosas, tales como la caoba (*Swietenia macrophylla*), entre otras.
- Reducción de la migración de la población del área del proyecto al área protegida de la Selva Lacandona, gracias a la mejora de los prospectos de vida (INE-SEMARNAP, 2000a).

CARBÓN CAPTURADO

El establecimiento de las plantaciones de árboles en áreas previamente usadas como pastizales puede incrementar la captura de carbono en la vegetación en alrededor de 120 tC/hectáreas.

La introducción de árboles maderables y frutales entre los cultivos anuales como el maíz o cultivos perennes tales como el café, pueden secuestrar alrededor de 70 tC/hectáreas.

Por otro lado, la protección de los bosques cerrados puede prevenir las emisiones por arriba de 300 tC/ha; y donde los bosques están degradados, la restauración y un manejo cuidadoso pueden incrementar el almacenamiento de carbono en alrededor de 120 tC/hectáreas.

El impacto potencial en el área del proyecto piloto, en términos de captura de carbono, se estima en 300 mil toneladas. Esto se logrará por medio del desarrollo de 1,200 hectáreas de tierras agroforestales y de 1000 hectáreas de manejo y restauración de bosques naturales.

RESPONSABLES DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La Unión de Crédito Pajal, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y el Instituto de Ecología y Manejo de Recursos (IERM) de la Universidad de

Edimburgo, Escocia, fueron responsables de proveer asistencia técnica a los campesinos, monitoreo de la captura de carbono y evaluación de los impactos del proyecto en factores tales como la biodiversidad.

Fungieron como representantes internacionales del proyecto: *International Carbon Sequestration Federation*, *American Forests* y *Ecoenergy International Corporation*, además de ser los responsables de la venta de créditos de carbón.

INVESTIGACIONES ASOCIADAS CON EL PROYECTO

Varias actividades de investigación complementarias se han llevado a cabo en este proyecto, para responder algunas cuestiones clave relacionadas con la factibilidad de los programas de captura de carbono a gran escala:

- Estudios del flujo de carbono relacionados con el cambio de uso del suelo, que involucra mediciones directas de la biomasa en los diferentes tipos de vegetación (USEPA y EL gobierno de México).
- Investigación y desarrollo de protocolos apropiados para la comunidad forestal y planeación y administración de los esquemas de secuestro de carbono (*UK Government's Forestry Research Programme*).
- Investigación del costo y potencial de la captura de carbono en el sureste mexicano, con modelos económicos e información geográfica tales como imágenes de satélite (*International Energy Agency-Greenhouse Gas R&D Programme*).
- Se recibió asistencia para realizar otras investigaciones y actividades de entrenamiento relacionadas con el proyecto por parte de la SEMARNAP, 1999, de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLC), de la Iniciativa Darwin del Reino Unido y de la Unión Europea (UE).

CAPTURA DE CARBONO MEDIANTE EL CULTIVO DE LA *SALICORNIA*
EN BAHÍA DE KINO, SONORA, MÉXICO

La primera fase de este proyecto abarcó un área de 30 hectáreas en las que, por medio del cultivo de la salicornia —planta halófito con la cualidad de resistir el riego con agua de mar— se pretendió capturar carbono mediante el proceso de la fotosíntesis, del almacenamiento en el suelo y en productos elaborados con base en su fibra.

Entre los posibles beneficios comerciales del cultivo de la salicornia se cuentan la producción de alimentos (aceite para cocinar y “espárragos marinos”, considerados como un platillo exquisito en Europa, en donde se llegan a pagar precios superiores a los E.U.A. \$ 20 por libra), aditivos y combustibles para motores de combustión y de generación eléctrica, respectivamente, y fibra para la construcción de conglomerados. Además, la semilla de esta planta contiene 42% de proteínas y puede servir como complemento alimenticio para el ganado.

Cabe mencionar que la salicornia es un cultivo ideal para desarrollar y recuperar zonas costeras desérticas. Como recurso agrícola potencial a nivel global, resulta de especial interés para las plantas de generación eléctrica, por los beneficios agregados de la captura de carbono, la eliminación y almacenamiento potencial de sal y metales pesados de las aguas residuales y por reducir la salinidad de aguas de drenaje en esquemas de riego de gran escala.

El objetivo de esta primera fase fue servir de punto de partida para una segunda fase que contempla el desarrollo de una granja comercial de 50 mil hectáreas, que incorpore productos y materiales derivados de la salicornia, con el fin de hacer su cultivo comercialmente sustentable. Se calcula que la captura neta de carbono durante la fase uno podría alcanzar 660 toneladas de carbono (tC). De llevarse a cabo en su totalidad la fase dos, tan sólo el carbono almacenado en el suelo sería de alrededor de 1.1 millones de tC.

Este proyecto se presentó dentro del esquema de la fase piloto de las Actividades Instrumentadas Conjuntamente, establecida en 1995 por el Mandato de Berlín, de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Tiene como participantes a *Salt River Project*, *Halophyte Enterprises, Inc.* y a *Ecoenergy International Corporation* por parte de los Estados Unidos de América (aunque el último únicamente sirvió como intermediario), así como a Génesis, S. A. de C.V., que actuó como la contraparte mexicana.

REPOBLACIÓN FORESTAL PERMANENTE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA
DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO, MÉXICO

Las 383 mil hectáreas que conforman la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda se encuentran localizadas a unos 300 kilómetros al norte de la Ciudad de México. El objetivo de esta reserva es preservar y rehabilitar los recursos naturales de la región para futuras generaciones.

Los encargados de alcanzar esta meta son los habitantes de la Sierra Gorda y el Grupo Ecológico Sierra Gorda, quien la administra. Se han protegido once áreas de particular importancia ecológica, por un total de más de 24 mil hectáreas, como «zonas núcleo». A pesar de ser propiedad privada no se desarrollarán, como consecuencia de los acuerdos legales establecidos entre sus dueños y la Reserva de la Biosfera.

Actualmente se realizan esfuerzos para incrementar el área que se protegerá permanentemente del uso agrícola, la explotación maderera y otras actividades. En 1997 se creó un fideicomiso para conservar tierras, denominado «La Joya de Hielo», con el fin de adquirir terrenos para su protección permanente.

Este proyecto de protección forestal incluye la reforestación de áreas degradadas. Las tierras degradadas dentro de esta reserva queretana, al igual que aquellas áreas adyacentes de particular importancia ecológica, serán adquiridas por el fideicomiso de la Joya de Hielo, reforestadas por medios naturales y protegidas de manera permanente.

Actualmente, el fideicomiso posee y administra un área de aproximadamente 600 hectáreas dentro de la reserva. Si bien la tierra seguirá siendo responsabilidad y propiedad del fideicomiso, el carbono capturado o protegido corresponderá al inversionista. Esta iniciativa será dirigida por el Grupo Ecológico Sierra Gorda, con la asistencia técnica de *Woodrising Consulting Inc.* y El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

Este proyecto se distingue de otros que buscan combatir el cambio climático, en los que se incluye la repoblación forestal permanente en tierras degradadas en lugar de dedicarse a la preservación o la reforestación. La repoblación forestal presenta muchas ventajas, desde el punto de vista del combate al cambio climático:

- La captura de carbono obtenido al convertir áreas no forestales en bosques es mayor que el que se consigue reforestando (áreas forestales reconvertidas a bosques) y preservando bosques.
- La protección contra la deforestación (preservación forestal) puede ser difícil de comprobarse, mientras que la repoblación forestal se mide fácilmente.
- La repoblación natural, comparada con la plantación, resulta más económica, acarrea grandes beneficios para la biodiversidad. Y además, en esta área se cuenta con tasas de crecimiento que casi igualan a las de los árboles plantados.

Únicamente se piensa vender el carbono capturado en los árboles y las raíces, mientras que el que se acumule en otros depósitos (suelo y humus) se mantendrá como reserva que sirva a manera de seguro. La inversión necesaria para desarrollar el proyecto en cinco años es de E.U.A. \$ 504,000, aunque esta cifra podría cambiarse para ajustarse a las necesidades del inversionista.

A cambio de este financiamiento, el inversionista obtendría 170,279 toneladas de carbono en los cien años de vida de esta iniciativa a un costo bastante competitivo, de E.U.A. \$ 2.96 por cada tonelada de carbono capturada.

SILVICULTURA SUSTENTABLE EN LA SIERRA NORTE DE OAXACA

El proyecto se lleva a cabo en los municipios de Capulalpan de Méndez, Santiago Xiacuí, Santiago Comaltepec, Nuevo Zoquiapam y San Miguel Aloapam, en el estado de Oaxaca, México.

El objetivo de este proyecto es consolidar los sistemas forestales en las comunidades Uzachi e Ixeto, de manera que puedan enfrentar sus necesidades crecientes sin disminuir sus áreas forestales. Se busca a la vez incrementar el volumen de biomasa en áreas protegidas, en áreas forestales y en aquellas utilizadas actualmente para la agricultura y la ganadería mediante:

- *Protección de los bosques.* Mantener y aumentar la biomasa en 31,847 hectáreas, gracias al incremento de la eficacia en el combate y la prevención de incendios, plagas y enfermedades.

- *Manejo forestal.* Mantener y mejorar los estándares de manejo forestal, generando mayores incrementos en biomasa y disminuyendo el impacto de las operaciones de extracción de productos forestales.

- *Recuperación de áreas forestales.* Llevar a cabo acciones de población forestal en tierras de pastizal y zonas agrícolas en áreas forestales, complementando la regeneración natural y recuperando áreas degradadas.

- *Disminución de la tala de bosques.* Incrementar la productividad agrícola desarrollando áreas irrigadas y sistemas agroforestales. Generar empleos en actividades distintas de la agricultura para reducir la presión sobre áreas forestales.

- *Aumento de la eficiencia en el uso de la madera.* Uso de residuos de explotación para el cultivo de hongos comestibles y de mejores equipos para la transformación de madera.

- *Extensión del proyecto.*

Se espera que el proyecto capture 836 mil toneladas de carbono en 30 años, 27,867 toneladas al año en la primera fase.

Las tasas de inversión para la captura de carbono son las siguientes:

Primer año: E.U.A. \$ 12.92 /tonelada capturada.

Segundo año: E.U.A. \$ 6.60/tonelada capturada.

Tercer año: E.U.A. \$ 4.61/tonelada capturada.

Treinta años: E.U.A. \$ 5.93/tonelada capturada.

Las instancias que participan son: Fideicomiso de Recursos Naturales de la Sierra Norte de Oaxaca, Unión de Comunidades Zapoteco-Chinantecas (UZACHI), Unión de Comunidades Ixtlán-Etla, Oaxaca (Ixeto), Estudios Rurales y Asesoría Campesina, A. C. (ERA), Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A. C. (CCMSS).

DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE Y CAPTURA DE CARBONO

EN LA SELVA LACANDONA, CHIAPAS, MÉXICO

El estudio plantea analizar la factibilidad del potencial de captura de carbono por medio de proyectos de forestería social en la selva Lacandona, ubicada en el estado de Chiapas, México, con una extensión aproximada de 850 mil hectáreas, y la cual cuenta con una riqueza biológica de gran importancia mundial, además de ubicarse dentro de esta extensión siete áreas naturales protegidas con una superficie aproximada de 420 mil hectáreas.

Dentro de los objetivos se pretende evaluar el potencial ambiental y socioeconómico de captura de carbono para diversos sistemas; contribuir con elementos jurídicos y métodos para el fomento de proyectos forestales en la región; propiciar el manejo integral de los recursos naturales; diseñar un modelo de costo/beneficio para dichos sistemas, así como establecer líneas confiables para las tendencias de cambio de uso de suelo en la región y sus efectos en los flujos de carbono.

Se propone instrumentar una metodología integrada por una estimación de la línea base, que incluya un estudio analítico de la cartografía de la zona con apoyo de un sistema de información geográfico, y trabajo de campo para cotejo y mediciones. Se analizarían las acciones institucionales

en la zona y se estimaría el impacto del programa actual, tomando en cuenta las propuestas comunitarias en la organización del proyecto. Se impartirían cursos relativos al manejo forestal integral y a la captura de carbono. Se realizaría un diagnóstico comunitario. Se estimarían los costos económicos de la captura de carbono y se instauraría un sistema administrativo de evaluación y monitoreo.

Como resultado, se espera la factibilidad técnica, económica y social para impulsar los sistemas de producción forestal y agroforestal en las comunidades rurales periféricas a las ANP, la estimación del potencial y los costos económicos de captura de carbono en cada zona o comunidad por año de rotación. Un programa de manejo integral de los recursos para cada una de las comunidades involucradas y la organización social para la administración e instrumentación de los sistemas de monitoreo y evaluación del proyecto.

El tiempo de ejecución de las actividades propuestas para el estudio de factibilidad se estima en un periodo de 12 meses, a partir del momento en que se reciba el apoyo financiero requerido.

La ejecución del estudio se plantea realizar bajo la coordinación operativa de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), con la participación de personal técnico de la SEMARNAT y la consultoría especializada de personal de la Fundación AMBIO. Los costos de la ejecución del proyecto estimados en forma global son los siguientes:

Estimación línea base	E.U.A. \$ 45,000.00
Elaboración de las propuestas comunitarias y sistema de monitoreo	E.U.A. \$ 45,000.00
<i>Total</i>	<i>E.U.A. \$ 90,000.00</i>

DINÁMICA DE EMISIONES Y CAPTURA DE CARBONO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

Este estudio pretende estimar las emisiones netas actuales y los escenarios de mitigación de emisiones de bióxido de carbono en los bosques de la región del trópico húmedo de México.

Entre los objetivos principales está determinar el patrón de cambio de uso del suelo dentro del área de estudio, para el periodo 1980–1998. Revisar y mejorar las estimaciones de la densidad de carbono, así como estimar las emisiones netas actuales del área, utilizando como modelo el CO–PATH y como metodología la del PICC. También se pretende desarrollar un escenario de referencia y mitigación para la región y un estudio en mayor detalle sobre los escenarios de cambio de uso del suelo y las emisiones/captura de carbono en la Selva del Ocote, Chiapas, estudio que complementaría el trabajo que se realizará en la Selva Lacandona.

Como métodos del proyecto se instrumentaría la determinación de los patrones de cambio de uso de suelo mediante un análisis cartográfico y con apoyo de trabajo de campo para cotejo y mediciones en terreno, con participación técnica y comunitaria. La determinación de densidades de carbono y parámetros de emisión de gases de CO₂.

Se obtendrán dos escenarios a largo plazo de emisiones/captura de carbono a nivel regional para determinar la tendencia en la evolución futura de emisiones regionales de CO₂. Para construir los escenarios se utilizarán los modelos CO–MAP y CO₂FIX, además de una intensa revisión y procesamiento de información demográfica y socioeconómica regional.

La información a nivel regional contrastará con un estudio detallado de la dinámica de emisiones de CO₂ y del potencial para la Selva del Ocote. Dicho estudio permitirá entender más a fondo la dinámica y causas del uso de suelo. Se pretende ilustrar las posibles soluciones en la discusión actual sobre bosques y mitigación de gases de efecto invernadero.

El trabajo será coordinado por el Instituto de Ecología de la UNAM, en Morelia, con estrecha colaboración de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y personal del INE.

La propuesta del proyecto tendrá una duración de dos años (24 meses). No se incluyen costos.

CONSERVACIÓN BIOLÓGICA Y CULTURAL «EL CARRICITO», SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Este proyecto busca el diseño e instrumentación de un programa para el manejo y la conservación del ecosistema del «El Carricito», evitando en lo posible la amenaza de extinción de la flora y fauna endémicas y de aquellas con beneficios económicos y socioculturales. En una investigación preliminar de «El Carricito» se estimó que el carbono contenido en la vegetación es de 88 tC/ha a 114 tC/ha y en los suelos de 64 tC/ha. Se tardaría hasta 100 y 300 años en acumular estas mismas cantidades de carbono en la vegetación y los suelos respectivamente. Debido a lo anterior en este proyecto también se pretende propiciar la conservación forestal.

Dentro de las actividades a desarrollar se creará una reserva indígena, se realizaría un estudio que permita evaluar la situación social y económica de las comunidades, se realizará un inventario de la biodiversidad de la zona, se estudiarán los usos tradicionales de los recursos naturales, identificando la topología, geología, hidrología, factores climáticos y características de uso del suelo. Se buscará la participación de las comunidades locales y de los propietarios privados de la tierra, para desarrollar mejores alternativas económicas, fomentar la investigación científica sobre la flora, fauna y los ecosistemas de la región.

El costo para los diez años del proyecto se ha dividido como sigue:

a) Manejo de la zona, monitoreo
y evaluación.

E.U.A. \$ 3,000,000

- | | |
|---|---------------------|
| b) Apoyo para proyectos
para la economía y la salud. | E.U.A. \$ 3,000,000 |
| c) La compra de derechos
de tierras y explotación. | E.U.A. \$ 2,000,000 |
| d) Capitalización y manejo
de tierras en custodia. | E.U.A. \$ 2,000,000 |

El soporte técnico para el proyecto será proporcionado por el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

PROYECTO PILOTO EN FASE DE APROBACIÓN: CERVECERÍA CUAUHTÉMOC MOCTEZUMA

Desde 1998 se ha instrumentado exitosamente en México un proyecto de eficiencia energética, en fase piloto, que ha contribuido a reducir la emisión de contaminantes en la atmósfera. El proyecto abarca dos plantas de la Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma ubicadas en Navojoa y en Tecate (Sinaloa y Baja California, respectivamente).

Fue realizado por la firma mexicana Empresas ESM, ubicada en Monterrey, Nuevo León, con la asistencia financiera de *Econergy International Corporation* y del *Environmental Enterprises Assistance Fund* de los Estados Unidos de América. Las empresas ESM actúan como una ESCO (Compañías de Servicios Energéticos) que a través de un contrato de desempeño, permiten que las dos plantas obtengan ahorros sustanciales en su consumo de energía, sin afectar su producción. Estos ahorros cubren la inversión del equipo adquirido a través de financiamiento.

El plazo del contrato es de cinco años y los resultados han sido muy favorables, ya que se han superado en 80% los ahorros contemplados originalmente. En particular, hasta el mes de septiembre del año 2000, entre las dos plantas, se ha obtenido un ahorro de E.U.A. \$ 7,648,945 y de 13,655,225 kWh, equivalente a 3,566 toneladas de carbono.

IX. COOPERACIÓN INTERNACIONAL

En el ámbito de los acuerdos y compromisos internacionales se presentaron los siguientes avances:

ASUNTOS MULTILATERALES

PROTOCOLO DE MONTREAL

En el plano estructural de los acuerdos internacionales, México fue uno de los participantes más activos en el Convenio de Viena (1985), del cual se desprendió posteriormente el Protocolo de Montreal (1987), firmado y ratificado por México.

Durante los años de 1989 y 1990 se negociaron y firmaron diez convenios voluntarios entre la industria asociada con el uso de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO), y la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Estos convenios voluntarios jugaron un papel básico en la estrategia nacional y hasta el día de hoy forman parte de la estructura de control del uso de estas sustancias. Derivado de estos conve-

nios, la industria del aerosol fue una de las primeras en transformarse a productos libres de clorofluorocarbonos (CFC), al igualar la iniciativa de reconversión de países desarrollados como Estados Unidos de América.

En 1992 México tomó la iniciativa, a nivel mundial, de aplicar un calendario acelerado que implicaba eliminar la mayor parte del consumo de las SAO para el año 2000. Esta propuesta era equiparable a los compromisos de los países desarrollados en esta época y diez años antes de lo que requería el Protocolo a nuestro país. A la fecha no existe ninguna otra nación en desarrollo (art. 5) que haya presentado y cumplido un compromiso internacional de esta naturaleza como lo ha hecho México.

De la década de 1989 a 1999, la contribución de México a la protección del medio ambiente global fue significativa. En 1989, el consumo de SAO se elevaba a 14,500 toneladas. Para 1999 se redujo a 2,800 toneladas. Se pronostica que en la década del 2000 a 2010 se dejarán de consumir 12,240 toneladas de SAO.

Por una parte, el avance en la reducción del consumo de los CFC y de halones se ha debido a la colaboración del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, del cual se ha recibido apoyo para 49 proyectos de inversión. Por otra, se ha intensificado la reducción gracias a la eficiente estrategia institucional de acuerdos voluntarios con la industria y a la adecuada asesoría del INE hacia todos los sectores involucrados. De esta forma, de las 11,650 toneladas de las SAO eliminadas a la fecha, 3,400 toneladas, por un monto de casi 27 millones de dólares, corresponden a los apoyos internacionales mencionados, mientras que 8,250 toneladas se han reducido debido a la ágil y eficiente intervención del INE, un hecho sin duda sobresaliente tanto en el ámbito nacional como en el internacional.

Los sectores involucrados en proyectos incluyen: refrigeración doméstica, refrigeración comercial; espumas de poliuretano; solventes y aire acondicionado.

Actualmente, México está consolidando sus logros mediante la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas enfocadas a atender específicamente

este problema. Durante 1999 y principios del 2000 se desarrolló una de las normas (NOM-125-ECOL-2001) más completas y avanzadas en su tipo a nivel internacional para el control integral del consumo y manejo de las SAO. Esta norma ha sido diseñada para producir a mediano plazo la absoluta eliminación de estas sustancias, dando al mismo tiempo seguridad a aquellos sectores para los cuales no es posible eliminar el uso de los CFC, debido a factores técnicos y/o que involucran cuestiones médicas o de salud. La norma entrará próximamente en vigor.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD)

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo financió un proyecto para que México elaborara sus propios factores de emisión de gases de efecto invernadero en sistemas vivos en la región centro del país. El proyecto inició en 1995 y concluyó en 1998.

En agosto de 1999 la SEMARNAP llevó a cabo un taller sobre cambio climático con la cooperación técnica y financiera del PNUD. Dicho taller estuvo dirigido principalmente a representantes de las secretarías que conforman el Comité Intersecretarial de Cambio Climático. El objetivo principal fue actualizar a los participantes del estado actual de las negociaciones internacionales en la materia, de los resultados de la CdP4 y de lo que se esperaba en la CdP5. Asimismo, se revisó el caso de Costa Rica en la experiencia de los primeros bonos de carbono en América Latina.

La SEMARNAP y la PNUD realizaron un seminario sobre cambio climático los días 6 y 7 de diciembre de 1999, esta vez dirigido al personal técnico de Petróleos Mexicanos (PEMEX). El taller tuvo por objeto informar sobre la problemática global del cambio climático. Se les dieron a conocer también las características de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, y el estado que guardan las negociaciones entre los paí-

ses que participan en ella. Asimismo, se le comunicó las experiencias de países y empresas petroleras que están incursionando en el mercado de certificados.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA)

El PNUMA/FMAM otorgó fondos en 1995 para llevar a cabo el Primer Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero con cifras de 1990.

Del 5 al 9 de febrero del 2001 se realizó en Nairobi, Kenia, el XXI periodo de sesiones del Consejo de Administración y el Segundo Foro Global de Ministros de Medio Ambiente. Las intervenciones de la Delegación Mexicana estuvieron enfocadas a encauzar los esfuerzos del PNUMA a los temas de agua, bosques, energía renovable, relación entre medio ambiente, salud y pobreza, mitigación y respuesta a desastres naturales, la contribución del PNUMA a la Cumbre Mundial de Desarrollo Sustentable y la gobernabilidad internacional ambiental.

México ha participado activamente este año en las reuniones de Nueva York (mayo) y de Bonn (julio) convocada por el PNUMA sobre la gobernabilidad internacional ambiental. En ellas ha promovido el fortalecimiento del PNUMA en su dimensión regional y la apertura y flexibilidad a nivel global para incorporar estos mecanismos útiles, promover sinergias entre convenciones y estar abiertos a posible fusiones e inclusive a la creación de un nuevo organismos internacional de desarrollo sustentable. En este marco, se está promoviendo una mayor reflexión sobre comercio y medio ambiente así como la integración de la variable ambiental de forma más decidida en las organizaciones internacionales de comercio, finanzas, tecnología y desarrollo.

CMNUCC

Representantes del Gobierno de México han participado en las reuniones de las Conferencias de las Partes y de los órganos subsidiarios de la Convención desde 1995.

A lo largo del año 2000 se participó en diversos talleres específicos de cambio climático organizado por el Secretariado de la Convención, entre los que figura el taller de Procedimientos y Mecanismos del Protocolo de Kioto, el taller sobre las acciones relacionadas con los artículos 4.8 y 4.9 de la Convención y el del 3.14 del Protocolo, el taller sobre los artículos 5, 7 y 8 del Protocolo, transferencia de tecnología, el de mecanismos flexibles, y en la Sexta Conferencia de las Partes, entre otros.

En la Sesión Reanudada de la Sexta Conferencia de las Partes de la Convención se logró una declaración política para la instrumentación del Protocolo de Kioto, que constituye una valiosa plataforma para que la comunidad internacional continúe cooperando en este tema. Se consiguió ubicar el tema de la vulnerabilidad y adaptación frente a desastres naturales asociados al cambio climático como prioridad. La creación de un fondo especial para ese fin beneficiará particularmente a los países de menor desarrollo.

Aunque se adoptaron decisiones en algunos asuntos clave, los delegados no finalizaron todo su trabajo en los temas de: mecanismos, cumplimiento, y uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura. Dado lo anterior, todas las decisiones fueron postergadas a la Séptima Reunión de la Conferencia de las Partes, que se realizará en noviembre del 2001.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE)

Se creó el Sistema Nacional de Información Ambiental, por lo que en este sentido México se coloca al mismo nivel que los demás países miembros de la OCDE, y a la vanguardia en América Latina y del Caribe. En 1998, se publicó el documento *Avances en el desarrollo de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental en México, 1997*, mismo que se utilizó para realizar el examen de desempeño practicado por la OCDE a México. En noviembre del 2000, la Unidad Coordinadora de Áreas Naturales Protegidas (UCANP) elaboró el informe de cumplimiento de recomendaciones de la OCDE en esta materia.

Se organizó un seminario internacional sobre aspectos económicos de la biodiversidad, con la participación de expertos de países miembros de la OCDE y de América Latina.

En los últimos seis años México ha participado en el Foro de Ministros y en el Foro de Cambio Climático de la misma organización.

México ha tenido una presencia activa en la agenda institucional con América Latina y el Caribe, por medio del Foro de Ministros de Medio Ambiente, definiendo los temas prioritarios de la región.

BANCO MUNDIAL

El Banco Mundial ha proporcionado financiamiento para estudiar diversos escenarios de emisiones futuras y elaborar estudios de prefactibilidad para el uso de calentadores solares de agua para uso doméstico en México. También financió la elaboración de estudios para la Comisión Ambiental Metropolitana, con el fin de mejorar la calidad del aire en la ZMVM y reducir la emisión de gases de efecto invernadero (2000.)

En el 2000 financió la elaboración de tres estudios para la futura Oficina Nacional de Acción Climática en las áreas de líneas base de emisiones

de los GEI en el área forestal y de energía, y lo correspondiente en materia de estudios financieros.

En octubre de 1999, durante la CdP5, México firmó su adhesión al Fondo Prototipo de Carbono del Banco Mundial, cuyo objetivo es financiar la reducción de emisiones mediante la instrumentación de proyectos en países no Anexo B. En principio, sólo son aceptables proyectos energéticos:

- México firmó el Acuerdo de Entendimiento con el BM para formalizar su adhesión al Fondo Prototipo de Carbono (PCF, por sus siglas en inglés). Como miembro del comité de países huéspedes participó en las dos reuniones que el PCF ha organizado y formó parte del Comité de Países Observadores, junto con Guatemala, Togo y Letonia, para participar en las reuniones del Comité de Países Donantes. Se seleccionará un proyecto nacional susceptible de recibir recursos del fondo.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

- Se participó en la presentación de la Estrategia de Cambio Climático del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en junio del 2000.

ACCIÓN CLIMÁTICA DE LOS GOBIERNOS LOCALES EN MÉXICO (ICLEI)

En México se desarrolló La Campaña de Ciudades para la Protección del Clima del Consejo Internacional para las Iniciativas Ambientales Locales (ICLEI, por sus siglas en inglés). Se trata de una organización internacional no gubernamental formada por gobiernos locales que obtuvo el financiamiento de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID) para el Proyecto de Acción Climática.

Los objetivos de la campaña fueron:

- Incluir ciudades de países en desarrollo (Partes no Anexo I de la CMNUCC).
- Identificar un modelo de actuación en ciudades de países en desarrollo para llevar a cabo acciones dedicadas a la reducción de GEI.
- Obtener reducciones tangibles de GEI, promovidas o realizadas por los gobiernos locales.

El proyecto, que tuvo una duración de dos años, fue lanzado en diferentes ciudades mexicanas en enero de 1999, mediante la firma de un Memorándum de Entendimiento entre las autoridades locales y el ICLEI. Los compromisos contenidos en el Memorándum eran los siguientes:

COMPROMISOS LOCALES

- Elaboración de un perfil de emisiones (1990 ó 1995) y un pronóstico de emisiones locales de GEI (2005 ó 2010).
 - Definición de un objetivo de reducción, basado en la contribución de proyectos.
 - Elaboración de un Plan de Acción que incluyera todos los proyectos.
 - Recursos humanos y materiales para las actividades.

COMPROMISOS DEL ICLEI

- Proporcionar asistencia técnica para identificar y cuantificar los proyectos orientados a reducir emisiones de GEI.
 - Proporcionar programas de cómputo de la campaña, modificados a las condiciones de México.
 - Apoyar la búsqueda de recursos financieros para los proyectos.
 - Difundir internacionalmente los logros locales.

En el Proyecto de Acción Climática colaboraron en las siguientes ciudades y entidades:

- Delegación Cuajimalpa del Distrito Federal.
- Delegación Tlalpan del Distrito Federal.
- Municipio y gobierno del estado de Querétaro.
- Municipios y gobierno del estado de San Luis Potosí: Soledad de Graciano Sánchez.

Las actividades se orientaron al fortalecimiento de las capacidades y al apoyo de las autoridades locales para identificar y cuantificar sus iniciativas para reducir emisiones de GEI. Al efecto, se realizaron ocho talleres y se siguió un esquema de asistencia técnica y seguimiento en cada ciudad en reuniones periódicas. Algunos de los proyectos considerados en la campaña fueron:

- Conversión de luminarias.
- Uso eficiente de energía.
- Siembra de vegetales en azoteas.
- Conversión de combustible en transporte público.
- Sumidero de carbono.
- Compostaje de basura orgánica.
- Rehabilitación de áreas verdes.
- Monitoreo de la calidad del aire.
- Educación ambiental.

Mediante el Proyecto de Acción Climática se logró incorporar el tema de cambio climático en la agenda ambiental local, fortalecer las capacidades de las autoridades locales para identificar y administrar el proceso e iniciativas relacionado con la reducción de emisiones GEI, así como crear un creciente interés en los beneficios colaterales y en los cobeneficios de los proyectos. Sin embargo, también se identificaron carencias como falta de colaboración entre los departamentos municipales, inexistencia de registros ambientales, flujo de información deficiente, lenta administración de proyectos y una fuerte dependencia respecto de los aspectos políticos.

CUADRO 9.1 AVANCES LOGRADOS EN EL PROYECTO ICLEI (2000)

CIUDAD O ENTIDAD	PERFIL DE EMISIONES	PRONÓSTICO	OBJETIVO	PLAN DE ACCIÓN	PUESTA EN MARCHA
Ciudad de México	Completo	En curso	En curso	En curso	Ninguno
Cuajimalpa	Completo	En curso	En curso	En curso	Ninguno
Tlalpan	Completo	En curso	En curso	En curso	Eficiencia energética
San Luis Potosí	Borrador	Borrador	En curso	En curso	Ninguno
Querétaro	Completo	Completo	En curso	En curso	Conversión de combus- tibles. Manejo de residuos sólidos

ASUNTOS HEMISFÉRICOS Y REGIONALES

INSTITUTO INTERAMERICANO PARA LA INVESTIGACIÓN DEL CAMBIO GLOBAL (IAI)

El IAI se estableció el 13 de mayo de 1992 en Montevideo, Uruguay, mediante un acuerdo internacional de 16 países de Las Américas para dar respuesta al cambio global en la región. Actualmente el IAI está conformado por 18 países.

México, como país integrante del IAI desde su inicio, ha colaborado con otras Partes en diferentes proyectos. Para consolidar esta colaboración, en 1999 el IAI decidió apoyar financieramente un trabajo de grupo entre investigadores con intereses en el tema de variabilidad climática de la región de México Centro América y el Caribe. Así, se estableció una Red de Colaboración en Investigación, que incluye la participación de Centros de investiga-

ción de México (como es el Centro de Ciencias de la Atmósfera, de la UNAM), Estados Unidos, Costa Rica, Colombia y Brasil. Recientemente, el IAI ha apoyado también a Cuba y Jamaica para que se integren a esta Red de Investigación. El apoyo solicitado al IAI servirá para financiar visitas entre investigadores, becas para estudiantes, asistencia a congresos, reuniones científicas y materiales de trabajo. Sin embargo, por decisión de los investigadores participantes se estableció que un mecanismo que daría solidez al trabajo de la Red sería el de compartir una investigación conjunta.

PROYECTOS DEL PROGRAMA CIENTÍFICO

Los proyectos en los cuales México participó son:

- Los cuatro siglos pasados de la corriente de California: calibración e interpretación a partir de los sedimentos laminados, trianillos y registros históricos del sur de la Alta California y de la Baja California.
- Historia de la vegetación a partir de fósiles en los desiertos americanos en la latitud media.
- Estudios comparativos en América del Norte y del Sur a lo largo del gradiente de aridez. Una aproximación metodológica para escalar el papel funcional de la diversidad dentro de las comunidades de plantas.
- Intercambio a través del Estrecho de Yucatán y su importancia para los estudios de cambio climático.
- Impacto del cambio climático sobre la biodiversidad marina en el Golfo de California.
- Acoplamiento biofísico en el ecosistema pelágico de la actual California del Sur.
- Impacto del incremento acelerado del nivel del mar sobre el ciclo de nutrientes y la productividad en los ecosistemas Karst y Deltaico en el Golfo de México y el área del Caribe. Implicaciones ecológicas y socio-económicas.

- Aplicaciones de predicciones múltiples sobre el clima en la región de América Central y el Caribe.
- Estimación de los efectos del ENSO sobre los campos de caña de azúcar en diferentes países de América Latina.
- Evaluación comparativa de los usos agrícolas del ENSO, con base en una predicción del clima en las Américas semiáridas.

RED DE COLABORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN

Actualmente son seis los proyectos y un acuerdo que están vigentes y cuya finalización se espera para el año 2004.

- Ciclos biogeoquímicos bajo el cambio de uso del suelo en las Américas Semiáridas.
- Evaluación del presente, pasado y futuro de la variabilidad climática en las Américas a partir desde los límites ambientales.
- El papel de la biodiversidad y el clima en el funcionamiento de los ecosistemas: un estudio comparativo sobre las praderas, sabanas y bosques.
- Manejo del riesgo de desastres debidos al fenómeno «El Niño»–Oscilación del Sur «ENSO» (en América Latina: Una propuesta para consolidar una red regional para la investigación comparativa, la información y el comercio desde una perspectiva social).
- Estudio multiobjetivo de la variabilidad climática para mitigar el impacto en la región de convergencia comercial de clima complejo.
- Diagnóstico y predicción del clima y la variabilidad climática y los impactos sobre la salud humana en las Américas tropicales.
- Acuerdo Este–Pacífico para la investigación sobre cambio global en regiones costeras y oceánicas.
- Experimento climático en las albercas de agua caliente de Las Américas. El objetivo del estudio es el de analizar los mecanismos físicos que

determinan las características de la temporada de lluvias de verano en la región de México, Centro América y el Caribe, con el fin de elaborar pronósticos más precisos que sean de utilidad para diversos sectores socio-económicos de la región. Para ello, es necesario probar algunas hipótesis sobre esta parte del ciclo anual del clima que involucran procesos de interacción océano - atmósfera y continente.

- Análisis y entendimiento de la variabilidad climática en las islas caribeñas.
- Aplicación de modelos numéricos de alta resolución en la simulación de la circulación atmosférica a escala local y regional en áreas del Caribe.
- Programa EPIC (Eastern Pacific Investigation of Climate Processes in the Coupled Ocean-Atmosphere System), que surge en parte de las deficiencias que los modelos acoplados océano atmósfera tiene en la región del Pacífico del este, donde aparece la señal El Niño. EPIC plantea observaciones continuas por un periodo de cinco años (1999-2004) algunos de las cuales serán intensivas durante el verano del 2001. Se espera que EPIC resulte en mejoras substanciales en diversos aspectos de análisis climáticos en el corto plazo y los sistemas de predicción del clima en las Américas.

CURSOS, TALLERES Y SEMINARIOS

El IAI brindó su apoyo para la realización de talleres, conferencias y seminarios en los que participaron científicos, tomadores de decisiones y los gobiernos oficiales de Las Américas.

- Octava reunión de la Conferencia de las Partes del IAI. Panamá, Panamá, Julio de 2001.
- Decimotercera reunión del Consejo Ejecutivo del IAI. Panamá, Panamá, Julio de 2001.
- Decimoquinta reunión del Comité Científico. San José dos Campos, Brasil, Mayo del 2001.

- Decimosegunda reunión del Consejo Ejecutivo. Costa Rica, Diciembre de 2000.
 - Decimocuarta reunión del Comité Científico. Washington, DC, EUA, Noviembre de 2000.
 - Séptima reunión de la Conferencia de la Partes. Mérida, México, Julio de 2000.
 - Décimo primera reunión del Consejo Ejecutivo. Mérida, México, Julio de 2000.
 - Manejo Integrado de los recursos hídricos en Las Américas. Miami, Florida, EUA, julio a agosto de 2001.
 - Implicaciones ambientales y sociales del uso y cambio del uso del suelo en Las Américas. Miami, Florida, EUA, julio a agosto de 2000.
 - Taller sobre la vulnerabilidad y producción agrícola (CLIMAG). Génova, Suiza, septiembre de 1999.
 - Interacciones entre la variabilidad estacional y los sistemas humanos. Miami, Florida, EUA, julio de 1999.
 - Seminario sobre Impactos de El Niño/Oscilación del Sur 1997/98 en la Región y El V Foro de Perspectiva Climática para el Sudeste de Sudamérica. Mariano Roque Alonso, Paraguay marzo de 1999.
 - Panel sobre la variabilidad y predictibilidad climática (CLIVAR). Variabilidad del sistema monzónico americano (VAMOS). Buenos Aires, Argentina, marzo de 1999.
- Los impactos del cambio climático sobre la agricultura en América del Sur. San José dos Campos, Brasil, septiembre de 1998.

COMISIÓN DE COOPERACIÓN AMBIENTAL (CCA)
DEL TRATADO DE LIBRE COMERCIO CON AMÉRICA DEL NORTE (TLCAN)

Con la CCA se llevó a cabo un proyecto sobre el comercio de la reducción de emisiones. Durante la fase I (1997) se exploraron los elementos básicos

del comercio de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el contexto de América del Norte.

Durante la fase II se ponderó la capacidad existente en cada país del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) para participar en el comercio de emisiones. El resultado del estudio se comentó en un taller llevado a cabo en el Programa Universitario de Energía (PUE), de la UNAM, en 1998. En mayo de 1998 la CCA publicó el documento Fase II, titulado *Compensación de emisiones y capacidad de compensación*.

México adoptó el compromiso de tornar obligatorio el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes y de poner al alcance del público la información que contiene, en un plazo de dos a cuatro años.

Se elaboró el documento de diagnóstico de necesidades de desarrollo de la capacidad para nuestro país y de opciones de financiamiento para el proyecto de Manejo Adecuado de Sustancias Químicas. Asimismo, se realizó el Primer Taller Nacional sobre Salud del Niño y el Ambiente, en coordinación con la Secretaría de Salud, en el marco del proyecto Salud Infantil y Medio Ambiente de la CCA.

Por otra parte, México coordinó la VIII Sesión del Consejo de Ministros de la CCA, en la que se estableció un nuevo enfoque estratégico para la CCA, centrado en el acopio, recopilación e intercambio de información ambiental de alta calidad, el fomento del uso de enfoques de mercado, la cooperación regional en el cumplimiento de los compromisos globales y el fomento de la participación ciudadana en las actividades de la CCA.

ASUNTOS BILATERALES

CANADÁ

En el ámbito bilateral, se ha reforzado la cooperación con Canadá mediante la firma de una Carta de Intención, con lo cual el 17 y 18 de febrero del año 2000

se llevó a cabo un seminario sobre cambio climático en el INE, con el patrocinio de la entonces SEMARNAP y de Environment Canada. El seminario cubrió un amplio espectro de participantes: miembros del cuerpo legislativo, industriales, organizaciones no gubernamentales, secretarías de Estado integrantes del Comité Intersecretarial sobre Cambio Climático, consultores independientes, académicos, gobiernos estatales y público interesado por parte de ambos países. Se llevó a cabo el intercambio de información y experiencias.

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

A partir de 1993, el Programa de Estados Unidos de América para Apoyar Estudios de País (USCSP) sobre Cambio Climático financió la realización de investigaciones sobre inventarios de emisiones, escenarios de emisiones futuras y estudios para la evaluación de la vulnerabilidad y opciones de adaptación.

Desde 1998 se estableció con Estados Unidos de América un Grupo de Contacto y se ha fortalecido el rubro de cooperación científico–tecnológica y el fortalecimiento institucional en este marco. En octubre de 1999 se realizó la reunión del Grupo de Contacto México–Estados Unidos de América sobre Cambio Climático, en el marco del cual se revisaron las expectativas para la CdP5 y las oportunidades de cooperación binacional; se aportaron ideas para la participación de países en desarrollo en la reducción de gases de efecto invernadero (GEI); se revisaron los mecanismos del Protocolo de Kioto, la cooperación bilateral para el desarrollo de sumideros de carbono, los planes de uso del suelo y la política forestal para mitigar el cambio climático y los cobeneficios de la mitigación de emisiones de GEI

Asimismo, en junio de 1999 se llevó a cabo la Reunión Binacional México–Estados Unidos de América, siendo las conclusiones en materia de cambio climático las siguientes:

- Contabilizar las fuentes y los sumideros de los gases de efecto invernadero de cada país.

- Reducir incertidumbres clave.
- Mejorar los sistemas de registro.
- Analizar los procesos económicos de la reducción de los gases de efecto invernadero y los beneficios para objetivos distintos a los de cambio climático.
- Intercambiar personal y capacitarlo en las áreas de interés.
- Ampliar la educación y difusión de información sobre cambio climático al público.
- Informar al Grupo de Contacto de alto nivel.

AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS (USEPA)

Con la USEPA se inició la colaboración técnica y científica desde 1993 en materia de inventarios de emisiones, evaluación de vulnerabilidad y opciones de adaptación. En noviembre de 1999 se llevó a cabo un taller con representantes de diferentes ramas industriales de los dos países, para intercambiar puntos de vista sobre el cambio climático.

En el 2000 se llevaron a cabo los siguientes estudios, con fondos de la USEPA:

- Modelación macroeconómica.
- Fortalecimiento institucional, sector forestal.
- Actualización del Inventario de Emisiones de GEI (Información de 1994-1998)
- Cambio de uso del suelo regional (trópico húmedo) en Chiapas.

PROYECTO PILOTO DE ACUERDO DE COOPERACIÓN DE TECNOLOGÍA (TCAPP)

Iniciativa del gobierno norteamericano con el apoyo de la Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional (USAID), la Agencia

de Protección Ambiental (USEPA) y el Departamento de Energía (USDOE), con el objetivo de establecer un modelo de cooperación tecnológica en aspectos relacionados con el cambio climático de los países desarrollados a los países en desarrollo. El TCAPP incluye actividades en Brasil, China, Egipto, Kazajastan, México, Filipinas y Corea, países donde la comunidad internacional de donantes trabajan para acelerar inversiones en tecnologías para producir energía más limpia.

Entre los elementos clave del TCAPP se incluyen procesos que tomen como base las prioridades del país donde éstos se desarrollen. El proyecto está dirigido por expertos en energía, medio ambiente y cambio climático y por participantes del sector privado; tiene una amplia colaboración con la comunidad internacional, el sector privado e instituciones donantes.

El Equipo TCAPP México está integrado por la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), el Instituto Nacional de Ecología (INE) y el Laboratorio de Energías Renovables de los Estados Unidos (NREL), dirigidos por un Coordinador de proyecto para las actividades en México. La CONAE y el equipo TCAPP han identificado prioridades que se basan en programas existentes en la propia CONAE, que tienen importantes avances y cuentan con un proceso previo de consulta con diversas instituciones nacionales:

- Iluminación eficiente en edificios.
- Calentamiento de agua con energía solar para uso residencial y comercial.
- Sistemas de generación y distribución de vapor.

AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS
PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (USAID/MÉXICO)

El gobierno de México ha tenido una creciente colaboración con la USAID desde 1995, en lo referente al cambio climático. Esta colaboración inició con estudios para la promoción de la eficiencia energética, el uso de energías renovables y la conservación de bosques y áreas naturales protegidas. Al tiempo

que se realizaban estas actividades, también se inició el Programa de la Delegación Tlalpan, para impulsar diversas actividades relacionadas con la disminución de emisiones de GEI en el sector energético y en el forestal. Se han llevado a cabo otras actividades, que se describen a continuación:

CURSOS DE CAPACITACIÓN

Mexicanos de varias instituciones participaron en cursos patrocinados por la USAID, diseñados para fortalecer el entendimiento en temas importantes relacionados con el cambio climático, como son:

- Monitoreo y verificación de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energético, en lo que concierne al cambio en el uso del suelo y en la actividad silvícola.
- Modelación macroeconómica para el cambio climático.
- Instrumentos de mercado para la protección ambiental.

PROGRAMA FRONTERA XXI

Los gobiernos de México y de Estados Unidos de América firmaron en 1983 el «Convenio para la Protección y el Mejoramiento del Medio Ambiente en la Región Fronteriza» (el Convenio de La Paz), en el cual se establecen las bases normativas que enmarcan los esfuerzos de cooperación ambiental. El Convenio de La Paz definió la zona fronteriza como el área que se extiende 100 kilómetros de ancho de cada lado de la frontera internacional.

Al amparo de este Convenio se han instrumentado el Programa Integral Ambiental Fronterizo 1992–1994 y el Programa Frontera XXI. Las principales dependencias federales por parte de México involucradas en el desarrollo e instrumentación del Programa Frontera XXI fueron la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), la Secreta-

ría de Desarrollo Social (SEDESOL); la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) y la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE).

Por parte de Estados Unidos de América participan la Agencia de Protección Ambiental (USEPA), el Departamento del Interior (DOI), el Departamento de Agricultura (DOA), El Departamento de Salud y Servicios Humanos (HHS), el Departamento de Estado (DOS) e instituciones internacionales como la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA); la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y el Banco para el Desarrollo de América del Norte (BANDAN).

La instrumentación de Frontera XXI se lleva a cabo por medio de nueve Grupos de Trabajo binacionales: (1) agua, (2) aire, (3) residuos sólidos y peligrosos, (4) prevención de la contaminación, (5) planeación de contingencias y respuesta a emergencias, (6) cooperación en la aplicación de la ley, (7) recursos de información ambiental, (8) recursos naturales, y (9) salud ambiental. Los principales logros de cada grupo se presentan en el cuadro 9.2 en la página siguiente.

CUADRO 9.2 AVANCES LOGRADOS DEL PROGRAMA FRONTERA XXI

GRUPO DE TRABAJO	LOGROS
Agua	<ul style="list-style-type: none"> · Actualización de los planes maestros de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de diez localidades mexicanas fronterizas. · Mejora de las redes hidráulicas en diez ciudades mexicanas fronterizas. · Aumento del servicio de 88 % a 93% de la población, con sistema de drenaje ampliado de 69 % a 75 %. · Rehabilitación y operación de cinco plantas de tratamiento de aguas residuales en Tijuana, Mexicali y Ciudad Juárez. · Aumento en el tratamiento de aguas residuales de 34 a 75 %.
Calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> · Elaboración de los programas para mejorar la calidad del aire en Ciudad Juárez, Mexicali y Tijuana. · Elaboración del <i>Tercer informe sobre la calidad del aire en ciudades mexicanas, 1998</i>. · Avances puntuales en los programas de calidad del aire de Brownsville–Laredo y Ciudad Juárez–El Paso–Sunland Park. · Avances de los programas de congestión vehicular en la frontera. · Avances del Centro de Información sobre Contaminación del Aire México–Estados Unidos (CICA). El tema de cambio climático ha sido incluido en este rubro.
Recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> · Establecimiento de 1,639 Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) en Baja California, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas.

GRUPO DE TRABAJO	LOGROS
Residuos sólidos y peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> · Publicación de los Programas de Manejo de las Áreas de Protección de Flora y Fauna del Cañón de Santa Elena y de Maderas del Carmen. · Reforestación de 5,959 hectáreas por medio del Programa Nacional de Reforestación. · Decreto en 1998 de cuatro áreas para la restauración ecológica de zonas afectadas por incendios forestales en la frontera norte del país. · Inscripción de los humedales de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado en la lista de Humedales de Importancia Internacional (Convención Ramsar) en 1996. · Protección de los humedales mediante estudios de monitoreo por parte del Cuarto Grupo en la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). · Siembra de cerca de 3.8 millones de crías de peces en los seis estados fronterizos durante el periodo de 1995–1998. <ul style="list-style-type: none"> · Instrumentación del Sistema de Rastreo de Residuos Peligrosos (SIRREP), que incluye el uso del aviso de retorno que sustituye a las Guías Ecológicas de Exportación para la industria maquiladora y que reemplazará el sistema Haztraks (Hazardous Waste Tracking System), para efectuar un rastreo más eficaz de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos entre ambos países. · Formalización de un mecanismo binacional de intercambio de información y consulta sobre evidencias científicas y puntos de vista en materia de sitios para el manejo y confinamiento de residuos peligrosos en la franja fronteriza.
Prevención de contingencias	<ul style="list-style-type: none"> · Creación del Equipo de Respuesta Conjunta. · Desarrollo de sistemas de notificación binacional de incidentes.

GRUPO DE TRABAJO	LOGROS
Recursos e información ambiental	<ul style="list-style-type: none"> · Modificación del Plan Conjunto México-Estados Unidos de América de contingencias por fugas o derrames accidentales de sustancias peligrosas a lo largo de la frontera. · Geo-referenciación en un sistema computarizado de los organismos, con capacidad para responder ante una emergencia. · Elaboración del reporte de Indicadores Ambientales de la Frontera, 1997. · Creación de una página de Internet con la información completa del Programa Frontera XXI.
Aplicación de la ley	<ul style="list-style-type: none"> · Integración de los Subgrupos de Trabajo en toda la frontera para la cooperación en la atención de problemas. · Realización de más de 20 mil visitas de inspección y verificación en los seis estados de la frontera norte.
Salud ambiental	<ul style="list-style-type: none"> · Mejoramiento de la caracterización de fuentes de exposición al plomo, la comunicación de riesgos, la reducción de exposiciones, la evaluación integral de riesgos y el manejo de riesgos. · Desarrollo del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Defectos de Tubo Neural en los seis estados de la frontera norte. · Elaboración de mapas catalogados con información agropecuaria, forestal y de densidad poblacional de la zona fronteriza. · Apertura del Centro Toxicológico de Hermosillo, Sonora. · Desarrollo e instrumentación del «Programa Agua Limpia en Casa», en municipios fronterizos.

GRUPO DE TRABAJO	LOGROS
Prevención de la contaminación	<ul style="list-style-type: none">· Continuación de los programas de asesoría técnica <i>in situ</i> (SAV's-Site Assistance Visit), conducidos por la <i>Texas Natural Resources Conservation Commission</i> (TNRCC), que han redundado en reducciones anuales de 78,900 toneladas de residuos peligrosos, 93,100 toneladas de otros residuos sólidos y 417,900 libras de compuestos orgánicos volátiles (Vocs) y ahorros de \$75.8 MDD anuales.· Conclusión del primer informe del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

FUENTE: Página electrónica de la SEMARNAP, 2000.

ANEXO I. DECISIÓN 10/CP.2

FCCC/CP/1996/15/Add.1

- Decisión 10/CP.2 -

Comunicaciones de las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención: directrices, facilitación y procedimiento de examen.

LA CONFERENCIA DE LAS PARTES,

RECORDANDO los párrafos 1, 5 y 7 del artículo 12 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático,

RECORDANDO TAMBIÉN su decisión 8/CP.1 sobre las primeras comunicaciones de las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención y su decisión 4/CP.1 sobre cuestiones de metodología,

OBSERVANDO que, de conformidad con el párrafo 5 del artículo 12 de la Convención, cada una de las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención presentará su comunicación inicial dentro del plazo de tres años, contados desde que entre en vigor la Convención respecto de esa Parte o se disponga de recursos financieros de conformidad con el párrafo 3 del artículo 4, y que las Partes que pertenezcan al grupo de los países menos desarrollados podrán presentar la comunicación inicial a su discreción,

RECONOCIENDO que, de conformidad con el párrafo 7 del artículo 4, la medida en que las Partes que son países en desarrollo llevarán a la práctica efectivamente sus compromisos en virtud de la Convención dependerá de la manera en que las Partes que son países desarrollados lleven a la práctica efectivamente sus compromisos relacionados a los recursos financieros y la transferencia de tecnología, y se

tendrá plenamente en cuenta que el desarrollo económico y social y la erradicación de la pobreza son las prioridades primeras y esenciales de las Partes que son países en desarrollo,

HABIENDO CONSIDERADO que, de conformidad con el párrafo 7 del artículo 12, a partir de su primer período de sesiones la Conferencia de las Partes tomará disposiciones para facilitar la asistencia técnica y financiera a las Partes que son países en desarrollo, a petición de ellas, a efectos de recopilar y presentar información con arreglo a este artículo, así como de determinar las necesidades técnicas y financieras asociadas con los proyectos propuestos y las medidas de respuesta en virtud del artículo 4 y que esa asistencia podrá ser proporcionada por otras Partes, por organizaciones internacionales competentes y por el Secretariado, según proceda,

Pide que el Secretariado de la Convención:

a) De conformidad con el párrafo 2 c) del artículo 8, preste asistencia a las Partes, en particular a las que son países en desarrollo, para la preparación de sus comunicaciones iniciales mediante la organización de reuniones técnicas en el ámbito nacional; habilite un foro para el intercambio de experiencia en el cálculo de los factores de emisión y la reunión de datos sobre las actividades para la estimación del inventario, así como, cuando se solicite, para la inclusión de otros elementos de información en la comunicación inicial y presente un informe al Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico en cada uno de sus períodos de sesiones; y

b) Facilite al Órgano Subsidiario de Ejecución en cada uno de sus períodos de sesiones detalles de la ayuda financiera suministrada a las Partes no incluidas en el anexo I de la Convención por la entidad encargada provisionalmente del funcionamiento del mecanismo financiero para la preparación de sus comunicaciones iniciales, incluidos los proyectos propuestos por cada Parte, la decisión de entrega de la financiación y la fecha y la cuantía de los fondos suministrados a la Parte respectiva;

2. DECIDE :

a) Que las Partes no incluidas en el Anexo I utilicen las directrices contenidas en el anexo a la presente decisión cuando preparen las comunicaciones iniciales que deberán presentar de conformidad con la Convención;

b) Que la Conferencia de las Partes tenga en cuenta, de conformidad con el párrafo 1 del artículo 4, así como con lo dispuesto en el artículo 3 y en los párrafos 3, 4, 5, 7, 8, 9 y 10 del artículo 4, las prioridades nacionales y regionales de

desarrollo, los objetivos y las circunstancias de las Partes no incluidas en el anexo I al considerar las cuestiones relacionadas con sus comunicaciones iniciales; y

c) Que las Partes no incluidas en el anexo I que deseen someter voluntariamente información suplementaria puedan utilizar elementos de las directrices aprobadas para las Partes incluidas en el Anexo I de la Convención cuando procedan a preparar sus comunicaciones iniciales.

ANEXO II. RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL
DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg)

1994

GASES DE EFECTO INVERNADERO:

FUENTES Y SUMIDROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	HFCs
<i>Emisiones totales</i>								
<i>y captura</i>	351459.733	6594.860	43.813	1079.432	8260.442	1335.747	1073.743	1.166
<i>I Energía</i>								
<i>(combustión + fugitivas)</i>	314352.167	2213.721	8.658	1061.499	7974.329	895.335	1063.569	
A. Quema								
de combustibles	314352.167	89.065	8.658	1061.499	7974.329	895.335	1063.569	
1 Transporte	100755.253	31.874	6.521	621.262	6331.479	730.851	114.979	
2 Industria (ISIC)	59925.714	2.557	0.536	71.186	374.808	7.006	303.400	
3 Industrias energéticas	37058.645	1.073	0.102	53.819	9.245	2.806	71.805	

RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg) (continúa)

GASES DE EFECTO INVERNADERO:								
FUENTES Y SUMIDEROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NOx	CO	NM VOC	SO ₂	HFCs
4 Generación								
eléctrica	84200.419	0.997	0.467	255.501	16.520	5.579	532.274	
5 Residencial	21607.883	52.479	0.997	46.097	1240.221	148.591	9.248	
6 Comercial	5877.749	0.054	0.011	9.233	0.984	0.171	16.572	
7 Agricultura	4926.504	0.032	0.026	4.401	1.073	0.332	15.293	
B Emisiones fugitivas								
de combustibles		2124.656						
1 Combustibles sólidos								
2 Petróleo y gas natural		2124.656						
2 <i>Procesos Industriales</i>	37107.566	4.811	2.245	5.219	62.243	440.412	10.174	1.166
A Productos minerales	16533.025				0.001	424.127	9.478	
B Industria química	3702.000	4.811	2.245	4.953	20.867	16.215	0.499	
C Producción								
de metales	16872.541			0.266	41.375	0.070	0.197	
D Otros				0.689	2.574	71.273	3.217	

RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg) (continúa)

GASES DE EFECTO INVERNADERO:								
FUENTES Y SUMIDEROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NOx	CO	NMVOC	SO ₂	HFCs
3 Solventes y otros productos								
4 Agricultura		2233.721	32.910	12.715	223.870			
A Fermentación entérica		2,166.37						
B Manejo de estiércol		45.278	0.023					
C Cultivo de arroz		11.408						
D Suelos agrícolas			32.558					
E Quemados de sabanas								
F Quema in situ de residuos agrícolas		10.660	0.352	12.715	223.870			
5 Cambio de uso del suelo y silvicultura								
A Captura en manejo forestal	n.d.							
B Captura en tierras abandonadas	n.d.							

RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg) (continúa)

1996

GASES DE EFECTO INVERNADERO:

FUENTES Y SUMIDROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	HFCs
<i>Emisiones totales</i>								
<i>y captura</i>	514048.055	7507.031	46.523	1123.467	8691.120	1070.758	1060.388	2.385
I Energía (combustión								
+ fugitivas)	314730.258	2208.918	9.913	1057.494	6784.268	808.661	1051.289	
A Quema								
de combustibles	314730.258	85.133	9.913	1057.494	6784.268	808.661	1051.289	
1 Transporte	97193.079	28.072	7.667	609.000	5091.683	644.173	68.506	
2 Industria (ISIC)	62082.504	2.731	0.604	75.107	430.661	7.598	340.414	
3 Industrias								
energéticas	38976.038	1.052	0.100	54.403	10.045	3.098	62.093	

RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg) (continúa)

GASES DE EFECTO INVERNADERO:								
FUENTES Y SUMIDEROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	HFCs
4 Generación								
eléctrica	82868.256	0.966	0.511	258.528	15.916	5.452	538.181	
5 Residencial	22361.465	52.219	0.992	46.510	1233.814	147.813	9.350	
6 Comercial	5827.704	0.055	0.010	9.107	0.968	0.162	15.902	
7 Agricultura	5421.211	0.038	0.028	4.838	1.181	0.365	16.842	
B Emisiones fugitivas								
de combustibles		2123.785						
1 Combustibles sólidos								
2 Petróleo y gas natural		2123.785						
2 Procesos industriales	42015.581	4.606	3.255	7.466	70.448	262.097	9.099	2.385
A Productos minerales	16659.682				0.001	245.671	8.452	
B Industria química	3806.203	4.606	3.255	7.144	20.828	16.341	0.409	
C Producción								
de metales	21549.696			0.321	49.619	0.085	0.237	
D Otros				0.486	1.815	88.385	2.269	

RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg) (continúa)

GASES DE EFECTO INVERNADERO:								
FUENTES Y SUMIDROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	HFCs
3 Solventes y otros productos								
4 Agricultura		2170.644	32.549	12.715	223.870			
A Fermentación entérica		2,080.67						
B Manejo de estiércol		65.780	0.021					
C Cultivo de arroz		13.534						
D Suelos agrícolas			32.197					
E Quema de sabanas								
F Quema <i>in situ</i> de residuos agrícolas		10.660	0.352	12.715	223.870			
5 Cambio de uso del suelo y silvicultura	157302.216	184.290	0.806	45.793	1612.535			
A Captura en manejo forestal	-30206.831							
B Captura en tierras abandonadas	-11784.385							

RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg) (continúa)

GASES DE EFECTO INVERNADERO:

FUENTES Y SUMIDEROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOG	SO ₂	HFCs
---------------------	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----	-------	-----------------	------

C Emisiones directas

producto de la tala

forestal 52139.573

D Emisiones

retardadas

de la limpia del suelo 57932.859

E Emisiones

de suelos 89221.000

6 Desechos 2938.573

A Deposición

de desechos sólidos 1677.605

B Tratamiento

de aguas residuales 1260.969

C Incineración de basura

D Otros

7 Oros

RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg) (continúa)

1998

GASES DE EFECTO INVERNADERO:								
FUENTES Y SUMIDEROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NOx	CO	NMVOC	SO ₂	HFCs
<i>Emisiones totales</i>								
<i>y captura</i>	394725.959	8060.645	47.452	1151.706	5928.195	999.275	1167.852	1.674
I Energía (combustión								
+ fugitivas	350380.378	2634.242	11.249	1133.101	5604.888	725.594	1157.849	
A Quema								
de combustibles	350380.378	81.482	11.249	1133.101	5604.888	725.594	1157.849	
1 Transporte	104592.431	24.350	8.860	615.643	3864.700	560.062	51.420	
2 Industria (ISIC)	62407.609	2.863	0.659	76.093	482.369	7.871	364.019	
3 Industrias								
energéticas	47300.838	1.227	0.120	66.419	12.299	3.849	60.261	
4 Generación								
eléctrica	101343.080	1.200	0.585	313.483	19.883	6.727	638.244	
5 Residencial	22579.848	51.765	0.982	46.383	1223.317	146.517	8.571	

RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg) (continúa)

GASES DE EFECTO INVERNADERO:								
FUENTES Y SUMIDEROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	HFCs
6 Comercial	6418.168	0.059	0.011	9.943	1.072	0.183	17.514	
7 Agricultura	5738.403	0.017	0.031	5.138	1.248	0.386	17.819	
B Emisiones fugitivas de combustibles		2552.761						
1 Combustibles sólidos								
2 Petróleo y gas natural		2552.761						
2 Procesos industriales	44345.580	4.516	0.002	5.384	90.529	273.680	10.004	1.674
A Productos minerales	18225.109				0.001	261.399	9.275	
B Industria química	2721.000	4.516	0.002	5.040	15.529	12.191	0.426	
C Producción de metales	23399.471			0.344	75.000	0.091	0.304	
D Otros				0.495	1.849	70.616	2.311	
3 Solventes y otros productos								
4 Agricultura		2059.099	36.201	13.221	232.778			
A Fermentación entérica		1,972.58						
B Manejo de estiércol		60.728	0.020					
C Cultivo de arroz		14.710						

RESUMEN DEL INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Gg) (continúa)

GASES DE EFECTO INVERNADERO:								
FUENTES Y SUMIDROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NOx	CO	NMVOC	SO ₂	HFCs
D Suelos agrícolas			35.835					
E Quema de sabanas								
F Quema in situ de residuos agrícolas		11.085	0.366	13.221	232.778			
5 Cambio de uso del suelo y silvicultura								
A Captura en manejo forestal	n.d							
B Captura en tierras abandonadas	n.d							
C Emisiones directas de la tala forestal	n.d							
D Emisiones retardadas de la limpia del suelo	n.d							
E Emisiones de suelos	n.d							

ANEXO III. COMPUESTOS QUÍMICOS, UNIDADES
Y FACTORES DE CONVERSIÓN

COMPUESTOS QUÍMICOS

CFC	Clorofluorocarbono
HFC	Hidrofluorocarbono
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO _{2 eq}	Equivalentes de bióxido de carbono
CO ₂	Bióxido de carbono
COV	Compuestos orgánicos volátiles
COVNM	Compuestos orgánicos volátiles no-metano
HC	Hidrocarburos
N ₂ O	Óxido nitroso
NOx	Oxidos de nitrógeno (NO y NO ₂)
PM10	Partículas de diámetro 10 µm
PST	Partículas Suspendidas Totales
SAO	Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono
SO ₂	Bióxido de azufre

UNIDADES

g/m ³	gramos por metro cúbico
Gg	gigagramo (1 x10 ⁹ gramos)
GJ	gigajoule (1 x10 ⁹ Joules)

GtC	gigatoneladas de carbono (1x10 ⁹ toneladas de carbono)
GWh	gigawatt por hora
hm	hectómetro (100 metros)
ha	hectáreas
kg	kilogramo (1 x10 ³ gramos)
kha	kilohectáreas
KJ	kilojoule (1 x10 ³ Joules)
km ²	kilómetros cuadrados
km ³	kilómetros cúbicos
Kton	kilotonelada (1 x10 ³ toneladas)
KW	kilowatt (1 x10 ³ Watts)
L	litros
m ³	metros cúbicos
m ³ /seg	metros cúbicos por segundo
m ³ r	metros cúbicos rollo
m ³ /habitante/año	metros cúbicos por habitante por año
Mg	megagramo (1 x10 ⁶ gramos)
MJ	megajoule (1 x10 ⁶ Joules)
mm	milímetros
Mton	megatonelada (1 x10 ⁶ toneladas)
MW	megawatt (1 x10 ⁶ Watts)
Pg	petagramos (1 x10 ¹⁵ gramos)
PJ	petajoule (1 x10 ¹⁵ Joules)
ppm	partes por millón
tC ha ⁻¹	toneladas de carbono por hectárea
Tg	teragramos (1x10 ¹² gramos)
TJ	terajoule (1 x10 ¹² Joules)
tpe	toneladas de petróleo equivalente
ton/kWh	toneladas por kilowatt hora
tC	toneladas de carbono
EUA \$	dólares de los Estados Unidos de América

FACTORES DE CONVERSIÓN

De los elementos base a moléculas:

C → CO₂: X 44/12 = 3.6666

C → CH ₄ :	X	16/12 = 1.3333
C → CO:	X	28/12 = 2.3333
N → N ₂ O:	X	44/28 = 1.5714
N → NO:	X	30/14 = 2.1428
N → NO ₂ :	X	46/14 = 3.2857
S → SO ₂ :	X	64/32 = 2

De las moléculas a los elementos base

CO ₂ → C:	X	12/44 = 0.2727
CH ₄ → C:	X	12/16 = 0.75
CO → C:	X	12/28 = 0.4286
N ₂ O → N:	X	28/44 = 0.6363
NO → N:	X	14/30 = 0.4667
NO ₂ → N:	X	14/46 = 0.3043
SO ₂ → S:	X	32/64 = 0.5

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, C. E. Martínez y L. Arriaga, 2000. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: ¿Qué tan grave es el problema en México? *Biodiversitas* 5(30): 7–11. México.
- Bass, S., O. Dubois, P. Moura, M. Pinard, R. Tipper y C. Wilson. 2000. *Rural livelihoods and carbon management*. IIED Natural Resource Issues Paper. Number 1. International Institute for Environment and Development. Londres.
- Banco de México, 1999. Encuestas de Evaluación Coyuntural del Mercado Crediticio. México.
- Casco Montoya, R., 1998. «Sedentarización de la milpa». En: *Memorias del foro nacional sobre los Incendios forestales en el contexto del desarrollo rural*. 14–15 octubre de 1998. Consejo Técnico Consultivo Nacional Forestal (CONAF). Publicación: CONAF–001–98. México, Distrito Federal. Pp. 35–40.
- Cervantes, Mauricio, 1999. «Los humedales: Una perspectiva nacional». En *Boletín Los humedales de México*. Dirección electrónica: www.laneta.apc.org/emis/jornada/abril99/index.htm
- CESPEDES, 2000. *Política ambiental y ecoeficiencia en la industria: nuevos desafíos en México*. CESPEDES, México.

- Comisión Ambiental Metropolitana y banco Mundial, 2000. Eficiencia energética en inmuebles de los sectores público y privado en al Zona Metropolitana del Valle de México. Gobierno del Distrito Federal. México.
- Comisión Ambiental Metropolitana, Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ), 2000. *El uso de los instrumentos económicos en México y Alemania: Una propuesta para el tercer programa de calidad del aire*. Gobierno del Distrito Federal. México.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE), 2000. *Informe de Labores*. México 2000.
- Comisión Reguladora de Energía (CRE), 1999. *Informe anual*, 1999.
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE). Comunicación personal.
- CONAF, 1998. *El subsector forestal en México*. México, Distrito Federal.
- Consejo Nacional de Población, 2000. *Demografía*. Número 2. CONAPO, México.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). Proyecciones de la población de México 1996-2050, México. 1998.
- De la Lanza, Guadalupe, 1999. «Los humedales patrimonio del país, sin protección». Boletín *Los humedales de México*. Dirección electrónica: www.laneta.apc.org/emis/jornada/abril99/index.htm.
- Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria, AC., 2000. FEMISCA/AIDIS. Año 12 Núm. 47, México.
- Fierros, G., A. M., 1998. Especies exóticas y nativas para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales. En: *Memorias del ciclo de conferencias El sector forestal en México, avances y perspectivas*. 29 de octubre de 1997 al 29 de abril de 1998. SEMARNAP, México, D. F., pp. 45-60.
- Gerardo Bazán, Gabriel Haddad y Rafael Arias, 2000. Balance de energía de la Zona Metropolitana del Valle de México. Metodología y vinculación energía-calidad del aire. Proyecto financiado por el Banco Mundial.
- Grupo de energía y ambiente, 2000. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero asociados con la producción y el uso de la energía en la Zona Metropolitana del Valle de México. Instituto de Ingeniería UNAM. México.
- Consejo Internacional para las Iniciativas Ambientales Locales. Proyecto de acción climática. Comunicación personal.
- Instituto Nacional de Ecología. Unidad de protección al ozono. Cambio climático y ozono. Comunicación personal.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI/INE), 2000. Indicadores de desarrollo sustentable en México. En: www.inegi.gob.mx.

- INE–Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1997. *México. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas*. México.
- INE–SEMARNAP, 2000. *Balance del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. México, pp. 55.
- Ingeniería y ciencias ambientales, 2000. *Nuevas tecnologías*. FEMISCA/AIDIS. Año 12, Núm. 47, marzo–abril.
- Institute for Environmental Studies (IVM), Centro Nacional de Salud Ambiental (CENSA), Comisión Ambiental Metropolitana (CAM), Pan American Health Organization (PAHO), Environmental Health Sciences Department (EHS–UCLA), 2000 (septiembre). *Economic Valuation of Improvement of Air Quality in the Metropolitan Area of Mexico City*, Report number W00/28.
- Instituto de Ingeniería de la UNAM, 1997. *Support for a climate change national plan for Mexico*. Documento elaborado para el INE/SEMARNAP, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1998. *Estadísticas del medio ambiente*. México, 1997. Dirección electrónica: dgcnesyp.inegi.gob.mx/pubcoy/estamb/poblac/poblac.html.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. *Indicadores económicos de coyuntura*. México. Dirección electrónica: www.dgcnesyp.inegi.gob.mx.
- IPCC, 1996. *Climate Change 1995: Impacts, adaptation, and mitigation of climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, Gran Bretaña.
- Lum, Ken, 1999. «Los humedales: elemento clave de la respuesta a la crisis del agua». *Boletín Los humedales de México*. Dirección electrónica: www.laneta.apc.org/emis/jornada/abril99/index.htm.
- Magaña R. V. O., T. Morales A., J. L. Pérez, C. Conde, S. Orozco F., J. Lezama G., J. A. Vázquez C. y M. Hernández V. «Experiencias en el pronóstico climatológico para actividades agrícolas en el estado de Tlaxcala». *Notas. Revista de información y análisis*. Núm. 7. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, pp. 30–38.
- Magaña R., V.O. (Editor). *Los impactos de «El Niño» en México*. (1999). Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Apoyo de la Dirección General de Protección Civil/Secretaría de Gobernación. México.
- Masera, O., 1993. *Sustainable fuelwood use in rural Mexico*. Vol. I: Current patterns of resource use. International Energy Studies. Energy and Environmental Division. Lawrence Berkeley Laboratory. University of California. E.U.A.

- Masera, O., M. J. Ordóñez y R. Dirzo, 1992. Carbon emissions from deforestation in Mexico: Current situation and long-term scenarios. Borrador V.
- Masera, O., M. R. Bellón y G. Segura, 1995. «Forest management options for sequestering carbon in Mexico». *Biomass and Bioenergy*, 8(5): 357–67.
- Masera, O; Sheinbaum, C., 2000. Mitigación de emisiones de carbono y prioridades de desarrollo nacional. Instituto de Ecología–Instituto de Ingeniería, UNAM, (reporte interno).
- Melgar, L., 2000. «Riesgos y oportunidades para el sector eléctrico mexicano». Ponencia presentada por la Directora General de Asuntos Internacionales, Secretaría de Energía, Foro Alianza Taxco, México.
- Morales D., R., 2000. Identificación de barreras y oportunidades para reducir emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes locales con prioridad en las emisiones de NOx en las termoeléctricas de la Zona Metropolitana del Valle de México. Proyecto financiado por el Banco Mundial.
- Ñique Álvarez, M. A., 2000 (2 de febrero). «Día mundial de los humedales». Ambiente Ecológico. Dirección electrónica: www.ambiente-ecologico.com/067-02-2000/manuelniquealvarez67.htm.
- Ordóñez Díaz, J. A. B., 1999. *Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán*. INE– SEMARNAP. INE, México.
- Petróleos Mexicanos, PEMEX. *Anuario estadístico 1998*. Dirección electrónica: www.pemex.com.mx.
- Programa para la reducción y eliminación de fugas de gas LP en las instalaciones domésticas de la Zona Metropolitana del Valle de México, TÜV Rheinland de México S.A. de C.V., 2000.
- Ruiz González, Arnulfo y Amelia Hernández Bolaños, 1999. «El diagnóstico sanitario forestal como una herramienta en la toma de decisiones en el combate y control de plagas y enfermedades forestales». En: *Resúmenes del X Simposio Nacional Sobre Parasitología Forestal*. 14–16 de Octubre de 1999. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, Campeche, México. p. 37.
- Scolec Té, 2000. «International pilot project for carbon sequestration and community forestry in Chiapas, México». Dirección electrónica: www.ed.ac.uk/~ebfr11.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Hidráulicos, 2000. Centro de estadística agropecuaria: Dirección electrónica: www.sagar.gob.mx.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1994. *Inventario Nacional Forestal Periódico*. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. México.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1994. *Resultados del Programa Nacional de Prevención y Combate de Incendios Forestales (1989-1994)*. Dirección General de Protección Forestal. Subsecretaría Forestal y de la Fauna Silvestre. México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Dirección electrónica: www.sct.gob.mx.
- Secretaría de Energía, 1999. *Balance Nacional de Energía, 1998*. Secretaría de Energía, México.
- Secretaría de Energía, 2000. *Balance Nacional de Energía, 1999*. Secretaría de Energía, México.
- Secretaría de Energía, 1999. Estadísticas del sector. México.
- Secretaría de Energía, 1998. *Prospectiva del mercado de gas natural 1999-2008*. Secretaría de Energía, México.
- Secretaría de Energía, 2000. *Prospectiva del sector eléctrico 2000-2009*. Secretaría de Energía, México.
- Secretaría de Gobernación. Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006. Dirección electrónica: www.gobernacion.gob.mx.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). «Criterios Generales de la Política Económica para el 2000». Dirección electrónica: www.shcp.gob.mx/docs/cgpe2000/cgpe2000.html.
- Secretaría de Desarrollo Social, 2000. Methane gas capture and use at a landfill (demonstration project), Project appraisal document. Proyecto financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) del Banco Mundial.
- Secretaría de Desarrollo Social. Censos generales de población y vivienda 1970, 1980 y 1990. Dirección electrónica: www.sedesol.gob.mx.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1995. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1994*. Dirección de Protección Forestal. Dirección General Forestal. Subsecretaría de Recursos Naturales. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1996a. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1995*. Dirección de Protección Forestal. Dirección General Forestal. Subsecretaría de Recursos Naturales. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1996b. *Programa Forestal y de Suelo 1995-2000*. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1997a. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1996*. Dirección de Protección Forestal. Dirección General Forestal. Subsecretaría de Recursos Naturales. SEMARNAP, México.

- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1997b. *Programa de Trabajo 1997*. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1998a. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997*. Dirección de Protección Forestal. Dirección General Forestal. Subsecretaría de Recursos Naturales. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1998b. *Programa de Trabajo 1998*. Impreso en los Talleres Gráficos de México. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1998c. «Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales». Documento de divulgación de la Subsecretaría de Recursos Naturales. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1999. *El proceso legislativo en materia ambiental 1994-2000*. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1999a. Información nacional: diciembre 1998. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección de Protección Forestal. Dirección General Forestal. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1999b. *Programa de Trabajo 1999*. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1999c. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997*. Dirección de Protección Forestal. Dirección General Forestal. Subsecretaría de Recursos Naturales. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1999. *Anuario Estadístico Forestal, 1998*. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 2000a. *Incendios Forestales. Resultados 1999* (Desplegable). Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 2000b. *Información Nacional: diciembre 1999*. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección de Protección Forestal. Dirección General Forestal. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 2000c. *Información Nacional: octubre 2000*. Dirección de Protección Forestal. Dirección General Forestal. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 2000d. *Programa de Trabajo 2000*. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 2000e. *Programa Nacional de Reforestación: Meta cumplida 1995-1999*. SEMARNAP, México.

- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 2000f. *La Gestión Ambiental en México*. SEMARNAP, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Unidad Coordinadora de Asuntos Internacionales. Programa Frontera XXI. Dirección electrónica: www.semarnap.gob.mx/ucai.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y Comisión Nacional del Agua, 1999. *Compendio básico del agua en México*. SEMARNAP-CNA, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca-INEGI, 1998. *Estadísticas del medio ambiente*. Versión en disco compacto. SEMARNAP-INEGI, México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP-Universidad Autónoma Chapingo, 1999. Proyecto de planeación territorial y deforestación. México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2001. Cruzada por el agua y los bosques. Dirección electrónica: www.semarnat.gob.mx/bosques-agua.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2000. Criterios generales de política económica para el 2000. Dirección electrónica: <http://www.shcp.gob.mx>.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2000. Panorama Económico y Resultados de Finanzas Públicas, 2000. SHCP, México.
- Sosa Cedillo, V. 1998. «Política Forestal de mediano y largo plazo». En: *Memorias del Ciclo de Conferencias El Sector Forestal de México, Avances y Perspectivas*. 29 de octubre de 1997 al 29 de abril de 1998. Dirección General Forestal. Subsecretaría de Recursos Naturales. SEMARNAP, México, pp. 105-57.
- Tovilla Hernández, C. y Orihuela Belmonte, D. E., 1999. «Ecología de los bosques de mangle y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecoaapa, Guerrero: un estudio integral». *Gaceta Ecológica*. No. 53. INE-SEMARNAP. México, pp. 47-61.
- U.S. Country Studies Program Support for Climate Change Studies, Plans, and Technology Assessments, 1995. Version 2.0, preparada por el Countries Studies Management Team, Washington, D. C.
- U.S. Country Studies Program Support for Climate Change Studies, Plans, and Technology Assessments, 1999. Climate change, mitigation, vulnerability and adaptation in developing and transition countries.
- UAM Azcapotzalco-UPIICSA-IPN, 2000. Estudio de prefactibilidad para la introducción de autobuses híbridos en la prestación del servicio público de transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México. México.

Varela Hernández, S., 1998. «Cifras sobre la deforestación en México». En: *Memorias del Ciclo de Conferencias El Sector Forestal de México, Avances y Perspectivas*. 29 de octubre de 1997 al 29 de abril de 1998. Dirección General Forestal. Subsecretaría de Recursos Naturales. SEMARNAP. Coyoacán, México. México, D.F. Pp. 169–180.

World Bank, 1999. "ILUMEX: lessons learned". *Technical report number 99-3,287*. Editado por DET Norske Veritas. Noruega.

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

se terminó de imprimir en el mes de julio de 2001
en los talleres de Jiménez Editores e Impresores, S.A.
El diseño, la composición tipográfica y la coordinación
editorial estuvieron a cargo de la Dirección de Publicaciones
del Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT.

Se tiraron 1,000 ejemplares.