



**INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES  
DE GASES DE EFECTO INVERNADERO  
1990-2010**





# INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 1990-2010

**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA  
Y CAMBIO CLIMÁTICO



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## **Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010**

Primera edición: 2013

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

Coordinación del Programa de Cambio Climático  
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático  
Periférico Sur 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco,  
C.P. 04530. México, D.F.  
[www.inecc.gob.mx](http://www.inecc.gob.mx)

Coordinación editorial: Oliver Gantner • CO<sub>2</sub> creative design  
Diseño de Editorial: Oliver Gantner • CO<sub>2</sub> creative design  
Fotos de Portada: Oliver Gantner • CO<sub>2</sub> creative design  
Corrección de Estilo: Armando Rodríguez Briseño

ISBN: 978-607-8246-63-2

Se imprimieron 200 ejemplares

Impreso y hecho en México. Printed in Mexico

# PRÓLOGO

---

La preparación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) para el período 1990-2010, responde al compromiso internacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) de elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal.

El INEGEI es un gran esfuerzo que refleja la colaboración de diferentes investigadores de instituciones académicas, del sector privado, la sociedad civil y de funcionarios del gobierno de México. Así como del apoyo del GEF/PNUD para la preparación de este documento.

Los resultados del INEGEI se publicaron en la Quinta Comunicación Nacional, ya que son de gran utilidad para que los tomadores de decisiones consideren la contribución que tiene México al cambio climático, así como los sectores que más contribuyen a las emisiones y en los que se pueden aplicar medidas de mitigación.

**Francisco Urbano Barnés Regueiro**

Director General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático





# AGRADECIMIENTOS

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), responsable de la preparación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010, extiende un profundo agradecimiento a las organizaciones e individuos que contribuyeron en la elaboración y revisión de este documento.

Este trabajo fue posible gracias a la valiosa coordinación de Julia Judith Martínez Fernández y por el comprometido trabajo de Luis Alberto Conde Álvarez, Gloria Victoria Salas Cisneros y Santa Paola Centeno Rosales.

El gobierno mexicano agradece el apoyo recibido del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD/México) como agencia implementadora para la elaboración del inventario.

La estimación de las emisiones y la posterior integración de los informes de cada categoría de emisión fueron posibles gracias a la comprometida labor de especialistas de las siguientes instituciones: Biosfera Tlalli A.C.; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO); Comisión Nacional Forestal (CONAFOR); Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE); Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (FI-UNAM); Pronatura México A.C. y el INECC, que coordinó, revisó e integró el trabajo de los especialistas.

La lista de todos los investigadores y consultores que proporcionaron apoyo técnico al Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010 es la siguiente:

## RESUMEN EJECUTIVO

Luis Alberto Conde Álvarez, Gloria Victoria Salas Cisneros, Santa Paola Centeno Rosales, Francisco Luis Aviña Cervantes y Víctor Hugo Escalona Gómez

*Integrado por:*

Luis Alberto Conde Álvarez

## I. INTRODUCCIÓN

Julia Judith Martínez Fernández, Luis Alberto Conde Álvarez, Gloria Victoria Salas Cisneros,  
Santa Paola Centeno Rosales y Víctor Hugo Escalona Gómez

*Integrado por:*  
Luis Alberto Conde Álvarez

## II. TENDENCIAS DE LAS EMISIONES

Luis Alberto Conde Álvarez, Gloria Victoria Salas Cisneros, Santa Paola Centeno Rosales,  
Alfredo Leal López y Víctor Hugo Escalona Gómez

*Integrado por:*  
Luis Alberto Conde Álvarez

## III. ENERGÍA

Augusto Sánchez Cifuentes, Rodolfo Alberto Herrera Toledo, Tanya Moreno Coronado,  
Gloria Victoria Salas Cisneros y Santa Paola Centeno Rosales

*Integrado por:*  
Gloria Victoria Salas Cisneros

## IV. PROCESOS INDUSTRIALES

Augusto Sánchez Cifuentes, Rodolfo Alberto Herrera Toledo, Yazmin López Jaimes, Gloria  
Victoria Salas Cisneros y Santa Paola Centeno Rosales

*Integrado por:*  
Santa Paola Centeno Rosales

## V. AGRICULTURA

José Antonio Benjamín Ordoñez Díaz, Tomas Hernández Tejeda, Adolfo Galicia Naranjo,  
Itsel Fernanda Jiménez Álvarez, María de Jesús Ordoñez Díaz, Juan Francisco Torres Origel,  
José David León Gutiérrez, Angélica Núñez Rico, Manuel Hernández Quiroz, Fabiola Anali  
González y Josué Alejandro Carrera

*Revisado e integrado por:*  
Francisco Luis Aviña Cervantes



## VI. USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA

José Antonio Benjamín Ordoñez Díaz, Tomas Hernández Tejeda, Adolfo Galicia Naranjo, Itsel Fernanda Jiménez Álvarez, Angélica Núñez Rico, José David León Gutiérrez, Citlalli Tapia, Juan Francisco Torres Origel, Manuel Hernández Quiroz, María de Jesús Ordoñez Díaz, Fabiola Anali González, Josué Alejandro Carrera, Luz Elvira Pina, Raúl Gómez, Hazette Cervantes y Georgina Elizabeth Álvarez-Manilla Flores.

*Revisado por:*

Rene David Martínez Bravo, Luis Alberto Conde Álvarez, Aquileo Guzmán Perdomo y María Erika Tapia Medina

*Integrado por:*

Aquileo Guzmán Perdomo y María Erika Tapia Medina

## VII. DESECHOS

José Luis Arvizu Fernández

*Revisado por:*

Luis Alberto Conde Álvarez y Víctor Hugo Escalona Gómez

*Integrado por:*

Víctor Hugo Escalona Gómez

## ANEXOS

Luis Alberto Conde Álvarez, Gloria Victoria Salas Cisneros, Santa Paola Centeno Rosales, Francisco Luis Aviña Cervantes, Víctor Hugo Escalona Gómez y María Erika Tapia Medina



<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>XIII</b>
<b>Panorama general</b>	<b>XV</b>
<b>Información general de las emisiones por gas, fuente y sumideros, y tendencias</b>	<b>XVII</b>
<b>Información general de las emisiones por categoría, fuente y sumideros, y tendencias</b>	<b>XIX</b>
<b>Conclusiones sobre el INEGEI</b>	<b>XXI</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>I.1 Antecedentes del INEGEI</b>	<b>4</b>
<b>I.2 Arreglos institucionales</b>	<b>5</b>
I.2.1 Descripción del proceso de preparación del inventario	5
I.2.2 Descripción de las metodologías y fuentes de datos empleadas	8
<b>I.3 Plan para el control de calidad y aseguramiento de la información</b>	<b>11</b>
<b>I.4 Breve descripción de las fuentes clave</b>	<b>12</b>
<b>I.5 Breve descripción de las incertidumbres</b>	<b>16</b>
<b>II. TENDENCIAS DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO</b>	<b>19</b>
<b>II.1 Tendencias en las emisiones totales de GEI en CO<sub>2</sub> equivalente</b>	<b>21</b>
II.1.1 Descripción e interpretación de las tendencias de las emisiones agregadas de GEI	21
II.1.2 Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente por habitante	24
II.1.3 Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente por producto interno bruto (PIB)	26
II.1.4 Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente por consumo de electricidad	27
<b>II.2 Tendencias de las emisiones totales de GEI por tipo de gas</b>	<b>28</b>
II.2.1 Emisiones de bióxido de carbono	28
II.2.2 Emisiones de metano	29
II.2.3 Emisiones de óxido nitroso	30
II.2.4 Emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> )	31
<b>II.3 Comparativo internacional de las emisiones de GEI de México</b>	<b>33</b>
<b>III. ENERGÍA</b>	<b>39</b>
<b>III.1 Panorama general</b>	<b>43</b>
<b>III.2 Comparación del método de referencia con el método sectorial</b>	<b>50</b>

<b>III.3 Consumo de combustibles fósiles (1A)</b>	<b>52</b>
III.3.1 Industrias de la energía (1A1)	54
III.3.2 Manufactura e industria de la construcción (1A2)	57
III.3.3 Transporte (1A3)	59
III.3.4 Sectores comercial (1A4a), residencial (1A4b) y agropecuario (1A4c)	61
<b>III.4 Emisiones fugitivas (1B) de metano en minas de carbón y en petróleo y gas natural</b>	<b>63</b>
III.4.1 Minas de carbón (1B1)	64
III.4.2 Industria del petróleo y gas natural (1B2)	66
<b>III.5 Emisiones del transporte internacional aéreo y marítimo</b>	<b>68</b>
<b>IV. PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>75</b>
<b>IV.1 Panorama general</b>	<b>78</b>
<b>IV.2 Industria de los minerales (2A)</b>	<b>83</b>
IV.2.1 Cemento (2A1)	83
IV.2.2 Cal (2A2)	84
IV.2.3 Uso de caliza y dolomita (2A3)	85
IV.2.4 Carbonato de sodio (2A4)	85
IV.2.5 Producción de material asfáltico de techos (2A5)	86
IV.2.6 Pavimentación asfáltica (2A6)	86
IV.2.7 Vidrio (2A7)	86
IV.2.8 Emisiones de la industria de los minerales	87
<b>IV.3 Industria química (2B)</b>	<b>88</b>
IV.3.1 Amoníaco (2B1)	88
IV.3.2 Ácido nítrico (2B2)	88
IV.3.3 Ácido adípico (2B3)	89
IV.3.4 Carburo de silicio y carburo de calcio (2B4)	89
IV.3.5 Otros químicos (2B5)	90
IV.3.6 Emisiones de la industria química	91
<b>IV.4 Industria de los metales (2C)</b>	<b>92</b>
IV.4.1 Producción de hierro y acero (2C1)	92
IV.4.2 Producción de ferroaleaciones (2C2)	92
IV.4.3 Producción de aluminio (2C3)	93
IV.4.4 Uso de hexafluoruro de azufre procedente de la producción de aluminio y magnesio (2C4)	94
IV.4.5 Emisiones de la industria de los metales	94
<b>IV.5 Otras industrias (2D)</b>	<b>95</b>
IV.5.1 Celulosa y papel (2D1)	95
IV.5.2 Alimentos y bebidas (2D2)	96
IV.5.3 Emisiones de otras industrias	96

<b>IV.6 Producción de halocarbonos (2E)</b>	<b>97</b>
IV.6.1 Emisiones como residuos o subproductos (2E1)	97
IV.6.2 Emisiones fugitivas (2E2)	97
IV.6.3 Emisiones por la producción de halocarbonos	97
<b>IV.7 Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre (2F)</b>	<b>98</b>
IV.7.1 Consumo de halocarbonos (2F1)	98
IV.7.2 Consumo de hexafluoruro de azufre (2F2)	99
IV.7.3 Emisiones por consumo de halocarbonos	100
IV.7.4 Emisiones por consumo de hexafluoruro de azufre	102
<b>V. AGRICULTURA</b>	<b>103</b>
<b>V.1 Contexto nacional del sector agropecuario</b>	<b>106</b>
<b>V.2 Resultados del INEGI en la categoría agricultura</b>	<b>107</b>
V.2.1 Ganadería	111
V.2.1.1 Resultados	111
V.2.1.2 Datos de actividad	112
V.2.1.3 Factores de emisión	113
V.2.2 Agricultura	114
V.2.2.1 Resultados	114
V.2.2.1.1 Cultivo de arroz (4C)	115
V.2.2.1.2 Manejo de suelos agrícolas (4D)	116
V.2.2.1.3 Quema en campo de residuos agrícolas (4F)	117
V.2.3 Integración de resultados totales de la categoría por gas y categoría	118
V.2.4 Discusión de resultados y áreas de mejora	121
<b>VI. USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>123</b>
<b>VI.1 Panorama general</b>	<b>127</b>
<b>VI.2 Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa (5A)</b>	<b>129</b>
<b>VI.3 Emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la conversión de bosques y pastizales (5B)</b>	<b>131</b>
<b>VI.4 Captura por abandono de tierras manejadas (5C)</b>	<b>132</b>
<b>VI.5 Emisiones o absorciones de CO<sub>2</sub> en los suelos, debidas al manejo y cambio de uso de los suelos (5D)</b>	<b>134</b>
<b>VII. DESECHOS</b>	<b>137</b>
<b>VII.1 Panorama general</b>	<b>138</b>
<b>VII.2 Eliminación de desechos sólidos [A]</b>	<b>143</b>
<b>VII.3 Tratamiento biológico de los desechos sólidos [B]</b>	<b>147</b>
<b>VII.4 Incineración e incineración abierta de desechos [C]</b>	<b>149</b>
<b>VII.5 Tratamiento y eliminación de aguas residuales [D]</b>	<b>152</b>

<b>REFERENCIAS</b>	157
<b>ANEXO A DATOS DE ACTIVIDAD</b>	167
<b>A.1 Energía</b>	167
<b>A.2 Procesos industriales</b>	196
<b>A.3 Agricultura</b>	218
<b>A.4 Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura</b>	227
<b>A.5 Desechos</b>	232
<b>ANEXO B METODOLOGÍA</b>	245
<b>B.1 Energía</b>	245
<b>B.2 Procesos industriales</b>	271
<b>B.3 Agricultura</b>	290
<b>B.4 Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura</b>	294
<b>B.5 Desechos</b>	307
<b>ANEXO C INCERTIDUMBRE</b>	317
<b>C.1 Energía</b>	319
<b>C.2 Procesos industriales</b>	321
<b>C.3 Agricultura</b>	322
<b>C.4 Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura</b>	323
<b>C.5 Desechos</b>	324
<b>ANEXO D EMISIONES DE PRECURSORES DE OZONO</b>	325
<b>D.1 Energía</b>	325
<b>D.2 Procesos industriales</b>	338
<b>ANEXO E IDENTIFICACIÓN DE POSIBLE SUBESTIMACIÓN EN LOS CÁLCULOS DE EMISIONES DE N<sub>2</sub>O POR MANEJO DEL ESTIÉRCOL DENTRO DE LA CATEGORÍA AGRICULTURA DEL INEGI</b>	347
<b>ANEXO F UNIDADES Y ACRÓNIMOS</b>	357
<b>ANEXO G RESULTADOS DEL INEGI 1990-2010</b>	363

# RESUMEN EJECUTIVO





# RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo último de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel deberá lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

México presenta su inventario nacional de las emisiones antropógenas 1990-2010 por las fuentes y la absorción de los sumideros de todos los GEI, elaborado con metodologías comparables, desarrolladas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) y aprobadas por la Conferencia de las Partes de la CMNUCC.

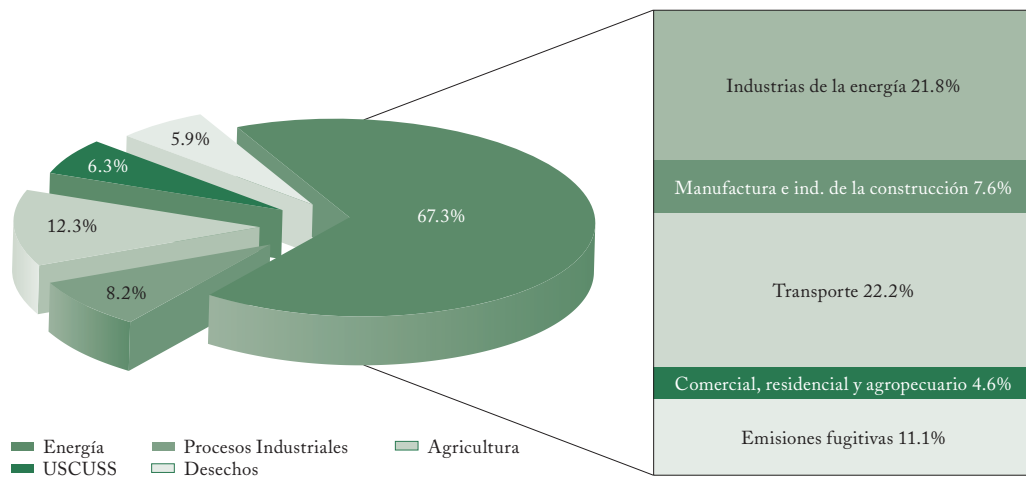
Los cálculos de emisiones de GEI se realizaron para cinco de las seis categorías de emisión definidas por el PICC: Energía; Procesos Industriales; Agricultura; Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUISS), y Desechos. No se presentan resultados de la categoría de Solventes, que sólo emite gases precursores de ozono.

## PANORAMA GENERAL

Las emisiones de GEI en 2010 estimadas en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq.) totalizaron 748 millones de toneladas, lo que indica un incremento de 33.4% con respecto al año base 1990, con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.5%.

La contribución de las emisiones de GEI en 2010 por categoría en términos de CO<sub>2</sub> eq. es la siguiente: Energía, representó 67.3% (503,817.6 Gg); Agricultura, 12.3% (92,184.4 Gg); Procesos Industriales, 8.2% (61,226.9 Gg); Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura, 6.3% (46,892.4 Gg), y Desechos, 5.9% (44,130.8 Gg) (Figura 1).

FIGURA 1  
**Contribución de emisiones de GEI por categoría (2010)**



Como se puede observar, la categoría de Energía sigue predominando en el total de emisiones de GEI en México, principalmente por las emisiones de las industrias de la energía y el transporte, que representan 44% del total del inventario nacional.

En 2010, las emisiones *per cápita* en México fueron de 7.1 tCO<sub>2</sub> eq. del total de emisiones nacionales de GEI. En 2009 las emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita*, considerando únicamente las emisiones por consumo de combustibles fósiles, fueron de 3.75 toneladas por habitante, mientras que el promedio mundial fue de 4.1 toneladas de CO<sub>2</sub> *per cápita* (AIE, 2011).

Las emisiones de GEI en energía por unidad de PIB en 2010 fueron de 0.048 kg de CO<sub>2</sub> eq. por peso del PIB, referidos a precios constantes de 2003, lo cual representa una disminución de 5.8% con respecto a los 0.051 kg de CO<sub>2</sub> eq. por peso del PIB registrados en 1990.

## INFORMACIÓN GENERAL DE LAS EMISIONES POR GAS, FUENTE Y SUMIDEROS, Y TENDENCIAS

### ■ EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2010 fueron 493,450.6 Gg, que representan una contribución de 65.9% al total del inventario (Figura 2) e indican un incremento de 23.6% con respecto a 1990 (Cuadro 1). Las emisiones de CO<sub>2</sub> en el país provienen principalmente por la quema de combustibles fósiles, USCUS y procesos industriales.

De las emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas, cinco de las fuentes pertenecen al consumo de combustibles fósiles (1A) de la categoría Energía; éstas aportan 82.1% del total de CO<sub>2</sub> del inventario.

### ■ EMISIONES DE CH<sub>4</sub>

En 2010, las emisiones de CH<sub>4</sub> fueron 7,938.9 Gg, lo que representa un incremento de 59.8% con respecto a 1990. Las principales fuentes de emisión

corresponden a las categorías de Desechos, Energía y Agricultura.

### ■ EMISIONES DE N<sub>2</sub>O

En 2010, las emisiones de N<sub>2</sub>O fueron 223.0 Gg, cifra 23.1% mayor que la correspondiente a 1990. La principal contribución proviene de los suelos agrícolas con 67.2%; transporte, 18.2%; manejo de estiércol, 9.3%, y tratamiento y eliminación de aguas residuales, 2.8%. En conjunto representan 97.5% de las emisiones de N<sub>2</sub>O en 2010.

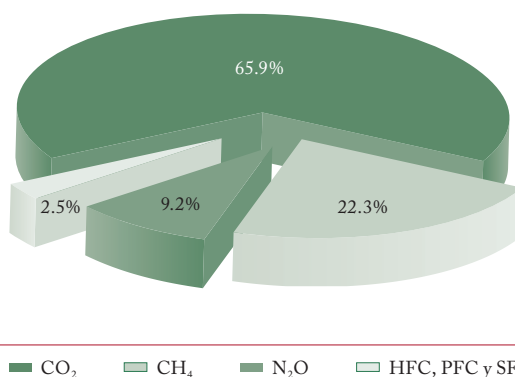
Las emisiones de suelos agrícolas provienen primordialmente del manejo de excretas y el uso de fertilizantes nitrogenados.

### ■ EMISIONES DE HFC, PFC Y SF<sub>6</sub>

Las emisiones de HFC provienen principalmente de los equipos de refrigeración y aire acondicionado que contienen esta familia de gases como agente refrigerante y en los paneles aislantes. En 2010, las emisiones de HFC totalizaron 18,692.3 Gg de CO<sub>2</sub> eq., lo que representa un incremento de 2,307% con respecto a 1990. Dicho incremento

es reflejo de un mayor uso de HFC en refrigeradores y aires acondicionados de industrias, viviendas y automóviles, en sustitución de los CFC controlados por el Protocolo de Montreal y cuyo uso está restringido en el mundo.

FIGURA 1  
Contribución de emisiones de GEI por gas (2010)



CUADRO 1  
Tabla resumen de las emisiones de GEI 1990-2010 por tipo de gas en fuente y sumideros en Gg de CO<sub>2</sub> eq.

Año	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Absorción de CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Emisiones Totales
1990	407,148.6	-8,070.7	104,325.7	56,178.7	776.5	646.8	29.6	561,035.2
1991	439,561.5	-9,415.8	102,446.7	54,998.6	901.3	306.5	32.1	588,830.9
1992	432,955.6	-10,760.9	101,189.9	54,158.2	618.6	271.0	35.9	578,468.3
1993	436,930.4	-11,356.7	105,631.5	55,633.2	1,270.1	165.5	40.2	588,314.2
1994	454,782.5	-11,952.5	107,018.3	55,847.7	1,173.7	0.0	41.1	606,910.8
1995	428,649.6	-12,548.3	105,981.3	55,428.7	1,723.1	66.9	42.6	579,343.8
1996	437,695.5	-13,144.1	111,325.0	55,441.4	3,135.9	394.3	50.2	594,898.2
1997	448,436.5	-13,739.8	113,169.7	56,217.1	3,852.1	426.0	51.7	608,413.2
1998	465,734.7	-14,335.6	115,873.4	57,453.8	4,075.9	432.4	53.1	629,287.8
1999	454,826.2	-14,931.4	117,490.1	57,285.7	5,075.5	498.6	55.0	620,299.7
2000	471,784.0	-15,527.2	118,978.6	58,142.0	5,686.2	543.3	56.9	639,663.8
2001	460,840.5	-16,123.0	117,860.1	59,667.6	4,913.8	330.7	59.8	627,549.5
2002	446,241.9	-17,091.0	120,219.9	60,722.4	5,824.6	250.4	69.8	616,237.9
2003	456,612.2	-18,058.9	123,372.1	61,358.3	5,935.5	160.5	78.0	629,457.6
2004	487,948.1	-19,026.9	123,970.0	63,329.3	6,404.8	128.4	84.2	662,837.9
2005	482,141.1	-19,994.9	132,606.8	63,589.2	8,351.1	128.4	91.4	666,913.0
2006	495,126.3	-19,617.7	142,139.6	64,694.9	12,496.9	128.4	90.9	695,059.3
2007	513,067.2	-19,240.6	147,614.3	66,448.7	14,077.7	128.4	111.9	722,207.7
2008	526,121.8	-18,863.4	158,330.2	68,332.0	15,189.5	128.4	110.1	749,348.6
2009	506,846.6	-18,486.3	165,454.4	68,602.9	14,905.4	128.4	108.1	737,559.6
2010	511,559.8	-18,109.2	166,716.4	69,140.1	18,692.3	128.4	124.4	748,252.2

# INFORMACIÓN GENERAL DE LAS EMISIONES POR CATEGORÍA, FUENTE Y SUMIDEROS, Y TENDENCIAS

## ■ ENERGÍA

Las emisiones de GEI en la categoría de Energía, expresadas en CO<sub>2</sub> eq., registraron un aumento de 56.5% con respecto al año base (1990), al pasar de 319,173.8 Gg a 503,817.6 Gg, lo que significa una TCMA de 2.3%.

En las emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible en 2010, se observa que el consumo de gasolina y gas natural representan la mayor contribución a las emisiones de esta categoría, 25.4% (102,755 Gg) y 31.0% (125,568 Gg), respectivamente. Les siguen en importancia el diesel y combustóleo, que aportan 14.7% (59,382 Gg) y 9.8% (39,639 Gg), respectivamente, y el restante 20% corresponde al carbón, coque de carbón, coque de petróleo, gas licuado del petróleo (GLP) y querosenos.

Para 2010 las emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq. generadas en la categoría de Energía provinieron del transporte (1A3), que contribuyó con

33.0% (166,412.0 Gg); industrias de la energía (1A1), 32.3% (162,969.2 Gg); manufactura e industria de la construcción (1A2), 11.3% (56,740.8 Gg); emisiones fugitivas (1B), 16.5% (83,119.8 Gg), y otros sectores (1A4) (comercial, residencial y agropecuario), 6.9% (34,575.8 Gg).

En la subcategoría de emisiones fugitivas de metano para el periodo 1990-2010, las emisiones tuvieron un crecimiento de 78.4%, equivalente a una TCMA de 2.9%, al pasar de 46,603.5 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 1990 a 83,119.8 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 2010. En este último año, la participación de las actividades de la industria de petróleo y gas<sup>1</sup> fue 92.1% (76,562.9 Gg) y la del proceso de minado y manejo del carbón, 7.9% (6,556.9 Gg), mientras que en 1990 sus respectivas contribuciones fueron 94.9% y 5.1%.

## ■ PROCESOS INDUSTRIALES

Las emisiones de GEI derivadas de los procesos industriales se incrementaron 102.3%, pasando de 30,265.6 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 1990 a 61,226.9 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 2010. Este aumento se debió al crecimiento en el uso de piedra caliza y dolomita,<sup>2</sup> la producción de cemento y un aumento significativo en el consumo de gases fluorados (HFC y SF<sub>6</sub>).

Por su parte, las emisiones de GEI de la industria química disminuyeron notablemente durante este periodo (66.2%), al pasar de 4,579.8 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 1990 a 1,548.9 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 2010, como resultado de una reducción en la producción de petroquímicos básicos y secundarios.

1. Las actividades de petróleo comprenden: producción, transporte, refinación y almacenamiento. Las actividades de gas comprenden: producción, procesamiento, transporte y distribución, más fugas industriales, venteo y quema en antorcha.
2. La piedra caliza y la dolomita se utilizan como materias primas en la producción de cal viva, cal hidratada y cemento. Durante el proceso, los materiales se calcinan, lo que da origen a las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En 2010 las fuentes que más contribuyeron a las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron: producción de cemento, 47.5% (20,003.3 Gg); uso de piedra caliza y dolomita, 29.6% (12,445.7 Gg); producción de hierro y acero, 12.1% (5,111.0 Gg). En menor medida, otras fuentes que contribuyeron a estas emisiones

fueron: producción de cal, 6.3% (2,664.3 Gg); producción de amoníaco, 3.2% (1,348.5 Gg); producción de ferroaleaciones, 0.9% (358.2 Gg); carbonato de sodio, 0.3% (120.4 Gg), y producción de aluminio, 0.1% (30.0 Gg).

## ■ AGRICULTURA

En el periodo comprendido entre 1990 y 2010, las emisiones totales de la categoría Agricultura fueron en promedio de 89,129.01 Gg de CO<sub>2</sub> eq., con un máximo de 92,785.90 Gg de CO<sub>2</sub> eq., correspondiente a 1990, y con un mínimo de 86,161.00 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 1999.

Si bien en el año base de 1990 se estimaron las emisiones referidas en el párrafo anterior, para 2010 las emisiones registradas fueron 92,184.60 Gg de CO<sub>2</sub> eq. Se aprecia que entre 1990 y 1999 existen diferencias graduales de  $\pm$  7% en las emisiones; en general, la variación en las emisiones entre el año inicial y el año final es de -1%.

Las principales causas de la variación en las emisiones a lo largo del periodo de análisis se atribuyen a la dinámica del número de cabezas; el ganado vacuno para carne disminuye 5.57%, mientras que las aves aumentan 162.52%. Asimismo se aprecia por una parte una reducción en cabezas de equinos (63.99%), mulas y asnos (78.04%) y cabras (13.85%); y, por la otra, un incremento de ganado lechero (59.71%), ovinos (38.65%) y porcinos (1.53%).

## ■ USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA

Las emisiones totales de la categoría USCUS fueron en promedio de 73,872 Gg de CO<sub>2</sub>, con un valor máximo de 122,372 Gg de CO<sub>2</sub> en 1991 y un mínimo de 45,369 Gg de CO<sub>2</sub> en 2002. En general, para el periodo 1990-2010, se aprecia una disminución de las emisiones de 55%, al pasar de 101,257 a 45,670 Gg de CO<sub>2</sub>.

Los cambios de biomasa en bosques y otros reservorios presentan una disminución de 64% en sus emisiones, al pasar de 16,159 Gg de CO<sub>2</sub> en 1990 a 5,861 Gg de CO<sub>2</sub> en 2010. En esta estimación no se incluyen los aprovechamientos no autorizados (tala ilegal) por falta de información oficial.

La conversión de bosques y otras coberturas vegetales a otros usos como el agrícola presenta una disminución de 39% en sus emisiones, de 73,720 Gg de CO<sub>2</sub> en 1990 a 45,325 Gg de CO<sub>2</sub> en 2010, lo que se explica por la progresiva reducción de la superficie de conversión: de la Serie I de Vegetación y uso del suelo del INEGI a la Serie II, que abarca un periodo de nueve años (de 1985 a 1993), se convierten un total de 18 Mha; de la Serie II a la Serie III, que contempla un periodo de nueve años, se convirtieron 2.5 Mha, y de la Serie III a la Serie IV, que comprende cinco años, la conversión fue de 3.2 Mha. Las coberturas vegetales más afectadas son: pastizales, matorrales, bosque mesófilo, selva baja, mediana y alta.



El abandono de tierras cultivadas en las que se presenta la revegetación da lugar a la remoción o absorción (valores negativos) de emisiones; en 1990 la remoción estimada fue de 8,070 Gg de CO<sub>2</sub>; y se incrementa de forma gradual hasta alcanzar 15,256 Gg de CO<sub>2</sub> en 2010, esto es, un incremento de 124%, que contribuye positivamente a la reducción de emisiones de la esta categoría.

Las emisiones derivadas de los suelos minerales, durante el periodo de análisis, muestran una tendencia a la baja. Las mayores emisiones se observan en 1993 con 29,915 Gg de CO<sub>2</sub>, mientras que las menores emisiones se registran en 2002 y 2010 con 11,165 y 12,593 Gg de CO<sub>2</sub>, respectivamente.

## ■ DESECHOS

Las emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq. de esta categoría aumentaron en 167.0%, al pasar de 16,529.1 Gg en 1990 a 44,130.8 Gg en 2010. Este aumento es resultado principalmente del crecimiento de la población, de la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios tecnificados y del impulso dado en las últimas décadas al tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> en el periodo 1990-2010 tuvieron un crecimiento de 178.0%, al pasar de 707.9 Gg en 1990 a 1,967.8 Gg en 2010. En el caso de la eliminación de desechos sólidos, el incremento fue de 232.4%, pasando de 316.8 Gg en 1990 a 1,053.2 Gg para 2010, con una TCMA de 6.2%. El incremento en el periodo para aguas re-

siduales municipales fue de 126.6%, con emisiones de 188.0 Gg en 1990 y de 426.0 Gg en 2010, con una TCMA de 4.2%. Por último, para aguas residuales industriales el incremento fue de 149.7%, ya que en 1990 se tuvieron 181.3 Gg y en 2010, 452.7 Gg, lo que representó una TCMA de 4.7%.

En términos de contribución a las emisiones de CH<sub>4</sub>, los desechos sólidos aumentaron de 44.8% en 1990 a 53.5% en 2010, mientras que las aguas residuales disminuyeron de 52.2% a 44.7% del total. Las subcategorías restantes, tanto tratamiento biológico de desechos sólidos como incineración e incineración a cielo abierto, disminuyeron su participación de 3.0% a 1.8% de 1990 a 2010.

## CONCLUSIONES SOBRE EL INEGEI

Las emisiones de gases de efecto invernadero en unidades de CO<sub>2</sub> eq., crecieron 33.4% en el periodo 1990 a 2010. La categoría de Energía prevalece como la principal fuente de emisiones de GEI y, dentro de ésta, el transporte y la generación eléctrica predominan como fuentes clave de emisión.

El crecimiento de las emisiones de GEI en México es menor al de su economía. Entre 1990 y 2010 la economía creció a una TCMA de 2.5%, mientras que las emisiones crecieron al 1.5% anual.

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

de emisiones (emisiones de CO<sub>2</sub> por peso del PIB) mejoraran entre 1990 y 2010; ambas intensidades muestran una tendencia hacia la baja.

La intensidad energética disminuyó de 737.2 kJ a 688.1 kJ por peso del PIB, lo que significa un decremento de 6.7%. Por su parte, la intensidad de emisiones por energía se redujo de 0.051 kg a 0.048 kg de CO<sub>2</sub> eq. por peso del PIB (a precios de 2003), lo que representa una disminución de 6.6%.

Cabe mencionar que para los últimos tres años se tuvo una reducción de emisiones de CH<sub>4</sub> por la implementación de proyectos bajo el esquema del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) en manejo de estiércol, equivalentes a 3,388.93 Gg de CO<sub>2</sub> eq.; sin embargo, esta reducción no se consideró en el inventario.

Las emisiones de GEI por habitante, considerando únicamente las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles en el INEGEI, se ubican en 3.75 toneladas en 2009; comparado con las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles de la Agencia Internacional de Energía (AIE) que informa para México de 3.72 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante en 2009, y la media mundial de 4.3 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante.

Con las cifras obtenidas en el INEGEI 1990-2010 se confirma que en México existen indicios de desacoplamiento entre el crecimiento económico y el crecimiento de las emisiones de GEI.

# INTRODUCCIÓN

---

I



# I INTRODUCCIÓN

El objetivo último de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debe lograrse en un plazo suficiente para posibilitar que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Para tal fin, los países firmantes de la Convención deben presentar, en la medida que lo permitan sus posibilidades, un inventario nacional de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los GEI no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que serán promovidas y aprobadas por la Conferencia de las Partes. Estas metodologías son las desarrolladas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC).

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 1990-2010 informa sobre los seis GEI incluidos en el Anexo A del Protocolo de Kioto: bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

Los cálculos de emisiones de GEI que se presentan en este documento, se realizaron para cinco de las seis categorías de emisión definidas por el PICC: Energía; Procesos Industriales; Agricultura; Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS), y Desechos. No se presentan resultados de la categoría de Solventes, que sólo emite gases precursores de ozono.

## I.1 ANTECEDENTES DEL INEGEI

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) que aquí se presenta comprende las estimaciones de las emisiones por fuentes y sumideros para el periodo 1990-2010. Se realizó conforme a lo establecido en los artículos 4 y 12 de la CMNUCC y bajo las directrices para la preparación de comunicaciones nacionales de las Partes No-Anexo I de la CMNUCC, adoptadas en la decisión 17/CP.8 (CMNUCC, 2003), que señalan que las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención, informarán a la Conferencia de las Partes, por conducto del Secretariado y de conformidad con lo estipulado en el artículo 4, inciso a, párrafo 1, de la Convención, acerca de “elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes”.

Las emisiones en este inventario se contabilizan por cada GEI y también en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq.), que se estiman al multiplicar la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global.<sup>1</sup> Al expresar las emisiones de GEI en estas unidades, podemos compararlas entre sí y medir la contribución de cada fuente al total nacional de emisiones del inventario.

Las cifras de emisiones de GEI publicadas en la Cuarta Comunicación Nacional ante la CMNUCC, presentada en 2009, se recalcularon para este inventario, considerando la información más reciente, como es el caso de los datos utilizados para estimar las emisiones de la categoría de USCUS, en donde fue necesario extrapolar todas las actividades al 2010; en la subcategoría de ganadería, se incluyó la corrección en la metodología comunicada por la Convención, por lo que se observa un aumento en las emisiones; en la categoría de Desechos, se utilizó por primera vez la metodología del PICC 2006 y se redujeron las emisiones estimadas, y para la categoría de Energía, se actualizaron los datos de actividad de acuerdo con las nuevas cifras publicadas en el Balance Nacional de Energía (BNE) 2010 y en el Anuario Estadístico de la Industria Siderúrgica Mexicana.<sup>2</sup> Debido a lo anterior, las cifras del INEGEI 1990-2010 sustituyen los valores publicados previamente.

La estimación de las emisiones y la posterior integración de los informes de cada categoría de emisión fueron posibles gracias a la comprometida labor de especialistas de las siguientes instituciones: Biosfera Tlalli, A.C.; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO); Comisión Nacional Forestal (CONAFOR); Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE); Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (FI-UNAM); Pronatura México, A.C. y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), que coordinó, revisó e integró el trabajo de los especialistas.

1. En este inventario se utilizaron los potenciales de calentamiento publicados en el Segundo Informe de Evaluación del PICC, ya que éstos siguen siendo usados por la CMNUCC. Los potenciales de calentamiento son: CO<sub>2</sub>=1, CH<sub>4</sub>=21 y N<sub>2</sub>O=310, estos valores son estimados en un horizonte de 100 años. Para los halocarbonos, ver anexo F.

2. Se considera el uso no energético del carbón de la industria siderúrgica.

También se contó con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) y de la Unión Europea, a través de la Agencia Alemana

de Cooperación Internacional (GIZ, por sus siglas en alemán), para el fortalecimiento de capacidades a niveles nacional y estatal en materia de inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero.

## I.2 ARREGLOS INSTITUCIONALES

### ■ I.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DEL INVENTARIO

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

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

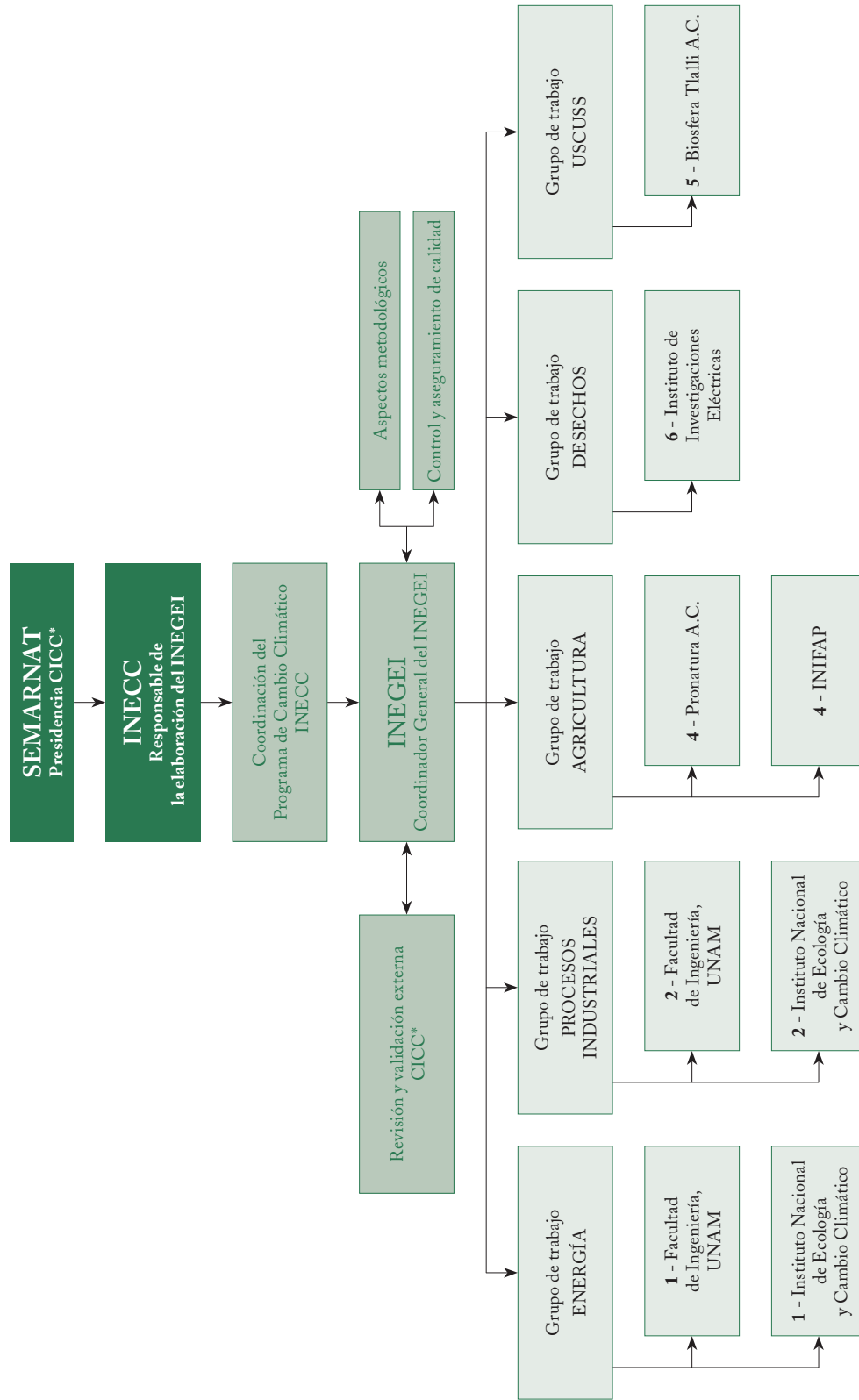
Para el desarrollo del INEGEI 1990-2010, la SEMARNAT, a través de la Coordinación del Programa de Cambio Climático del INECC, estableció una estructura de trabajo y acuerdos institucionales hacia el interior y con otras secretarías de Estado e instituciones de investigación públicas y privadas, así como con organizaciones de la sociedad civil.

Con base en la experiencia obtenida a partir de los inventarios anteriores, el INECC convocó a una serie de expertos, tanto independientes como provenientes de instituciones de reconocida trayectoria en el tema de cambio climático y desarrollo de inventarios de emisiones, para que participaran en la preparación del INEGEI 1990-2010. Los arreglos institucionales se muestran en la Figura I.1; de esta manera, la Coordinación del Programa de Cambio Climático participa en forma más activa en el desarrollo del INEGEI.

En este inventario, a diferencia del anterior, las emisiones de GEI generadas a partir de las actividades de las categorías de Agricultura y USCUS fueron revisadas por expertos de CONAFOR, CONABIO y FAO, quienes además colaboran en la realización de la Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (ENAREDD+). También participaron directamente un mayor número de instituciones tanto en la provisión de datos e información como en la estimación de las emisiones. La colaboración de las instituciones y organizaciones mencionadas a continuación facilitó la recolección de datos, la revisión y la validación externa del INEGEI 1990-2010 (Cuadro I.1).



FIGURA I.1  
Estructura de los acuerdos institucionales para la elaboración del INEGEI 1990-2010



\*CICC: Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.

CUADRO I.1  
Colaboración institucional y empresarial por categoría de emisión

Instituciones y empresas	Categorías de emisión
Comisión Federal de Electricidad (CFE)	Energía y Procesos Industriales
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)	
Petróleos Mexicanos (PEMEX)	
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	
Secretaría de Economía (SE)	
Secretaría de Energía (SENER)	
Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ)	
Dupont México, S. A. de C. V.	
Quimobásicos, S. A. de C. V.	
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)	Agricultura y USCUS
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)	
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)	
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	Desechos
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)	
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	

Durante la actualización del INEGEI 1990-2010, se desarrolló el estudio *Enfoque Sistémico de la Elaboración de Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*, con la colaboración de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. El objetivo del estudio fue diseñar un sistema para mejorar de manera continua el INEGEI, y dentro de los resultados de la etapa de diseño se obtuvo el Macroproceso del INEGEI, que integra las diferentes actividades, desde la búsqueda de los datos de actividad hasta la difusión de los resultados, y las agrupa en procesos que, a su vez, constituyen ocho fases o áreas sustantivas, como se muestra en la Figura I.2. Cabe señalar que el Macroproceso se construyó en paralelo a la actualización del INEGEI 1990-2010 y se podrá replicar a nivel subnacional.

El esquema del Macroproceso se obtuvo mediante el análisis de elementos internos que lo conforman y de aquellos que se encuentran en su entorno y que lo afectan de manera directa, por lo que el estudio integra también recomendaciones de los actores<sup>3</sup> que han participado en las distintas actualizaciones y aquellas otras derivadas del análisis de quienes desarrollaron este proyecto.

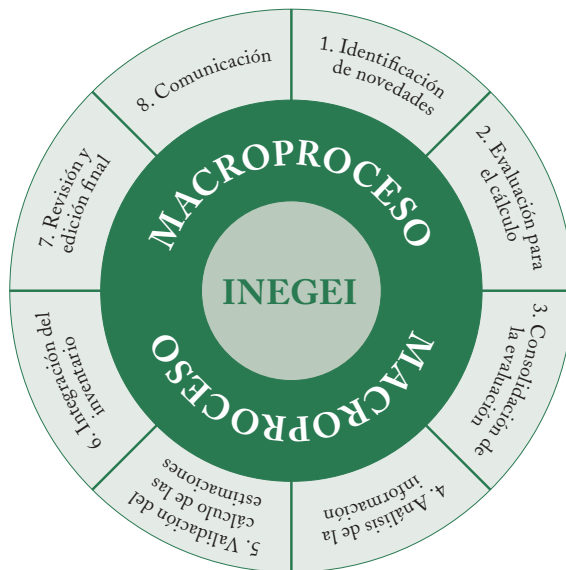
Entre las recomendaciones, algunas inciden en los arreglos institucionales, ya que se considera que no tienen la debida formalización, pues no existe hasta el momento un acuerdo que vincule a otras instituciones haciéndolas partícipes y responsables

3. Dependencias de gobierno, consultores externos, universidades y asociaciones.

de la elaboración del INEGEI; otras se enfocaron al proceso de elaboración, cómo mejorar su planeación y la generación de un sistema que permita la integración de los datos de actividad y parámetros de manera eficiente, en especial para la categoría de USCUS.

Con estos resultados, correspondientes a la fase del diseño del sistema de gestión, se determinó que una segunda etapa correspondería al diseño de un sistema de información para gestionar la actualización sistemática del INEGEI. Por otra parte, atendiendo a la necesidad de involucrar a otras dependencias e instituciones en horizontes más amplios que los que se han establecido hasta el momento mediante convenios o contratos, se ha comenzado a integrar a múltiples especialistas en las diferentes áreas y a quienes se consultó durante todo el proceso de actualización del INEGEI 1990-2010.

FIGURA I.2  
Macroproceso del INEGEI



## ■ I.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS Y FUENTES DE DATOS EMPLEADAS

La preparación del INEGEI 1990-2010 se realizó en las siguientes fases: 1) inicio, 2) desarrollo, 3) compilación, 4) generación de informe y 5) revisión, edición y publicación.

- **Inicio:** Reunión de expertos, plan de trabajo y metodologías a seguir.
- **Desarrollo:** Estimación de emisiones por categoría.
- **Compilación:** Control de calidad de los informes y cálculo de las series de tiempo.
- **Generación de informe:** Integración de un documento final en el formato establecido.
- **Revisión, edición y publicación:** Revisión externa y versión final del inventario para publicación.

Las directrices utilizadas para cada una de las categorías y niveles metodológicos empleados se muestran en el Cuadro I.2.

CUADRO 1.2  
Nivel metodológico empleado en la estimación del INEGEI

Categoría	Subcategoría	Fuente	Metodología	Nivel	Factor de emisión	
Energía	Industrias de la energía	Producción de electricidad y calor; refinación de petróleo y gas natural; manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de energía	1996	1 y 2; 3 para NO <sub>x</sub>	Por defecto	
	Manufactura e industria de la construcción	Procesos industriales y producción de: hierro y acero, metales no-ferrosos, industria química, pulpa, papel e impresión, procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, otros, incluido el cemento.	1996	1 y 2; 3 para NO <sub>x</sub>	Por defecto	
	Transporte	Aviación civil nacional, autotransporte, ferrocarril y marítimo nacional	1996	1 y 2	Por defecto	
	Comercial, residencial y agropecuario	Consumos energéticos de las áreas comercial, uso doméstico y agropecuario	1996	1 y 2	Por defecto	
	Emissiones fugitivas	Producción de carbón mineral; producción de petróleo y gas natural; precursores de ozono y SO <sub>2</sub> .	1996	1	Por defecto	
	Leña y biogás	Uso de leña y biogás como fuente de energía.	1996	1	Por defecto	
	Industria de los minerales	Producción de cemento y cal, uso de caliza y dolomita, carbonato de sodio; material asfáltico para techos, pavimentación asfáltica.	1996	1	Por defecto	
	Industria química	Producción de amoniaco, ácido nítrico, ácido adípico, carburo de silicio y carburo de calcio, otros químicos.	1996	1b	Por defecto	
	Procesos Industriales	Industria de los metales	Hierro y acero, ferroaleaciones, aluminio.	1996	1	Por defecto
		Otros procesos	Papely celulosa, alimentos y bebidas.	1996	1	Por defecto
Producción y consumo de halocarbonos y SF <sub>6</sub>		Hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> ).	1996	1	Por defecto	
Fermentación entérica		Ganado vacuno, búfalos, cerdos u otras especies.	1996	1	Específico del país	
		Ovejas, cabras, mulas/asnos, caballos o aves de corral.	1996	1	Por defecto	
Mancio del estiércol		Ganado vacuno, búfalos, cerdos u otras especies.	1996	2	Específico de país	
		Ovejas, cabras, mulas/asnos, caballos o aves de corral.	1996	1	Por defecto	
Agricultura		Cultivo del arroz	Regado, régimen de inundación permanente o intermitente.	1996	1	Por defecto
		Suelos agrícolas	Emissiones directas, emisiones indirectas, pastoreo directo.	1996	1b	Por defecto
		Quema de residuos agrícolas	Cereales, leguminosas, etc.	1996	1	Por defecto

CUADRO 1.2 (CONTINUÍA)  
Nivel metodológico empleado en la estimación del INEGEI

Categoría	Subcategoría	Fuente	Metodología	Nivel	Factor de emisión
USCUSS	Tierras forestales	Tierras forestales que permanecen como tales.	2003	1	Por defecto
	Tierras agrícolas	Tierras que se convierten en tierras forestales.	2003	1	Por defecto
	Pastizales	Tierras agrícolas que permanecen como tales.	2003	1	Por defecto
		Tierras que se convierten en tierras agrícolas.	2003	1	Por defecto
	Asentamientos	Pastizales que permanecen como tales.	2003	1	Por defecto
		Tierras que se convierten en pastizales.	2003	1	Por defecto
	Humedales	Asentamientos que permanecen como tales.	2003	1	Por defecto
		Tierras que se convierten en asentamientos.	2003	1	Por defecto
		Humedales que permanecen como tales.	2003	1	Por defecto
		Tierras que se convierten en humedales.	2003	1	Por defecto
Otras tierras	Otras tierras que permanecen como tales.	2003	1	Por defecto	
	Tierras convertidas en otras tierras.	2003	1	Por defecto	
Desechos	Eliminación de desechos sólidos	Disposición final de residuos sólidos urbanos.	2006	2	Por defecto
	Tratamiento biológico de desechos sólidos	Industrial y residencial.	2006	1	Por defecto
	Incineración de residuos	Incineración de residuos cerrada y a cielo abierto.	2006	1	Por defecto
		Tratamiento de aguas residuales y lodos municipales.	2006	1	Por defecto
	Aguas residuales industriales	Tratamiento de aguas residuales y lodos industriales.	2006	1	Por defecto

## I.3 PLAN PARA EL CONTROL DE CALIDAD Y ASEGURAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las Guías de las Buenas Prácticas (GBP) del PICC recomiendan el desarrollo e implementación de un plan de calidad acorde con las circunstancias nacionales en apoyo a la preparación del INEGEI. Este plan debe contener procedimientos y técnicas de revisión y aseguramiento de calidad para mejorar la transparencia, consistencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud de las estimaciones de las emisiones reportadas en el inventario de GEI.

Como parte de la revisión del INEGEI, para este inventario se desarrollaron y aplicaron formatos de

control de calidad para la categoría de USCUS, con los que no se contaba en los inventarios anteriores. Para el desarrollo de la herramienta –elaborada para el INECC, como parte de una consultoría para la Quinta Comunicación Nacional– se tomó en cuenta la orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura del PICC 2003.

La herramienta propone dos niveles de revisión que se explican en seguida.

### ACTIVIDADES DE NIVEL 1 PARA EL CONTROL DE CALIDAD

El Control de Calidad (CC) Nivel 1 para efectos de la categoría y las subcategorías de USCUS debe realizar una evaluación de la información contenida en el reporte y en las hojas de cálculo del PICC en formato del *software* Excel con el que se estima el inventario de GEI. Por tal motivo, las actividades de CC analizan el procedimiento, procesamiento y tratamiento de los datos, documentación y archivo. Así, el Nivel 1 se centra en:

- Prever evaluaciones permanentes y coherentes para asegurar la integridad, corrección y exhaustividad de los datos.
- Identificar y sugerir correcciones de los errores en tiempo y forma.
- Documentar y archivar material de inventario de GEI y registrar todas las actividades de CC.

El Nivel 1 del Control de Calidad es un procedimiento donde se realizan comprobaciones genéricas, tal como se describe en el capítulo 8 de las GBP 2000. Para el caso de la categoría USCUS, se hace una propuesta sobre cómo debería estruc-

turarse el reporte del inventario a fin de facilitar la aplicación del CC:

La inclusión del reporte del organigrama y el plan estratégico de trabajo para la categoría de USCUS es un nivel de organización no previsto en las GBP 2000 y GBP 2003. Sin embargo, los antecedentes en la categoría justifican su inclusión como parte del Control de Calidad, ya que permitirán hacer consultas y aclaraciones de una manera más eficaz por los revisores y/o interesados.

Por lo tanto, el reporte debe incluir el esquema de la composición del grupo de trabajo encargado del inventario. En el organigrama se describen las responsabilidades de cada uno de los miembros. La descripción es clave para identificar de manera inmediata las responsabilidades asociadas a las hojas de trabajo para efectos de aclaración de datos de cálculo y de reporte. La presentación del Plan de Trabajo es de gran relevancia porque permite, además de la planificación del proceso del inventario, brindar acompañamiento y retroalimentación al grupo de inventario por parte de los encargados de aplicar el CC.

## ACTIVIDADES DE NIVEL 2 PARA EL CONTROL DE CALIDAD

El procedimiento del Nivel 2 se aplica cuando se utilizan métodos de cálculo y datos superiores a un Tier 1, con el fin de complementar las comprobaciones del Nivel 1. De acuerdo con las GBP 2003, los procedimientos del Nivel 2 para la categoría USCUSSE abordan con detalle el uso y llenado de las hojas de trabajo del *software* con el que se realizan las estimaciones de las emisiones de la categoría. Evalúan el uso apropiado de los módulos y de las hojas, así como la consistencia y la progresión de las categorías y los cálculos en todo el inventario.

El CC de Nivel 2 comprende la revisión técnica de las categorías de fuentes y sumideros, de los datos

de actividad, de los factores de emisión y de los métodos empleados. En este nivel se describen los procedimientos específicos para la categoría y subcategorías de USCUSSE. En el caso particular de los inventarios nacionales de emisiones de GEI de México, la aplicación del CC para la categoría USCUSSE deberá conferirse al organismo gubernamental encargado de la coordinación del grupo de trabajo que desarrolla el inventario de esta categoría.

La descripción de la metodología y las hojas para la revisión estarán disponibles en la página web del INECC.

## I.4 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES CLAVE

El análisis sobre las fuentes clave del INEGEI 2010 se hizo siguiendo los lineamientos indicados en la sección 7 de la GBP 2000 del PICC, relativos a la evaluación por nivel y tendencia de las fuentes del inventario. La metodología para determinar fuentes clave de la guía no considera la categoría de USCUSSE, sin embargo, se consideró incluir esas emisiones para efectos de medir su contribución con respecto a las demás fuentes.

Debido a que no se cuenta con la estimación de incertidumbres para todas las categorías de cada sector, se optó por estimar las fuentes clave evaluando el nivel y la tendencia por el método básico. En la evaluación del nivel se determina la contribución que tienen las emisiones de cada una de las categorías y los sectores a las emisiones totales, mientras que en la evaluación de tendencia se determina la contribución general de las emisiones del inventario a través del tiempo. Esta última evaluación permite identificar las fuentes que tienen una tendencia diferente de la tendencia general

del inventario, multiplicado por el resultado de la evaluación por nivel para lograr una ponderación adecuada. Por lo tanto, una categoría principal de fuente será aquella cuya tendencia difiera significativamente de la tendencia total, ponderada por el nivel de emisiones de la correspondiente categoría de fuente. Se utilizaron las ecuaciones 7.1, para evaluar el nivel, y la 7.2, para la tendencia, descritas en la GBP.

Para la evaluación de nivel en 2010, las categorías fueron agrupadas por tipo de gas ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFC, PFC y  $\text{SF}_6$ ) y ordenadas de mayor a menor magnitud con respecto a los valores de las emisiones en  $\text{CO}_2$  equivalente. El siguiente paso fue calcular el nivel utilizando la ecuación 7.1 de la GBP y determinar el total acumulativo para todas las fuentes consideradas. Las categorías principales de fuentes son aquellas que, sumadas en orden descendente de magnitud, componen más de 95% de las emisiones totales del inventario.

En el Cuadro I.3 se muestra la evaluación de fuentes clave por nivel para 2010. En este año, trece fuentes llegan a acumular más de 95% de las emisiones; destacando las subcategorías de industrias de la energía, transporte y emisiones fugitivas por

petróleo y gas como las tres más importantes, seguidas por manufactura e industria de la construcción y suelos agrícolas. Cabe señalar que cinco de las trece fuentes pertenecen a la categoría de Energía.

CUADRO I.3  
Evaluación de fuentes clave por nivel para 2010

Subcategoría del PICC	Categoría	Gas	Estimación del año base (Gg en CO <sub>2</sub> eq.)	Estimación del año en curso (Gg en CO <sub>2</sub> eq.)	Evaluación del nivel	Total acumulado	
1A1	Industrias de la energía	Energía	CO <sub>2</sub>	103,859	162,232	0.217	21.7%
1A3	Transporte	Energía	CO <sub>2</sub>	87,872	153,385	0.205	42.2%
1B2	Petróleo y gas natural	Energía	CH <sub>4</sub>	44,237	76,563	0.102	52.4%
1A2	Manufactura e industria de la construcción	Energía	CO <sub>2</sub>	50,681	56,489	0.075	60.0%
4D	Manejo de suelos agrícolas	Agricultura	N <sub>2</sub> O	46,204	46,480	0.062	66.2%
5B	Conversión de bosques y pastizales	USCUSS	CO <sub>2</sub>	73,720	45,325	0.061	72.2%
4A	Fermentación entérica	Agricultura	CH <sub>4</sub>	38,803	37,961	0.051	77.3%
2A	Industria de los minerales	Procesos	CO <sub>2</sub>	16,472	35,234	0.047	82.0%
1A4	Otros sectores	Energía	CO <sub>2</sub>	27,042	33,025	0.044	86.4%
4A*	Eliminación de desechos sólidos	Desechos	CH <sub>4</sub>	6,654	22,118	0.030	89.4%
4D*	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Desechos	CH <sub>4</sub>	7,756	18,454	0.025	91.8%
2F	Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre	Procesos	HFC	40	14,795	0.020	93.8%
5D	Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	USCUSS	CO <sub>2</sub>	19,449	12,593	0.017	95.5%

\* Metodología PICC 2006.

Para la evaluación de la tendencia, las fuentes seleccionadas se ordenaron por valor de emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC y SF<sub>6</sub> en CO<sub>2</sub> equivalente que genera cada fuente, correspondientes al año de la evaluación, es decir 2010, con respecto a 1990. Posteriormente se estimó la tendencia con respecto al año base (1990) con excepción del HFC, para el cual se tomó 1992 como año

de referencia, dado que no existen datos de emisiones previos a esa fecha. El siguiente paso fue la estimación del porcentaje de contribución de cada sector a la tendencia y, finalmente, se realizó la estimación del total acumulado tal como indica la metodología.



CUADRO 1.4  
Evaluación de fuentes clave por tendencia para 2010

Subcategoría del PICC	Categoría	Gas	Estimación del año base (Ggen CO <sub>2</sub> eq.)	Estimación del año en curso (Ggen CO <sub>2</sub> eq.)	Evaluación de la tendencia	% de contribución a la tendencia	Total acumulado
5B Conversión de bosques y pastizales	USCUSS	CO <sub>2</sub>	73,720	45,325	7.2%	20.6%	20.6%
1A1 Industrias de la energía	Energía	CO <sub>2</sub>	103,859	162,232	4.2%	12.1%	32.7%
1A2 Manufactura e industria de la construcción	Energía	CO <sub>2</sub>	50,681	56,489	3.4%	9.8%	42.5%
4D Manejo de suelos agrícolas	Agricultura	N <sub>2</sub> O	46,204	46,480	3.4%	9.8%	52.3%
4A Fermentación entérica	Agricultura	CH <sub>4</sub>	38,803	37,961	2.9%	8.4%	60.7%
1A3 Transporte	Energía	CO <sub>2</sub>	87,872	153,385	2.6%	7.5%	68.2%
5D Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	USCUSS	CO <sub>2</sub>	19,449	12,593	1.8%	5.3%	73.5%
5A Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	USCUSS	CO <sub>2</sub>	16,159	5,861	1.8%	5.2%	78.7%
1A4 Comercial, residencial y agropecuario	Energía	CO <sub>2</sub>	27,042	33,025	1.6%	4.7%	83.4%
1B2 Petróleo y gas natural	Energía	CH <sub>4</sub>	44,237	76,563	1.4%	3.9%	87.3%
2F Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre	Procesos	HFC	40	14,795	0.9%	2.5%	89.8%
2C Industria de los metales	Procesos	CO <sub>2</sub>	7,761	5,499	0.7%	2.0%	91.9%
1A3 Transporte	Energía	N <sub>2</sub> O	888	12,558	0.6%	1.8%	93.7%
4B Manejo de estiércol	Agricultura	N <sub>2</sub> O	6,261	6,447	0.5%	1.3%	95.0%

Los resultados indican 14 fuentes que contribuyen con más de 95% de la tendencia del inventario en 2010. Dentro de las principales categorías en el periodo de análisis destacan las emisiones de CO<sub>2</sub> por conversión de bosques y pastizales debido principalmente a su variación negativa con respecto a 1990. Después figuran las emisiones de CO<sub>2</sub> por las industrias de la energía y la manufactura e industria de la construcción; suelos agrícolas, por su parte, se muestra como principal emisor de óxido nitroso.

Las fuentes clave por tendencia, como se observa en el Cuadro I.4, están constituidas por seis fuentes de energía que representan 39.8%; tres de USCUS (31.1%), tres de agricultura (19.5%) y dos de procesos industriales (4.5%).

En general, en el país no se dispone de mediciones directas de gases de efecto invernadero emitidos por fuentes fijas y de área. Si bien los sectores de la categoría Energía se identifican como fuente clave, no se tiene información desagregada del consumo de combustibles por tipo de tecnología, por lo que la estimación de emisiones se realiza con un método de nivel 1 para CO<sub>2</sub> y se supone un tipo de tecnología general para los gases distintos de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, los factores de emisión utilizados son por defecto del PICC al no existir factores de emisión propios del país o la región.

En el caso del sector Transporte (1A3), no es posible estimar los kilómetros recorridos por tipo de vehículo ni por tipo de tecnología; sin embargo, se emplean factores de emisión por tipo de combustible, en donde se ponderan los factores para vehículos sin y con convertidor catalítico de tres vías, en un esfuerzo por reflejar la incorporación de tecnología anticontaminante en los modelos más recientes del parque vehicular. Por tal motivo, las emisiones de este sector se estimaron con un método de nivel 1.

Las emisiones fugitivas (1B) se identifican como fuente clave, sin embargo, no se cuenta con información detallada sobre la infraestructura del sistema de gas natural y petróleo del país, ni con mediciones directas de las emisiones; tampoco se cuenta con factores de emisión nacionales para esta fuente clave, por lo que finalmente las emisiones se estiman con factores de emisión por defecto del PICC y haciendo uso del método de nivel 1.

La subcategoría de emisión de residuos sólidos (4A) se identifica como fuente clave; ésta se determinó con el método de descomposición de primer orden, sin embargo la metodología del PICC 2006 utiliza todavía muchos valores por defecto.

La subcategoría de aguas residuales (4D) también se identifica como una fuente clave; sin embargo, en el país no se tiene una caracterización completa o bien documentada de todas las fuentes de aguas residuales, ni parámetros nacionales que brinden datos generales sobre la operación y parámetros de las plantas de tratamiento del país. En este caso, las emisiones se estimaron con una metodología de nivel 1.

El consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre es una actividad que ha aumentado debido a los registros con que se cuentan en los últimos años, no obstante todavía falta comprender mejor el mercado interno de estas sustancias, ya que un volumen importante de las mismas se exporta en forma directa o como carga en equipos de refrigeración.

En la categoría Agricultura (4), la subcategoría de fermentación entérica (4A) se identificó como una fuente clave de emisión. En la estimación de emisiones de esta fuente se emplea una metodología de nivel 1, derivado de una falta de información en cuanto al peso promedio de cada tipo de ganado, el aumento en peso a lo largo del año, la ingesta y la situación de alimentación de cada tipo de ganado y la tasa de conversión a metano de la ingesta diaria.

De manera similar, la subcategoría de suelos agrícolas (4D) se identificó como una fuente clave. La estimación de emisiones para esta subcategoría se realizó con una metodología de nivel 1, dado que no se cuenta en el país con información propia sobre la fracción de nitrógeno proveniente de excreta animal que se emite como  $\text{NO}_x$  o amonio, o lo que es depositado en el suelo durante el pastoreo. Por tal motivo, se recurre a datos de actividad informados por agencias internacionales y a valores por defecto.

Como puede observarse, la disponibilidad de datos de actividad y de factores de emisión propios del país es la principal limitante en el uso de metodologías de nivel 2 o superior en la estimación de emisiones de GEI. No obstante, aun con el uso de metodología de nivel 1, en el INEGEI 2010 se siguen las recomendaciones de las Guías de las Buenas Prácticas en cada estimación.

## I.5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES

De acuerdo con las Guías de Buenas Prácticas (GBP) del PICC, la estimación de incertidumbres es un elemento esencial para un inventario de emisiones completo. La estimación y reporte de las incertidumbres permiten priorizar los esfuerzos para mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro, definir los temas específicos en los que es necesario realizar investigación a fin de enriquecer los atributos del inventario y orientar las decisiones sobre la elección de la metodología.

La incertidumbre puede estar asociada con la determinación de los factores de emisión, la vigilancia continua de emisiones, la extracción de factores de emisiones de fuentes publicadas o de los datos de actividad.

En el caso del INEGEI 2010, las incertidumbres en el inventario están asociadas tanto a los factores de emisión elegidos para cada fuente como a los datos de actividad empleados en las estimaciones. Tal como lo sugieren las GBP, no se consideran las incertidumbres asociadas a los valores de Potencial de Calentamiento Global, ni se estiman las mismas para los gases de efecto invernadero indirecto ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{CO}_2\text{DM}$ ).

Para este inventario se utiliza la metodología del nivel 1 “Estimación de las incertidumbres por categoría de fuentes con supuestos simplificados”, recomendado en el capítulo 6 de la GBP del PICC. Con base en la metodología se calcularon los valores de incertidumbre asociados a las estimaciones anuales de emisiones y a su tendencia en el transcurso del tiempo.

Con este propósito se utilizó el Cuadro 6.1 de la GBP del PICC, cuyos resultados se pueden consultar en el anexo C de este documento y en el resumen que se presenta en la Cuadro I.5.

Los valores de incertidumbre presentados en la Cuadro I.5 contemplan las subcategorías y sectores para los cuales fue posible estimar de manera individual un valor de la incertidumbre para el año 2010, ya sea para el dato de actividad y/o para el factor de emisión, según se muestra de manera desglosada en las tablas del anexo C. El total de las emisiones consideradas para el cálculo de los valores de incertidumbre representan 89% de las emisiones totales del inventario.

CUADRO I.5  
Incertidumbre total del inventario y por categoría

	Emisiones año base (Gg)	Emisiones año t (Gg)	Incertidumbre combinada como % del total de emi- siones nacionales en el año t	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emi- siones nacionales totales
Energía	272,570.3	420,697.9	2.1%	3.2%
Procesos Industriales	30,265.5	61,227.0	2.1%	3.5%
Agricultura	92,785.9	92,184.4	1.8%	1.8%
USCUSS	101,256.8	45,669.6	2.5%	3.8%
Desechos	16,529.1	44,130.8	3.6%	2.2%
<b>Total estimado</b>	<b>513,407.6</b>	<b>663,909.8</b>	<b>5.6%</b>	<b>6.7%</b>
Emisiones Totales	561,035.2	748,252.3		

De acuerdo con esta aproximación, se estima que el INEGEI 1990-2010 tiene una incertidumbre com- binada global de 5.6% y 6.7% por la incertidum- bre introducida en la tendencia de las emisiones.



TENDENCIAS DE  
LAS EMISIONES DE  
GASES DE EFECTO  
INVERNADERO

---

II



# II TENDENCIAS DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

## II.1 TENDENCIAS EN LAS EMISIONES TOTALES DE GEI EN CO<sub>2</sub> EQUIVALENTE

### ■ II.1.1 DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LAS EMISIONES AGREGADAS DE GEI

Las emisiones de GEI para 2010 en unidades de CO<sub>2</sub> equivalente se estimaron en gigagramos (Gg)<sup>1</sup> para los seis gases enunciados en el Anexo A del Protocolo de Kioto. Éstas tuvieron un incremento de 33.4% con respecto al año base 1990, con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.5%.

En la Figura II.1 se resume la contribución por categoría de emisión y por gas. La contribución de las emisiones de los GEI de las diferentes categorías en términos de CO<sub>2</sub> equivalente en 2010 es la siguiente: Energía representó 67.3% (503,817.6 Gg); Agricultura, 12.3% (92,184.4 Gg); Procesos industriales, 8.2% (61,226.9 Gg); Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, 6.3% (46,892.4 Gg), y Desechos, 5.9% (44,130.8 Gg) (Figura II.2).

---

1. Un gigagramo (Gg) equivale a mil toneladas (véase potenciales de calentamiento en anexo F).



FIGURA II.1  
Diagrama de emisiones de GEI para México (2010)

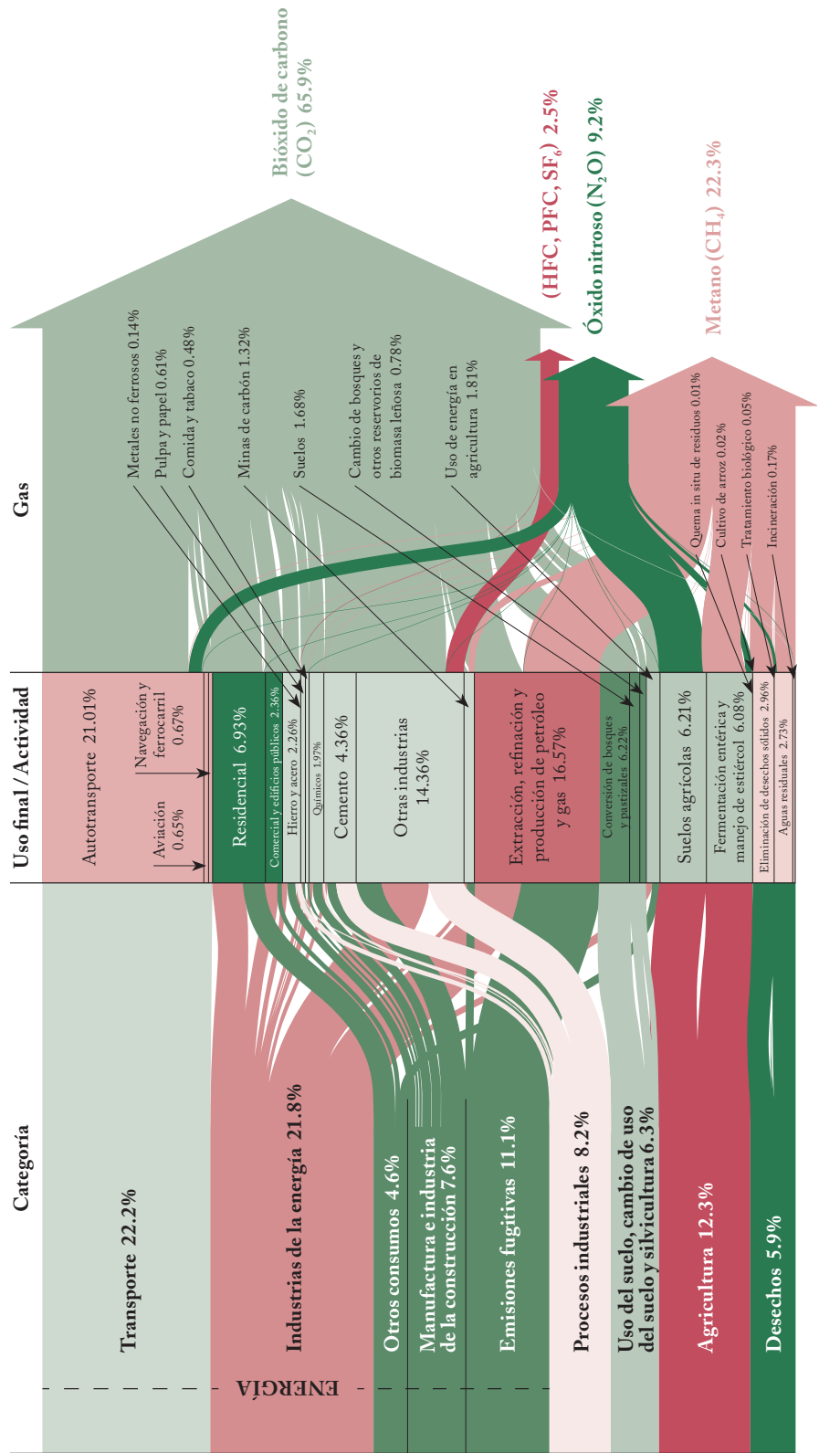
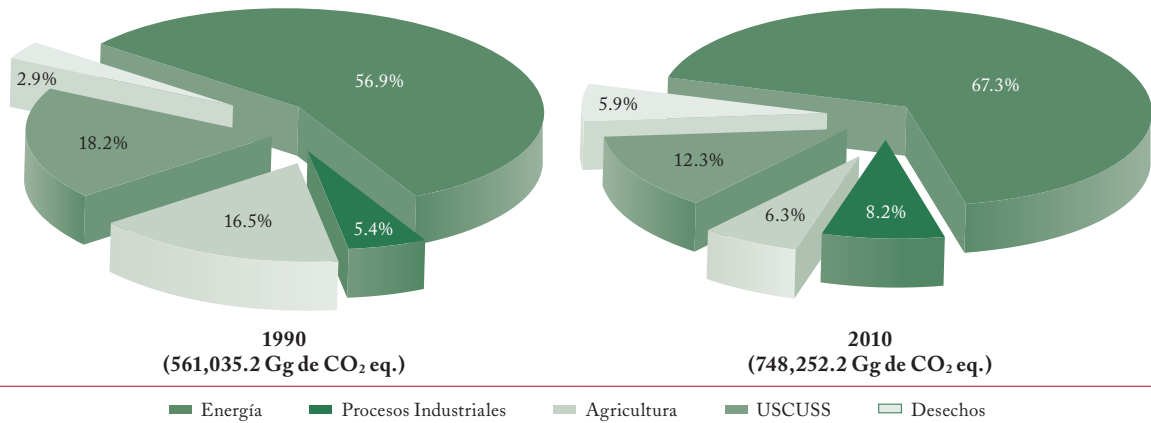


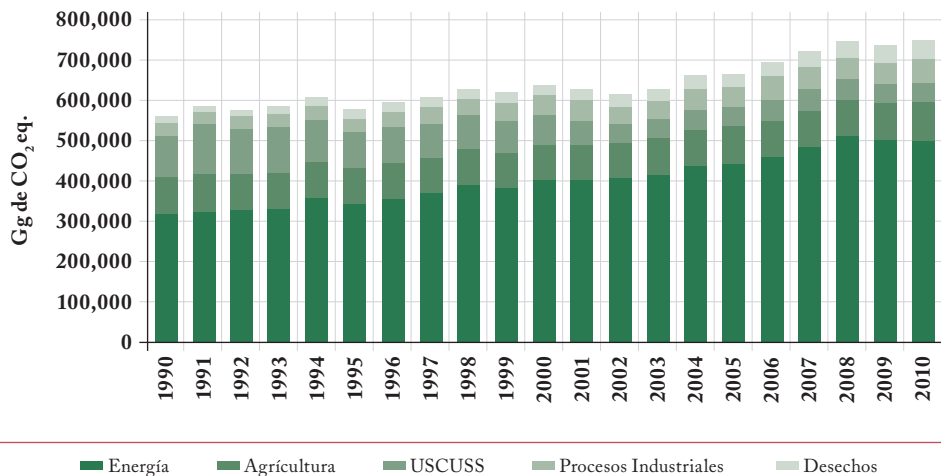
FIGURA II.2  
Participación de las categorías en las emisiones de GEI



Las tendencias en las emisiones son un reflejo de las variaciones en la producción y el consumo de combustibles fósiles, así como de los cambios en

las actividades de producción agrícola, pecuaria, silvícola, industrial y de servicios, y de aquellas relativas al uso del suelo en el país.

FIGURA II.3  
Tendencia de las emisiones de GEI (1990-2010)



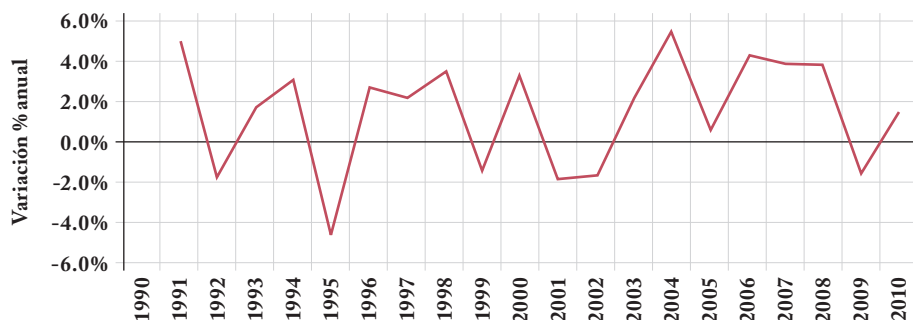
En el periodo de 1990 a 2010 el país experimentó una serie de transformaciones económicas y sociales. Entre otras, el cambio de modelo económico hacia un adelgazamiento del Estado significó un menor control gubernamental sobre las actividades productivas y los precios.

En este contexto algunas actividades sociales y económicas que contribuyen de manera importante en las emisiones de GEI experimentaron cambios sustanciales. Las emisiones totales de GEI aumentaron durante el periodo, presentando cambios o variaciones en la contribución.

Estas variaciones difícilmente pueden atribuirse a una sola causa, más bien obedecen a una diversidad de factores económicos nacionales e internacionales, como la creación de acuerdos comerciales

y reformas sectoriales que derivaron en la adopción de nuevas tecnologías, esquemas de producción, oferta y demanda de bienes y servicios dentro del país y hacia el exterior.

FIGURA II.4  
Variación porcentual anual de las emisiones totales de GEI (1990-210)

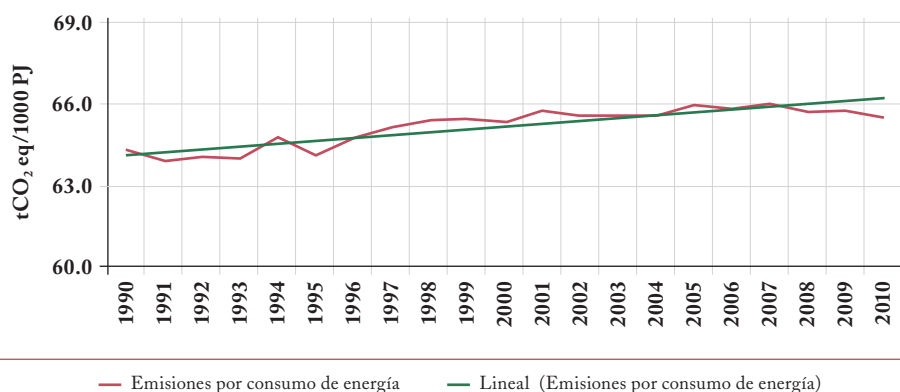


## ■ II.1.2 EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EQUIVALENTE POR HABITANTE

En 2010, las emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* para México fueron de 7.1 tCO<sub>2</sub> eq., considerando el total de emisiones nacionales de GEI. Al analizar la relación existente entre consumo de energía y las

emisiones generadas, fue posible observar que en 2010 se emitieron 65.7 tCO<sub>2</sub> eq. por cada 1,000 petajoules consumidos, lo que representa una disminución en el periodo de 2.1% (Figura II.5).

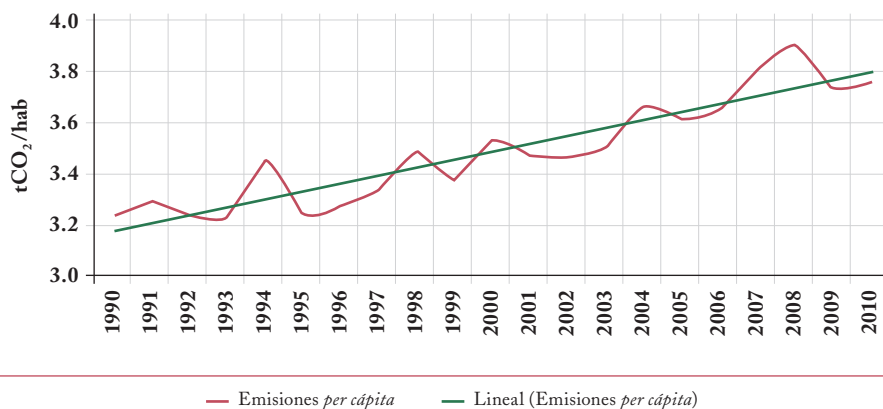
FIGURA II.5  
Emisiones por consumo de energía (1990-2010)



Como se mencionó, el CO<sub>2</sub> es el principal GEI emitido por México. En 2009 las emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* –considerando únicamente las emisiones por consumo de combustibles fósiles– fueron de

3.75 toneladas por habitante (Figura II.6), mientras que el promedio mundial fue de 4.1 toneladas de CO<sub>2</sub> *per cápita* (AIE, 2011).

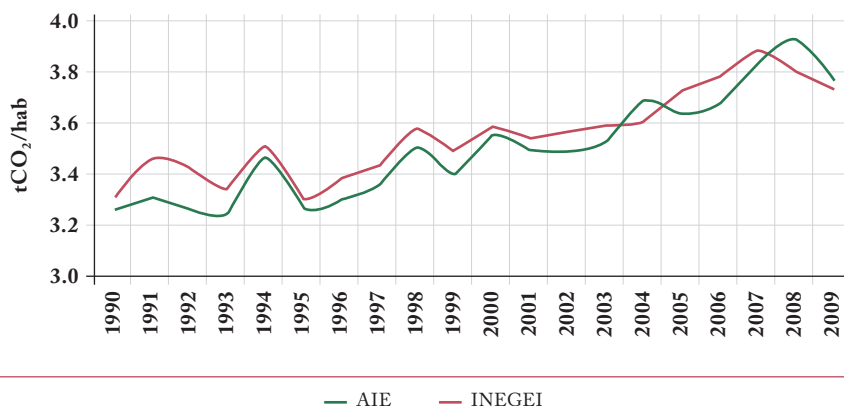
FIGURA II.6  
Emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* (1990-2010)



Según datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE), el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles para el periodo 1990-2009 fue: China, 208.9%; India, 172.3%; Indonesia, 164.7%; Corea, 124.8%; Brasil, 73.9%; Singapur, 55.7%; México, 50.9%, y Sudáfrica, 45.0%. Rusia, por otra parte, disminuyó con 29.7%.

Las emisiones *per cápita* por consumo de combustibles fósiles estimadas por la AIE en 2009 para México fueron de 3.72 tCO<sub>2</sub> y la estimación del inventario nacional fue de 3.75 tCO<sub>2</sub> *per cápita* (Figura II.7). El valor reportado por la AIE es 0.8% menor que el del INEGI.

FIGURA II.7  
Registro comparativo de las emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* (1990-2009)

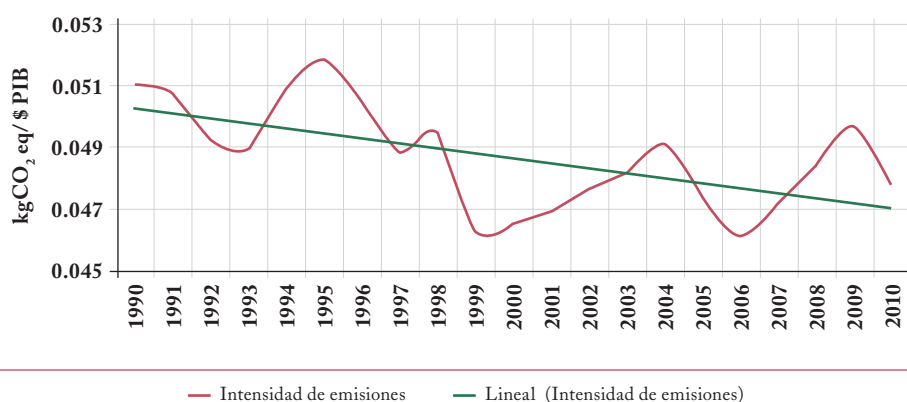


## ■ II.1.3 EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EQUIVALENTE POR PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB)

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

medidas en unidades de CO<sub>2</sub> eq. por unidad de PIB, para México en 2010 fueron de 0.048 kg por peso del PIB, referidos a precios constantes de 2003, lo que representa una disminución de 5.8% con respecto a 1990, que fue de 0.051 kg de CO<sub>2</sub> eq. por peso del PIB<sup>2</sup> (Figura II.8).

FIGURA II.8  
Intensidad de las emisiones (1990-2010)

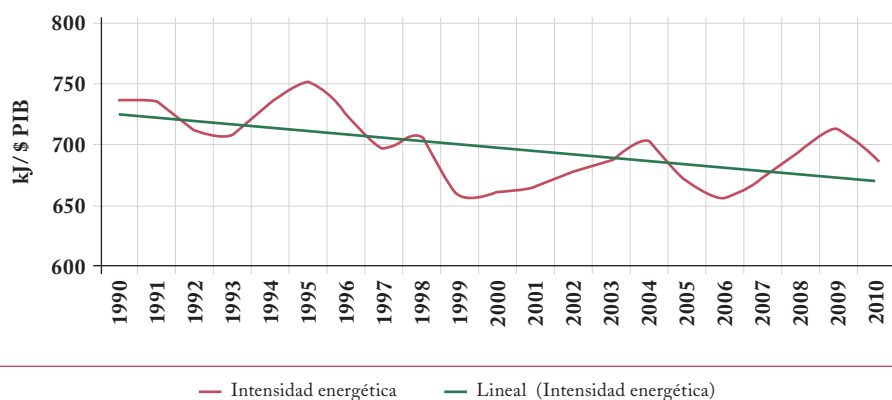


La intensidad energética mostró una tendencia hacia la baja (Figura II.9), aunque su comportamiento varía año con año. Se observa un aumento de la intensidad energética en los periodos: 1993-1995,

1999-2004 y 2006-2009. En 2009 el incremento se debió a una mayor caída en el PIB (6.1%) con respecto al consumo de energía (3.6%).

2. Los datos del PIB para la serie 1990-2010, a precios constantes de 2003, se obtuvieron del Banco de Información Económica (BIE) del INEGI.

FIGURA II.9  
Intensidad energética (1990-2010)



#### ■ II.1.4 EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EQUIVALENTE POR CONSUMO DE ELECTRICIDAD

Existen dos metodologías propuestas por entidades mexicanas para el cálculo del factor de emisión por electricidad. Una de ellas considera la generación de energía eléctrica, planteada por el Programa GEI México, y la otra contempla el consumo de energía eléctrica, presentada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).<sup>3</sup> Cada metodología considera el total de emisiones de GEI por el consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.

La CONUEE relaciona las emisiones de GEI al consumo de electricidad, es decir, a la energía facturada, descontando las pérdidas por transmisión y distribución en la red eléctrica.

El Programa GEI México, por su parte, relaciona las emisiones con la generación neta total, que es el resultado de la suma de la generación neta más las importaciones de electricidad y los excedentes vendidos a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) por autoabastecedores.

El Cuadro II.1 muestra los valores estimados para el factor de emisión de la red eléctrica para el periodo 1990-2010, excepto para el que propone el Programa GEI México, el cual se calculó a partir de 2003 por no contar con la información necesaria.

3. CONUEE/SENER, *Metodologías para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de la energía*, México, 2009, <[http://www.conuee.gob.mx/work/files/metod\\_gei\\_cons\\_evit.pdf](http://www.conuee.gob.mx/work/files/metod_gei_cons_evit.pdf)>.

CUADRO II.1  
Evolución del factor de emisión eléctrica (1990-2010)

Año	CONUEE	GEI México	Año	CONUEE	GEI México
	MtCO <sub>2</sub> / MWh	MtCO <sub>2</sub> / MWh		MtCO <sub>2</sub> / MWh	MtCO <sub>2</sub> / MWh
1990	0.6739		2001	0.6888	
1991	0.6777		2002	0.6796	
1992	0.6465		2003	0.6860	0.6125
1993	0.6474		2004	0.6246	0.5520
1994	0.7140		2005	0.6324	0.5574
1995	0.6415		2006	0.6065	0.5281
1996	0.6410		2007	0.5822	0.5197
1997	0.6696		2008	0.5458	0.4723
1998	0.6958		2009	0.5918	0.5093
1999	0.6597		2010	0.5827	0.4980
2000	0.6683				

Al ser la generación neta mayor al consumo, el factor de emisión del Programa GEI México es menor al propuesto por la CONUEE.

A fin de obtener resultados coherentes con el INEGEI, el factor de emisión que se recomienda emplear para consumo de electricidad es el propuesto por la CONUEE, mientras que para generación de electricidad se aconseja el propuesto por el Programa GEI México.

## II.2 TENDENCIAS DE LAS EMISIONES TOTALES DE GEI POR TIPO DE GAS

### ■ II.2.1 EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO

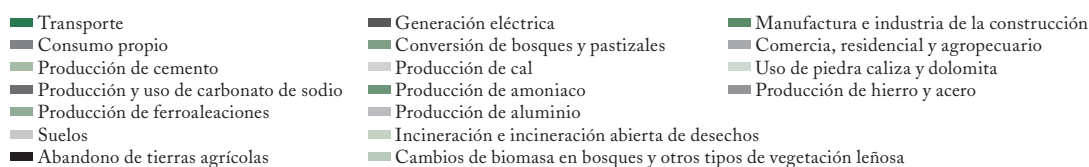
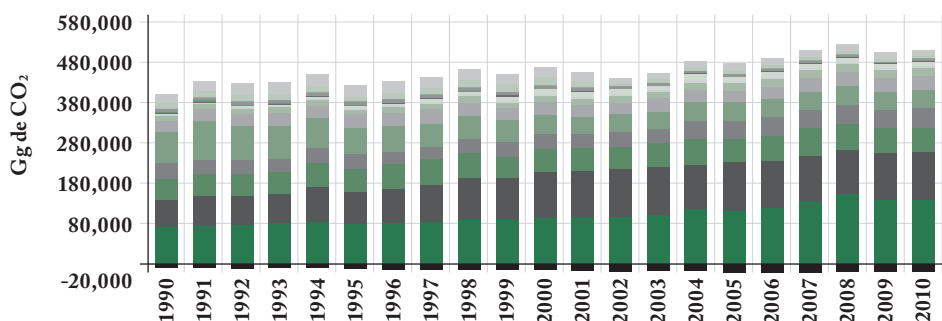
Las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron de 493,450.6 Gg en 2010, con una contribución de 65.9% al total del inventario y con un incremento de 23.6% con respecto a 1990. Las emisiones de CO<sub>2</sub> en el país provienen principalmente de la quema de combustibles fósiles, USCUS y procesos industriales (Figura II.10).

Los sectores con mayor contribución porcentual de emisiones de CO<sub>2</sub> en 2010 son: transporte con 31.1%, generación eléctrica con 23.3%, manufactura y construcción con 11.4%, consumo propio de la industria energética con 9.6%, conversión de bosques y pastizales con 9.2% y otros (comercial, residencial y agropecuario) con 6.7%.

Como puede observarse, cinco de las fuentes de emisión pertenecen al consumo de combustibles

fósiles (1A) de la categoría Energía; éstas aportan 82.1% del total de CO<sub>2</sub> del inventario.

FIGURA II.10  
Emisiones por sector en Gg de CO<sub>2</sub> (1990-2010)



## ■ II.2.2 EMISIONES DE METANO

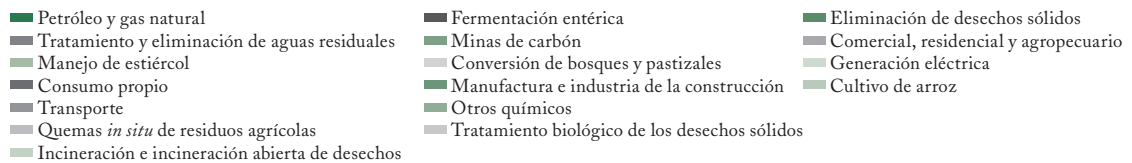
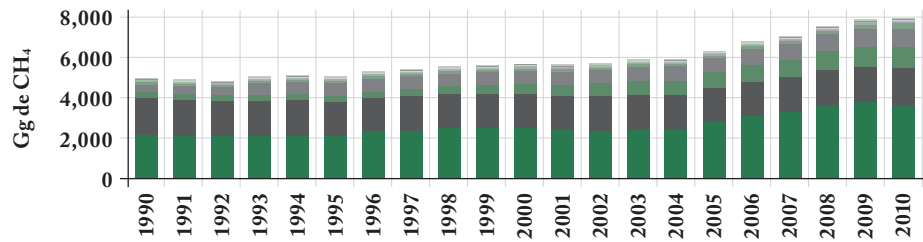
En 2010, las emisiones de CH<sub>4</sub> fueron de 7,938.9 Gg, lo que representa un incremento de 59.8% con respecto a 1990. Las principales fuentes de emisión corresponden a las categorías de Desechos, Energía y Agricultura.

Los sectores con mayor contribución porcentual de emisiones de CH<sub>4</sub> en 2010 son: emisiones fugitivas por petróleo y gas natural con 45.9%; fermentación entérica con 22.8%; eliminación de desechos sólidos con 13.3%; tratamiento y eliminación de aguas residuales con 11.1%, y emisiones fugitivas por combustibles fósiles con 3.9% (Figura II.11).

Las emisiones por eliminación de desechos sólidos se incrementaron de manera significativa entre 1990 y 2010, con 232.4%, tanto por el impulso al mejor manejo de los residuos sólidos, en particular por la disposición en rellenos sanitarios, donde los procesos anaeróbicos son más eficientes que en tiraderos a cielo abierto, como por el incremento en el tratamiento de aguas residuales en nuestro país. Actualmente, México realiza acciones para mitigar las emisiones de CH<sub>4</sub> (ver Capítulo VII).



FIGURA II.11  
Emisiones por sector en Gg de CH<sub>4</sub> (1990-2010)



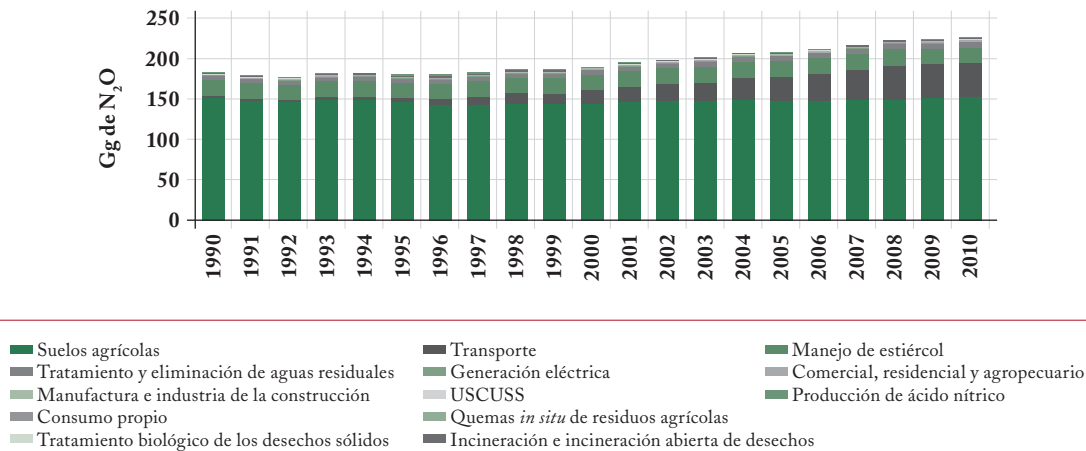
### ■ II.2.3 EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO

En 2010, las emisiones de N<sub>2</sub>O fueron de 223.0 Gg, lo que representa un incremento de 23.1% con respecto a 1990. La principal contribución proviene de los suelos agrícolas con 67.2%, seguida por transporte con 18.2%; manejo de estiércol con 9.3%, y tratamiento y eliminación de aguas residuales con 2.8%. En conjunto, representan 97.5% de las emisiones de N<sub>2</sub>O en 2010 (Figura II.12).

En suelos agrícolas las emisiones provienen primordialmente del manejo de excretas y el uso de fertilizantes nitrogenados.

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

FIGURA II.12  
Emisiones por sector en Gg de N<sub>2</sub>O (1990-2010)



## II.2.4 EMISIONES DE HIDROFLUOROCARBONOS (HFC), PERFLUOROCARBONOS (PFC) Y HEXAFLUORUROS DE AZUFRE (SF<sub>6</sub>)

Las emisiones de HFC provienen principalmente de los equipos de refrigeración y aire acondicionado que contienen esta familia de gases como agentes refrigerantes y en los paneles aislantes. En 2010, las emisiones de HFC totalizaron 18,692.3 Gg de CO<sub>2</sub> eq., lo que representa un incremento de 2,307% con respecto a 1990. Dicho incremento es reflejo de un mayor uso de HFC en refrigeradores y aires acondicionados de industrias, viviendas y automóviles, en sustitución de los clorofluorocarbonos (CFC) controlados por el Protocolo de Montreal<sup>4</sup> y cuyo uso está restringido en el mundo. Los gases que más aportaron a las emisiones de HFC en 2010 fueron: HFC-134a con 52.2%, HFC-23 (subproducto del HCFC-22) con 20.9%, HFC-125 con 17.6%, HFC-143a con 5.9%, HFC-32 con 3.2% y el restante 0.2% de HFC (43-10mee, 152a, 227ea y 245ca). Las emisiones de HFC son potenciales, ya que estos gases están

contenidos en los equipos; sólo se liberarían en el caso de fugas o de una mala disposición al final de su vida útil.

Con el propósito de disminuir la producción y consumo de HFC, utilizados en los rubros farmacéutico, refrigeración doméstica y aires acondicionados móviles, México, Estados Unidos y Canadá elaboraron una enmienda al Protocolo de Montreal, que busca reducir las emisiones de GEI a la atmósfera a través de la adopción de calendarios de eliminación de HFC. La propuesta sugiere que los países desarrollados inicien su calendario de eliminación de producción y consumo de HFC en 2013 para alcanzar una reducción de 85% en 2033; mientras que las naciones en desarrollo deberán disminuir el mismo porcentaje de gases, pero en el periodo de 2016 a 2043.<sup>5</sup>

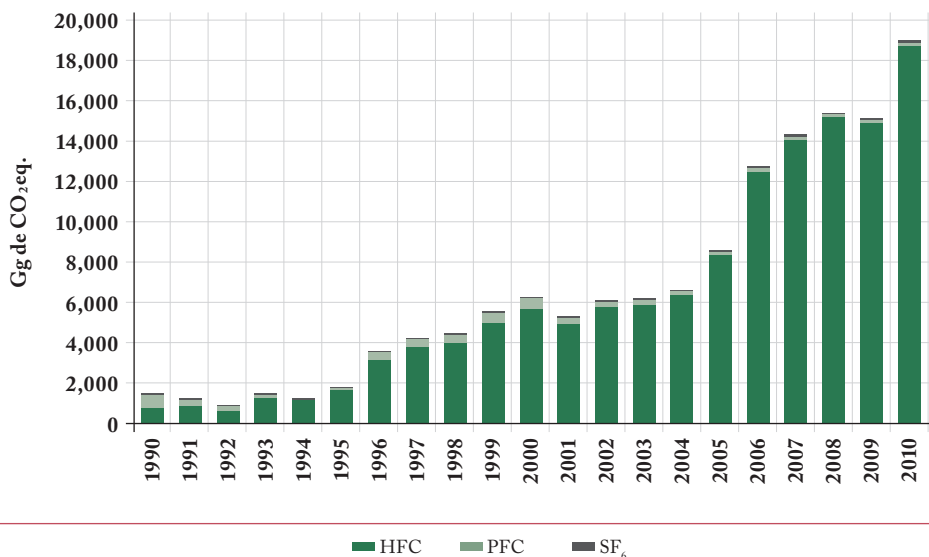
4. El Protocolo de Montreal (1987) controla y restringe el uso mundial de los clorofluorocarbonos (CFC), sustancias químicas que destruyen la capa de ozono.

5. Comunicado de prensa de la Presidencia de la República 122/09, 4 de octubre de 2009.

Las emisiones de PFC, en las formas de  $CF_4$  y  $C_2F_6$ , provienen de la producción de aluminio, catalogada dentro de la categoría de Procesos Industriales. Las emisiones de PFC en 2010 fueron de 128.4 Gg de  $CO_2$  eq. Entre 1990 y 2010 se tuvo un decremento en las emisiones de 80.1%, debido a una disminución en la producción de aluminio.

Las emisiones de  $SF_6$  se originan como emisiones potenciales en equipos y circuitos eléctricos que contienen este gas para cumplir la función de agente dieléctrico (aislante). En el periodo 1990-2010 se estimaron las emisiones de  $SF_6$  con base en el inventario de equipos eléctricos de la CFE que empleaban este gas. En 2010, las emisiones fueron de 124.4 Gg de  $CO_2$  eq., lo que representa un incremento de 319.7% con respecto a las emisiones de 1990. Estas cifras se basan en supuestos de emisiones potenciales que un equipo puede liberar año con año a lo largo de su vida útil (Figura II.13).

FIGURA II.13  
Emisiones de HFC, PFC y  $SF_6$  en Gg de  $CO_2$  eq. (1990-2010)



## II.3 COMPARATIVO INTERNACIONAL DE LAS EMISIONES DE GEI DE MÉXICO

Con el fin de comparar las emisiones de CO<sub>2</sub> de México en el contexto internacional, se tomaron los datos de emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles estimados por la Agencia Internacional de Energía (AIE). En las comparaciones se incluyeron indicadores de intensidad, las emisiones *per cápita* y las emisiones por unidad monetaria del PIB para un grupo de 134 países. En el proceso de comparación se añadieron datos de emisiones y PIB de 2009 (AIE, 2011). Junto con ello se incluyó el valor del Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 2009 (PNUD, 2011).

Para la comparación, se diferenció entre países Anexo I y No-Anexo I de la CMNUCC y si pertenecen a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Igualmente se señalaron los países de América Latina y el Caribe (ALyC) y aquellos países que integran el Grupo de los 8 (G8) y el Grupo de los 20 (G20). México participa en la CMNUCC como Parte No-Anexo I, es miembro de la OCDE y forma parte del G20.

Es importante considerar que de 2008 a 2009 se agudizaron los efectos de la crisis financiera global,<sup>6</sup> por lo que las emisiones bajaron 1.5% a nivel mundial, y se observa un cambio en la posición que guardaban los países con respecto a lo informado en la Cuarta Comunicación Nacional ante la CMNUCC.

De acuerdo con las estimaciones de la AIE, en 2009 las emisiones globales de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles fueron 27,983.7 millones de toneladas; esta cifra no incluye las emisiones provenientes de la aviación y la navegación internacionales.

El Cuadro II.2 muestra un listado de 36 países que en conjunto generan 90% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> originadas por la quema de combustibles fósiles. En el listado se encuentran 16 países Anexo I (AI) y 20 países No-Anexo I (NAI) de la CMNUCC; también se encuentran 16 países de los 30 que integran la OCDE, la totalidad de los países del G20 y cuatro de ALyC (Figura II.14).

Los cuatro países de ALyC: Argentina, Brasil, México y Venezuela, generaron 3.8% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> de 2009. De acuerdo con las cifras reportadas por la AIE para ese año, a nivel mundial México ocupó el lugar 12 en las emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles, con un total de 399.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que representó 1.4% de las emisiones globales.

La Figura II.15 muestra una comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB *per cápita* de los 36 países (Cuadro II.2), los cuales representan 85.7% del PIB mundial.

En general, los países que gozan de un mayor nivel de ingreso *per cápita* son aquellos que igualmente emiten una mayor cantidad de CO<sub>2</sub> por habitante por la quema de combustibles fósiles. En la medida en que el nivel de ingreso es menor, un mayor porcentaje de la población utiliza combustibles tradicionales, como la leña o el bagazo.

En el caso de países que dependen del carbón como principal fuente de energía, se presentan mayores emisiones *per cápita*, aun cuando el nivel de ingreso sea menor, mientras que en países donde la matriz energética incluye una mayor proporción de generación con energía nuclear, geotérmica o hidroeléctrica, las emisiones *per cápita* son menores, aun cuando exista un mayor nivel de ingreso.

6. Banco de México, *Reporte sobre el Sistema Financiero*, julio, 2009, <<http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/reportes-sf/>>.

CUADRO II.2

Países que representan 90% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles (1A) (2009)

Año	País	Estimación para el año 2009	PNUD	Índice de Desarrollo Humano	AIE Población	Miliones	AIE PIB	Miles de millones dólares 2000	AIE PIB	Miles de millones dólares 2000, PPP*	Emisiones de CO <sub>2</sub> Método Sectorial	Millones de CO <sub>2</sub>	Contribución a emisiones globales (%)	Cálculo	Total acumulado (millones de t CO <sub>2</sub> )	PIB per cápita (dólares 2000)	Cálculo	PIB per cápita (dólares 2000, PPP)	Cálculo	CO <sub>2</sub> per cápita (t per cápita)	Cálculo	CO <sub>2</sub> /PIB (kg CO <sub>2</sub> /dólar 2000)	Cálculo	CO <sub>2</sub> /PIB (kg CO <sub>2</sub> /dólar 2000, PPP)
1	China	0.674	1,331.5	2,937.5	12,194.4	6,831.6	24.4%	6,831.6	9,158.7	5.1	2.3	0.6												
2	E.E.UU.	0.906	307.5	11,357.1	11,357.1	5,195.0	18.6%	5,195.0	36,935.6	16.9	0.5	0.5												
3	India	0.535	1,155.3	874.9	4,567.0	1,585.8	5.7%	1,585.8	3,952.9	1.4	1.8	0.3												
4	Rusia	0.747	141.9	397.5	1,530.2	1,532.6	5.5%	1,532.6	10,783.0	10.8	3.9	1.0												
5	Japón	0.895	127.3	4,872.2	3,392.9	1,092.9	3.9%	1,092.9	26,646.6	8.6	0.2	0.3												
6	Alemania	0.9	81.9	1,998.7	2,243.2	750.2	2.7%	750.2	27,397.6	9.2	0.4	0.3												
7	Irán	0.703	72.9	158.1	577.0	533.2	1.9%	533.2	7,914.0	7.3	3.4	0.9												
8	Canadá	0.903	33.7	846.8	1,021.1	520.7	1.9%	520.7	30,263.5	15.4	0.6	0.5												
9	Corea del Sur	0.889	48.7	752.8	1,141.0	515.5	1.8%	515.5	23,406.4	10.6	0.7	0.5												
10	Reino Unido	0.86	61.8	1,677.1	1,742.6	465.8	1.7%	465.8	28,201.4	7.5	0.3	0.3												
11	Arabia Saudita	0.763	25.4	249.5	371.9	410.5	1.5%	410.5	14,647.2	16.2	1.6	1.1												
12	México	0.762	107.4	724.4	1,122.9	399.7	1.4%	399.7	10,451.6	3.7	0.55	0.4												
13	Australia	0.926	22.1	535.2	703.8	394.9	1.4%	394.9	31,845.4	17.9	0.7	0.6												
14	Italia	0.87	60.2	1,110.7	1,475.1	389.3	1.4%	389.3	24,506.4	6.5	0.4	0.3												
15	Indonesia	0.607	230.0	258.5	938.7	376.3	1.3%	376.3	4,082.0	1.6	1.5	0.4												
16	Sudáfrica	0.61	49.3	181.9	528.0	369.4	1.3%	369.4	10,705.1	7.5	2.0	0.7												
17	Francia	0.88	64.5	1,472.8	1,702.0	354.3	1.3%	354.3	26,390.6	5.5	0.2	0.2												
18	Brasil	0.708	193.7	856.0	1,652.1	337.8	1.2%	337.8	8,527.7	1.7	0.4	0.2												
19	Polonia	0.807	38.2	241.7	570.4	286.8	1.0%	286.8	14,950.0	7.5	1.2	0.5												
20	España	0.874	45.9	713.4	1,054.6	283.4	1.0%	283.4	22,961.5	6.2	0.4	0.3												

**Países que representan 90% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles (1A) (2009)**

Año	País	Estimación para el año 2009	PNUD	Índice de Desarrollo Humano	AIE Población	Miles de millones	AIE PIB	Miles de millones	AIE PIB	Miles de millones	Emisiones de CO <sub>2</sub> Método Sectorial	Contribución a emisiones globales (%)	Cálculo	Total acumulado (millones de t CO <sub>2</sub> )	PIB per cápita (dólares 2000)	Cálculo	PIB per cápita (dólares 2000)	Cálculo	PIB per cápita (dólares 2000, PPP)	Cálculo	CO <sub>2</sub> per cápita (t per cápita)	Cálculo	CO <sub>2</sub> /PIB (kg CO <sub>2</sub> /dólar 2000)	Cálculo	CO <sub>2</sub> /PIB (kg CO <sub>2</sub> /dólar 2000, PPP)
21	Ucrania	0.72	46.0	Millones	45.4	288.2	256.4	256.4	0.9%	22,881.9	986.7	6,265.2	5.6	0.9											
22	Turquía	0.69	71.9	357.0	789.1	256.3	23,138.2	4,964.9	10,975.1	3.6	0.7	0.3													
23	Tailandia	0.673	67.8	173.9	550.4	227.8	23,366.0	2,566.6	8,122.1	3.4	1.3	0.4													
24	Kazajstán	0.733	15.9	37.8	133.5	189.5	23,555.5	2,376.2	8,401.2	11.9	5.0	1.4													
25	Holanda	0.905	16.5	432.5	525.8	176.1	23,731.6	26,168.2	31,816.8	10.7	0.4	0.3													
26	Egipto	0.638	83.0	152.4	362.2	175.4	23,907.0	1,835.7	4,363.7	2.1	1.2	0.5													
27	Argentina	0.788	40.3	398.0	624.9	166.6	24,073.6	9,880.6	15,514.2	4.1	0.4	0.3													
28	Malasia	0.752	27.5	137.1	299.3	164.2	24,237.8	4,992.4	10,898.1	6.0	1.2	0.5													
29	Venezuela	0.732	28.4	160.0	191.2	154.6	24,392.4	5,637.7	6,737.3	5.4	1.0	0.8													
30	E.A.U.**	0.841	4.6	118.1	116.6	147.0	24,539.4	25,670.4	25,360.9	32.0	1.2	1.3													
31	Pakistán	0.499	169.7	111.5	394.9	136.9	24,676.4	656.9	2,326.9	0.8	1.2	0.3													
32	Vietnam	0.584	87.3	58.8	298.9	114.1	24,790.4	674.2	3,425.1	1.3	1.9	0.4													
33	Uzbekistán	0.631	27.8	24.8	66.5	112.4	24,902.8	892.8	2,395.4	4.0	4.5	1.7													
34	Rep. Checa	0.863	10.5	75.9	206.0	109.8	25,012.6	7,220.4	19,606.5	10.5	1.4	0.5													
35	Bélgica	0.883	10.8	260.8	317.7	100.7	25,113.3	24,173.6	29,444.7	9.3	0.4	0.3													
36	Iraq	0.565	28.9	23.0	31.5	98.8	25,212.1	795.0	1,086.9	3.4	4.3	3.1													

\*PPP: Purchasing Power Parity (paridad de poder de compra).

\*\*E.A.U.: Emiratos Árabes Unidos

FIGURA II.14  
Países con mayor contribución de emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustible fósil en 2009

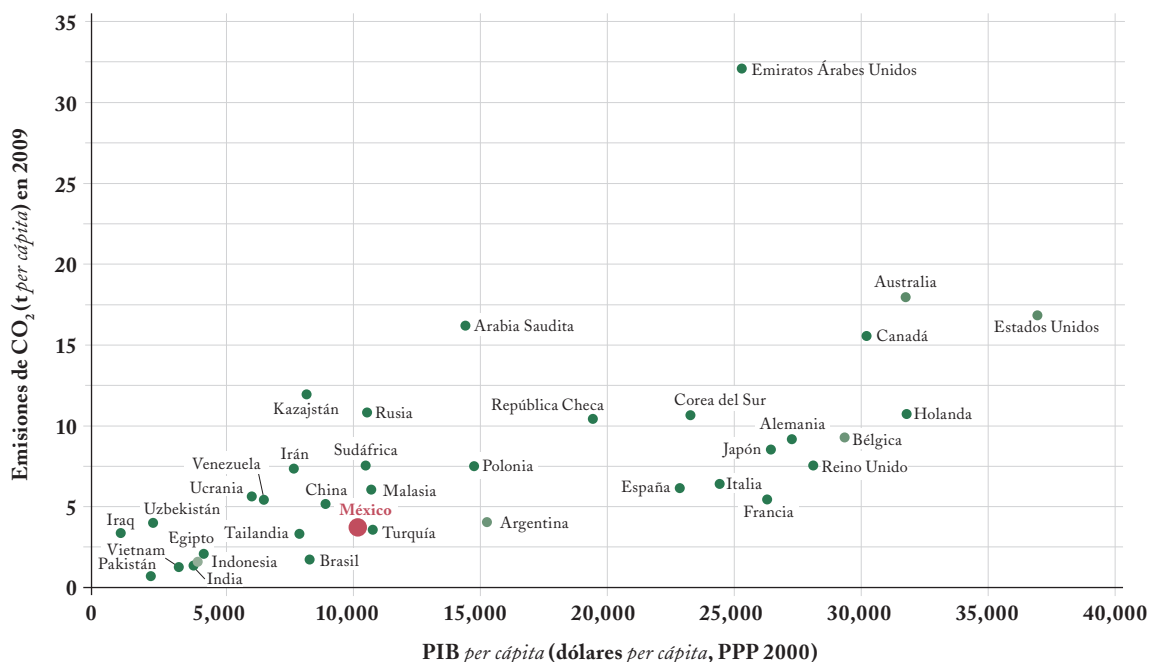


Otra comparación relevante para las emisiones de CO<sub>2</sub> es con respecto al IDH, que mide los logros alcanzados por un país en cuanto a tres dimensiones básicas del desarrollo: 1) salud y esperanza de vida, 2) educación de la población y 3) el ingreso *per cápita*.

Como se muestra en la Figura II.16, un alto valor de IDH está generalmente asociado a una mayor emisión *per cápita*. En aquellos países donde existe una mayor dependencia de combustibles tradicionales (como la biomasa), tanto el IDH como el nivel de emisiones son menores; por otro lado, en los países donde de manera preponderante existe un consumo de combustibles comerciales, generalmente fósiles, se emiten mayores emisiones de CO<sub>2</sub> y existe un nivel de desarrollo humano más alto.

A pesar de que México presentó un valor de IDH alto desde 2005, su nivel de ingreso y de emisiones *per cápita* guarda más parecido con países cuyo nivel de desarrollo humano es medio, como se puede apreciar en la Figura II.17. De acuerdo con los datos del IDH 2009 y las estimaciones de CO<sub>2</sub> de la AIE, México se ubica en el lugar 57 del mundo en términos de desarrollo humano, en el lugar 56 en ingreso *per cápita*<sup>7</sup> y en el puesto 65 en emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* por quema de combustibles fósiles.

FIGURA II.15  
Comparación internacional de emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* (2009)

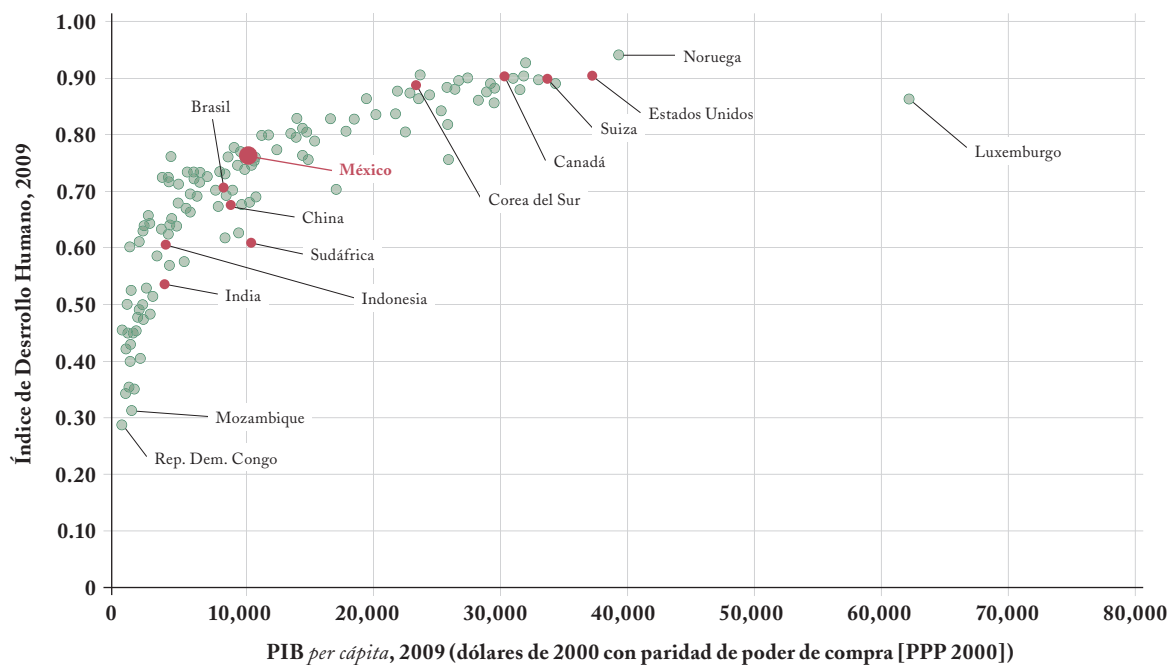


Fuente: Elaboración para la 5CN con los datos de la AIE (2011).

7. Considera el PIB *per cápita* a dólares constantes de 2000, con paridad del poder de compra (PPP, por sus siglas en inglés) para los países.

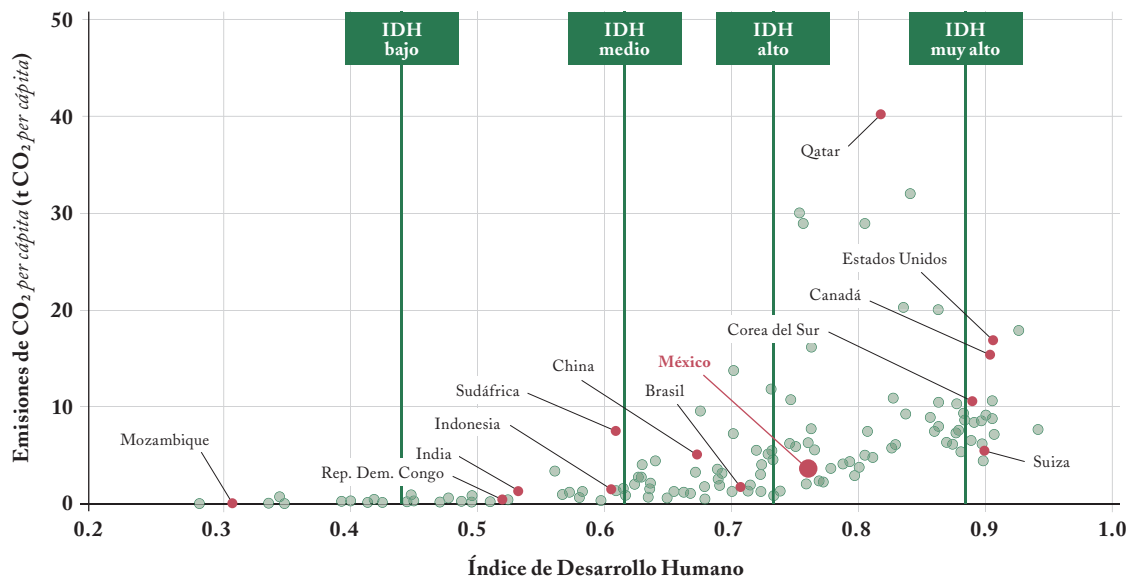


FIGURA II.16  
Comparación internacional del PIB *per cápita* e IDH (2009)



Fuente: AIE-PIB *per cápita*, PNUD-Índice de Desarrollo Humano.

FIGURA II.17  
Comparación internacional de emisiones ( $tCO_2 / hab$ ) *per cápita* e IDH



Fuente: AIE Emisiones *per cápita*, PNUD-Índice de Desarrollo Humano.

# ENERGÍA

(1)

---

# III



# III ENERGÍA (1)

En esta categoría se analizan las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de los combustibles fósiles (1A) y de las emisiones fugitivas (1B), las cuales liberan principalmente emisiones de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ), respectivamente. En el consumo de combustibles fósiles, las emisiones de  $\text{CO}_2$  dependen del contenido de carbono del combustible, no obstante una parte del carbono se libera en forma de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) o compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM); estos tres gases se oxidan con el tiempo y se convierten en  $\text{CO}_2$  en la atmósfera. En las directrices del PICC todo el carbono liberado se considera como emisiones de  $\text{CO}_2$  y los demás gases que contienen carbono se estiman pero se declaran por separado, motivando esto a una doble contabilidad deliberada.

Para los gases distintos del  $\text{CO}_2$ , las características de los combustibles, la tecnología empleada y las medidas de reducción de las emisiones son factores que determinan las tasas de emisión de estos gases, además del contenido de humedad, la fracción de carbono y la eficiencia de la combustión, que también deben tenerse en cuenta. Estos gases son:

$\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  y COVDM. El bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) guarda relación con la composición de los combustibles y no con las tecnologías de combustión.

Las emisiones fugitivas consideradas son las que se generan en las industrias de combustibles sólidos y de petróleo y gas natural. Las tasas de emisión dependen de las prácticas durante la producción, procesamiento, transmisión, almacenamiento y distribución de estos combustibles.

Para la contabilidad y análisis de los gases de efecto invernadero (GEI) sólo se consideran los gases de efecto invernadero directo, que en esta categoría son el bióxido de carbono, el metano y el óxido nítrico.

La clasificación que corresponde a la categoría de Energía, de acuerdo con las directrices del PICC 1996 se muestra en la Cuadro III.1.

CUADRO III.1  
Categorías definidas por el PICC

Clave PICC	Categoría y subcategorías de fuente
1	<b>Energía</b>
1A	• Consumo de combustibles fósiles
1A1	• Industrias de la energía
1A2	• Manufactura e industria de la construcción
1A3	• Fuentes móviles de combustión (Transporte)
1A3a	• Transporte automotor
1A3b	• Transporte aéreo
1A3c	• Transporte ferroviario
1A3d	• Transporte marítimo
1A4	• Otros sectores
1A4a	• Sector comercial
1A4b	• Sector residencial
1A4c	• Sector agropecuario
1B	• Emisiones fugitivas
1B1	• Combustibles sólidos
1B2	• Industria del petróleo y gas natural

Es necesario indicar que en la actualización del inventario de emisiones 2010 de la categoría Energía, se calcularon nuevamente los valores de emisiones de años anteriores, debido a nuevas consideraciones en la metodología. En el caso del consumo energético de coque de carbón utilizado por la industria siderúrgica, la Secretaría

de Energía (SENER) reporta en el Balance Nacional de Energía (BNE) el consumo de coque de carbón del proceso junto con el utilizado como energético, por ello se le deduce la cantidad específica para el proceso, misma que fue publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)<sup>1</sup> para ese energético.

1. INEGI, *La industria siderúrgica en México* (1990 a 2010).

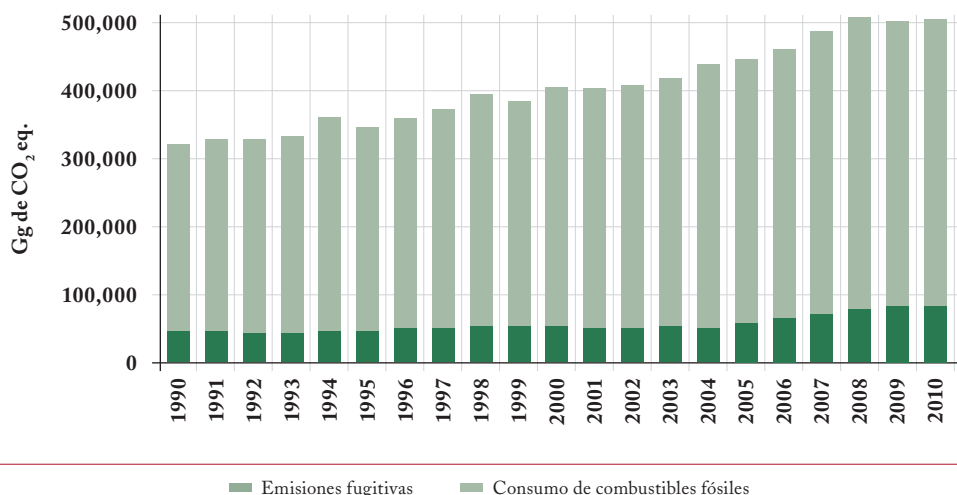
### III.1 PANORAMA GENERAL

El consumo nacional de combustibles fósiles y biomasa se define como la suma del consumo de los sectores de industrias energéticas,<sup>2</sup> transporte, industrial (p. e. manufactura, minería y construcción), comercial, residencial y agropecuario. No se considera el consumo eléctrico en cada sector (ya que las emisiones se contabilizan en la generación), ni tampoco otras fuentes renovables de energía diferentes a la biomasa, como la energía nuclear, hídrica o eólica, dado que se considera que éstas no generan emisiones de gases de efecto invernadero directo.

Las emisiones en la categoría de Energía, expresadas en CO<sub>2</sub> eq., registraron un aumento de 56.5% con respecto al año base (1990), pasando de 319,173.8 Gg a 503,817.6 Gg, lo que significó una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 2.3%. El consumo de combustibles fósiles participó en 2010 con 83.5% y en 1990 con 85.4% de estas emisiones, lo que significa que emisiones fugitivas participó en 2010 con 16.5% y en 1990 con 14.6%.

La Figura III.1 muestra las emisiones de GEI derivadas del consumo de combustibles fósiles y de las emisiones fugitivas.

FIGURA III.1  
Emisiones de gases de efecto invernadero en la categoría de Energía (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



2. No se considera el sector público, puesto que sólo consume electricidad, misma que está contabilizada globalmente en el consumo de energía para su generación total.

En 2010 la principal emisión de la categoría de Energía fue el CO<sub>2</sub>, que contribuyó con 80.4% (405,130.2 Gg) del total, seguida por las emisiones de CH<sub>4</sub>, 16.9% (84,966.0 Gg de CO<sub>2</sub> eq.),<sup>3</sup> y N<sub>2</sub>O, 2.7% (13,721.4 Gg de CO<sub>2</sub> eq.) (Cuadro III.2). Las emisiones de N<sub>2</sub>O se generan princi-

palmente por el consumo de combustibles fósiles en el autotransporte. Las emisiones fugitivas derivadas de la exploración y las de CO<sub>2</sub> que resultan de la refinación de petróleo no han sido consideradas en el INEGEI debido a la falta de datos de actividad.

CUADRO III.2  
Emisiones por GEI para la categoría de Energía (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Año	Gas			Total	CO <sub>2</sub> por consumo de biomasa*
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.				
1990	269,455.3	48,133.3	1,585.3	319,173.8	33,716.1
1991	279,167.5	46,771.2	1,671.4	327,610.1	35,156.1
1992	280,415.6	45,945.8	1,677.0	328,038.4	34,621.2
1993	284,001.4	46,313.6	1,968.1	332,283.1	35,758.8
1994	309,500.1	47,575.2	2,279.9	359,355.2	34,443.1
1995	295,142.4	46,770.0	2,467.3	344,379.7	35,946.7
1996	302,594.4	52,603.0	3,045.7	358,243.1	36,032.9
1997	313,437.0	53,848.4	3,846.7	371,132.1	37,096.7
1998	332,631.7	55,911.1	4,751.4	393,294.3	37,572.7
1999	321,696.4	56,633.0	5,124.8	383,454.3	36,921.9
2000	341,863.7	56,150.1	5,891.4	403,905.3	40,078.7
2001	340,865.1	53,884.6	6,824.8	401,574.4	38,541.6
2002	345,610.2	53,081.2	7,606.0	406,297.4	38,354.1
2003	353,845.5	54,887.8	8,090.9	416,824.2	38,547.1
2004	374,622.0	54,014.3	9,680.8	438,317.1	38,687.4
2005	372,648.4	61,963.3	10,076.1	444,687.8	40,114.8
2006	380,383.8	68,631.3	11,030.5	460,045.6	38,924.2
2007	401,286.7	72,508.5	12,400.6	486,195.9	38,751.0
2008	415,243.6	81,107.6	14,253.4	510,604.6	39,003.2
2009	400,425.7	86,064.9	13,557.7	500,048.4	37,787.3
2010	405,130.2	84,966.0	13,721.5	503,817.6	37,387.2

\* Información adicional, ya que estas emisiones no se suman al INEGEI.

3. Es posible que la suma total de las cantidades no sea del 100% debido al redondeo de las cifras.

El Cuadro III.3 muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible. Como puede observarse, en 2010 el consumo de gasolina y gas natural representan la mayor contribución a las emisiones de esta categoría, 25.4% (102,755 Gg) y 31.0% (125,568 Gg), respectivamente. Les siguen en importancia el diesel y combustóleo, que aportan 14.7% (59,382 Gg) y 9.8% (39,639 Gg), respectivamente, y el restante 20% corresponde al carbón, coque de carbón, coque de petróleo, gas licuado del petróleo (GLP) y querosenos. Entre 1990 y

2010 las emisiones de CO<sub>2</sub> por gas natural se incrementaron 141.5%, mientras que las relacionadas con el consumo de carbón se incrementaron 324.4%; y las de coque de petróleo, combustible del cual se informó por primera vez en el BNE para el año 2000, crecieron 231% para 2010. El uso del combustóleo se redujo 52.8%, al igual que el de los querosenos, 25.3% en el mismo periodo. En la Figura III.2 se muestra el consumo energético y las emisiones asociadas en Gg de CO<sub>2</sub> eq.

CUADRO III.3  
Emisiones por combustible (Gg de CO<sub>2</sub>)

Combustible	1990	2010	Cambio en el periodo
	Gg de CO <sub>2</sub>		(%)
Carbón	7,050.0	29,921.5	324.4
Coque carbón*	1,154.4	3,165.0	174.2
Coque petróleo	34.9**	11,524.8	231.0
GLP	20,638.3	28,317.0	37.2
Gasolinas	62,460.4	102,754.8	64.5
Querosenos	6,504.7	4,857.6	-25.3
Diesel	35,623.5	59,381.9	66.7
Combustóleo	84,019.8	39,639.2	-52.8
Gas natural	52,004.2	125,568.3	141.5

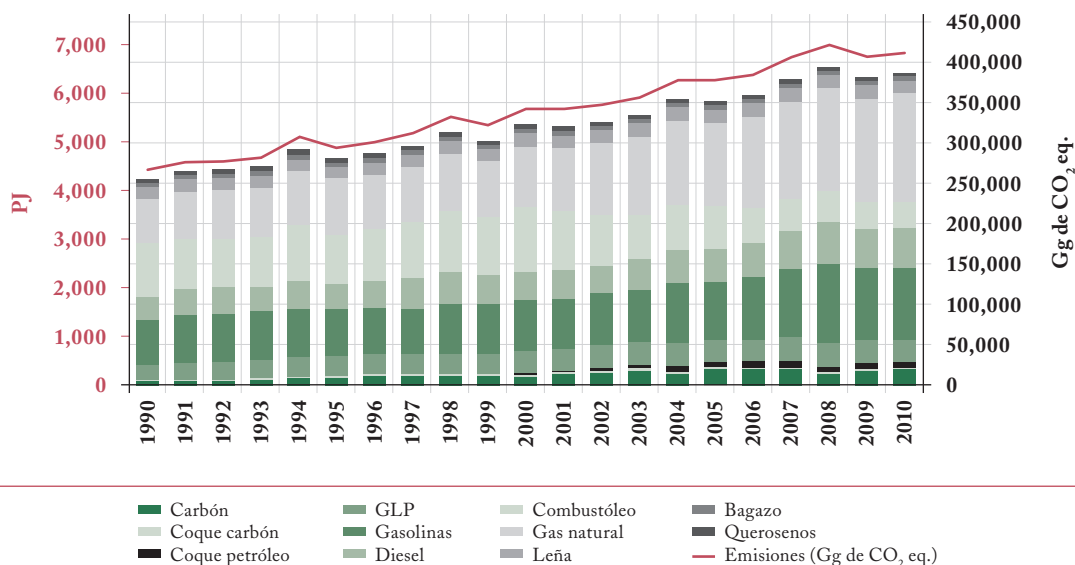
\* Se sustrajo el consumo de coque de carbón que se utiliza en la industria siderúrgica como materia prima (INEGI, varios años).

\*\* Cifras del 2000.



FIGURA III.2

Emisiones (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) asociadas al consumo de combustibles fósiles (PJ) 1990-2010



Por su parte, el consumo nacional de combustibles fósiles<sup>4</sup> creció 51.2% en el periodo 1990-2010, pasando de 4,242.9 a 6,415.9 PJ (BNE, SENER, 2002 y 2010), a una TCMA de 2.1%.

En 2010, el gas natural fue el combustible de mayor consumo, con una participación de 34.9%, seguido por la gasolina y el diesel, con 23.2% y 12.6%, respectivamente. En la figura anterior puede verse claramente la sustitución de combustóleo por gas natural, que ocurrió principalmente en la generación eléctrica.

El consumo energético por sectores ha tenido importantes cambios en el periodo (Cuadro III.4). Estos cambios ocurrieron de la manera siguiente: en el sector de las industrias energéticas (consumo propio y generación eléctrica) aumentó el uso de carbón y gas natural, mientras que el consumo de combustóleo disminuyó, y alcanzó su máximo en

el año 2000 y a partir de 2001 comenzó a descender; a esta disminución contribuyeron los sectores comercial, residencial y agropecuario, cuyo consumo representó menos de 3.2% en el periodo 1990-1998, y a partir de 1999 desapareció. Esta sustitución de combustibles obedeció a una reestructuración de la industria de la refinación de combustibles. En la manufactura e industria de la construcción, el mayor aumento en la proporción del consumo correspondió al coque de carbón y de petróleo, lo que impacta inclusive en una disminución de lo que el gas natural representa en el consumo del sector. Asimismo, en el sector industrial también se aprecia la disminución del combustóleo y un ligero aumento del bagazo. En el transporte, aun cuando no hubo grandes cambios en la estructura de los combustibles, disminuyó ligeramente la proporción del uso de gasolinás, mientras que las de GLP y diesel aumentaron. En los sectores comercial, residencial y agropecuario

4. Incluye el uso de leña y bagazo de caña (biomasa) con fines energéticos.

se incrementó ligeramente la proporción del uso de GLP y diesel. Como se verá más adelante, estos cambios en la estructura de combustibles de todos los sectores tuvieron implicaciones significativas en las emisiones de bióxido de carbono. Por último, cabe destacar que en 2010 el mayor consumidor de energía fueron las industrias energéticas,

integradas por la generación de energía y el consumo propio del sector, con 39.1%, seguida por el transporte con una participación de 34.2%, seguido por los de manufactura e industria de la construcción y comercial, residencial y agropecuario 14.7%, y 12% respectivamente (Cuadro III.4).

CUADRO III.4  
Participación porcentual de combustibles por sectores, 1990-2010

Combustible	Participación (%)		Industrias de la energía (%)		Manufactura e industria de la construcción (%)		Transporte (%)		Comercial, residencial y agropecuario (%)	
	1990	2010	1990	2010	1990	2010	1990	2010	1990	2010
Consumo energético			34.8	39.1	20.3	14.7	29.6	34.2	15.4	12.0
Carbón	1.8	5.0	5.2	12.9						
Coque carbón	1.5	1.1			1.1*	3.3*				
Coque petróleo		1.8				12.3				
GLP	7.7	7.0	1.7	0.2	1.8	4.8	1.1	1.6	45.8	46.9
Gasolinas	21.1	23.2	4.8	0.2			65.9	69.2		
Querosenos	2.1	1.1	1.1		0.3		4.5	2.9	0.1	0.2
Diesel	11.3	12.6	3.9	2.2	4.9	5.8	26.8	26.1	14.4	14.3
Combustóleo	25.7	8.0	52.9	17.8	30.8	7.0	1.7	0.2		.1
Gas natural	21.6	34.9	30.1	66.5	52.7	57.6			4.9	5.1
Leña	5.4	4.0							33.7	33.5
Bagazo	1.7	1.3			8.5	9.3				

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

\* Para el sector de manufactura e industria de la construcción se junta el consumo de carbón y coque de carbón.

Por su parte, las emisiones de bióxido de carbono se incrementaron en 50.4% y las emisiones equivalentes<sup>5</sup> de CO<sub>2</sub>, que consideran CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O, lo hicieron en 54.6%. Las emisiones de CH<sub>4</sub>, sin considerar las emisiones fugitivas, aumentaron en 20.7% y las de N<sub>2</sub>O en 765.6%

(Cuadro III.5). El incremento de este último se debió al sector transporte, ya que desde 1993 se inició una conversión tecnológica del parque vehicular que utiliza convertidores catalíticos de tres vías y que aumenta las emisiones de N<sub>2</sub>O (ver Anexos A y B).

5. En este inventario se utilizaron los potenciales de calentamiento publicados en el Segundo Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, ya que éstos siguen siendo usados por la CMNUCC. Los potenciales de calentamiento son: CO<sub>2</sub>=1, CH<sub>4</sub>=21 y N<sub>2</sub>O=310.

CUADRO III.5  
Participación porcentual de combustibles por sectores, 1990-2010

Combustible	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		Total	
	1990	2010	1990	2010	1990	2010	1990	2010
<b>1A Consumo de comb. fósiles</b>	<b>(Gg de CO<sub>2</sub> eq.)</b>							
<b>Carbón</b>	7,050.0	29,921.5	1.1	4.7	37.7	460.2	<b>7,088.8</b>	<b>30,386.5</b>
<b>Coque carbón</b>	1,154.4	3,165.0	0.2	0.5	6.2	16.9	<b>1,160.7</b>	<b>3,182.4</b>
<b>Coque petróleo</b>		11,524.8		4.0		10.7		<b>11,539.5</b>
<b>GLP</b>	20,638.3	28,317.0	19.1	41.0	61.2	84.2	<b>20,718.6</b>	<b>28,442.2</b>
<b>Gasolinas</b>	62,460.4	102,754.8	347.6	387.4	793.5	12,391.7	<b>63,601.5</b>	<b>115,534.0</b>
<b>Querosenos</b>	6,504.7	4,857.6	5.3	2.4	47.8	49.0	<b>6,557.7</b>	<b>4,909.0</b>
<b>Diesel</b>	35,623.5	59,381.9	51.4	89.5	88.9	148.5	<b>35,763.8</b>	<b>59,619.9</b>
<b>Combustóleo</b>	84,019.8	39,639.2	32.7	14.6	139.8	61.2	<b>84,192.3</b>	<b>39,715.0</b>
<b>Gas natural</b>	52,004.2	125,568.3	40.9	161.4	28.9	76.1	<b>52,074.0</b>	<b>125,805.8</b>
<b>Leña*</b>			985.6	1,089.1	291.0	321.5	<b>1,276.6</b>	<b>1,410.6</b>
<b>Bagazo*</b>			45.9	51.5	90.4	101.3	<b>136.3</b>	<b>152.8</b>
<b>Subtotal</b>	269,455.3	405,130.2	1,529.8	1,846.2	1,585.3	13,721.5	<b>272,570.3</b>	<b>420,697.9</b>

\* El bióxido de carbono por biomasa no se contabiliza, de acuerdo a las metodologías del PICC.  
Los potenciales de calentamiento utilizados corresponden a los del Segundo Informe de Evaluación del PICC, 21 para metano y 310 para el óxido nítrico.

CUADRO III.6  
Emisiones de gases de efecto invernadero por sector (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Sector	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		Total	
	1990	2010	1990	2010	1990	2010	1990	2010
	(Gg de CO <sub>2</sub> eq.)							
Consumo propio	37,140.0	47,359.0	26.4	27.7	62.4	45.2	37,228.8	47,431.9
Generación eléctrica	66,719.2	114,873.4	32.0	136.3	105.4	527.7	66,856.6	115,537.4
Manufactura e industria de la construcción	50,681.2	56,488.6	71.4	78.5	168.7	173.7	50,921.3	56,740.8
Transporte	87,872.5	153,384.5	388.4	469.7	888.4	12,557.8	89,149.3	166,412.0
Comercial	3,718.7	4,809.7	5.2	13.8	6.8	19.1	3,730.6	4,842.6
Residencial	18,339.7	19,986.7	992.2	1,096.5	340.8	377.0	19,672.7	21,460.1
Agropecuario	4,984.0	8,228.3	14.4	23.8	12.7	21.0	5,011.1	8,273.1
<b>Subtotal</b>	<b>269,455.3</b>	<b>405,130.2</b>	<b>1,529.8</b>	<b>1,846.2</b>	<b>1,585.3</b>	<b>13,721.5</b>	<b>272,570.3</b>	<b>420,697.9</b>
<b>1B Emisiones fugitivas</b>	(Gg de CO <sub>2</sub> eq.)							
Minas de carbón	N.E.	N.E.	2,366.8	6,556.9			2,366.9	6,556.9
Petróleo y gas natural	N.E.	N.E.	44,236.7	76,562.9			44,236.7	76,562.9
<b>Subtotal</b>			<b>46,603.5</b>	<b>83,119.8</b>			<b>46,603.5</b>	<b>83,119.8</b>

N.E.: No estimado

## III.2 COMPARACIÓN DEL MÉTODO DE REFERENCIA CON EL MÉTODO SECTORIAL

Las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles pueden estimarse mediante dos métodos de Nivel 1. Uno de ellos es el *método de referencia*, que utiliza el consumo aparente de combustibles

fósiles en el país. El otro es el *método sectorial*, que emplea el consumo de combustibles por sector.

El método de referencia de las directrices del PICC se realiza de acuerdo a la siguiente ecuación:

ECUACIÓN A

$$\text{Consumo de energía} = \text{Producción} + \text{Importación} - \text{Exportación} - \text{Bunkers Internacionales} - \text{Variación de Inventarios}$$

Debe mencionarse que la exportación de combustibles incluye los combustibles propiamente exportados más el combustible que se envía al exterior para ser maquilado, es decir, petróleo crudo enviado a refinerías estadounidenses que regresa a nuestro país en forma de combustibles secundarios, gasolina y diesel, principalmente. Estos combustibles maquilados se adicionan al rubro de importación de energía.

El carbón, por su parte, se divide en carbón de coque (coquizable) y carbón térmico, como aparece en el BNE.

El consumo de combustible de acuerdo al método de referencia se muestra en el Cuadro III.7. Este cuadro también presenta el consumo de energía utilizando el método sectorial, así como una comparación entre ambos.

Como puede observarse en el cuadro, existe una diferencia en el consumo de energía entre ambos métodos; en el método sectorial, el consumo de energía por lo general es inferior en un 1.5% hasta un -10.4% con respecto al consumo de energía que se registra en el método de referencia. Esto se debe en parte a que el método de referencia utiliza

energía primaria mientras que el sectorial utiliza energía secundaria, y existe una pérdida en la transformación de combustibles primarios a secundarios. Por otro lado, las diferencias consistentes entre las estimaciones realizadas entre un método y otro indican que uno de los métodos subestima o sobreestima sistemáticamente el consumo de energía. La *Guía de las Buenas Prácticas* (GBP) del PICC recomienda consultar con las autoridades nacionales acerca de cuál de los dos métodos permite evaluar de manera más exhaustiva y exacta el consumo total de cada combustible, a fin de aplicar ese método.

Debido a lo anterior, las emisiones de bióxido de carbono entre ambos métodos, que se muestran en el Cuadro III.7, también resultan ser significativamente diferentes, con diferencias entre -5.5% y 7.7% inferiores en el método sectorial cuando se comparan con los del método de referencia.

CUADRO III.7

Comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los métodos de referencia y sectorial (Gg)

Año	Método de referencia	Método sectorial	Diferencia	Diferencia (%)
	(Gg)			
1990	254,670.61	269,455.28	-14,784.66	-5.5
1991	272,468.22	279,167.54	-6,699.32	-2.4
1992	269,259.33	280,415.55	-11,156.22	-4.0
1993	277,288.99	284,001.41	-6,712.43	-2.4
1994	299,475.83	309,500.06	-10,024.23	-3.2
1995	282,053.88	295,142.36	-13,088.48	-4.4
1996	290,392.35	302,594.40	-12,202.05	-4.0
1997	312,562.08	313,436.96	-874.88	-0.3
1998	328,813.82	332,631.75	-3,817.92	-1.1
1999	322,566.01	321,696.43	869.58	0.3
2000	352,520.11	341,863.75	10,656.37	3.1
2001	355,644.74	340,865.07	14,779.67	4.3
2002	349,897.70	345,610.24	4,287.46	1.2
2003	363,415.09	353,845.46	9,569.62	2.7
2004	380,393.85	374,622.00	5,771.86	1.5
2005	401,187.52	372,648.43	28,539.09	7.7
2006	403,526.35	380,383.75	23,142.60	6.1
2007	417,142.01	401,286.72	15,855.30	4.0
2008	429,220.20	415,243.57	13,976.63	3.4
2009	416,956.79	400,425.73	16,531.06	4.1
2010	419,346.33	405,130.19	14,216.14	3.5

\*TCMA: Tasa de Crecimiento Media Anual.

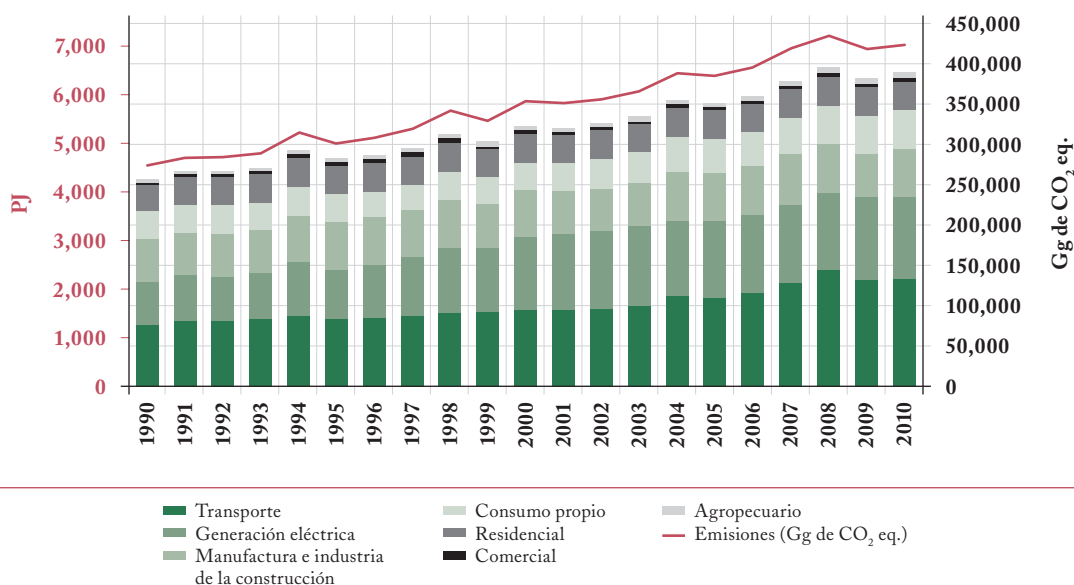
Es posible que la suma total de las cantidades no sea de 100% debido al redondeo de las cifras.

### III.3 CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES (1A)

El consumo de combustibles fósiles está constituido por la suma de los consumos en las industrias energéticas; la manufactura y la industria de la construcción; el transporte, y otros sectores (comercial, residencial y agropecuario). Esta subcategoría sólo considera las actividades en donde se realiza la combustión de los combustibles con fines energéticos. No se considera el consumo eléctrico en cada sector (ya que las emisiones se contabilizan en la generación) ni la generación de energía por medio de otras fuentes renovables de energía diferentes a la biomasa.

El consumo energético creció 51.22% entre 1990 y 2010 (según cifras de los BNE 2002 y 2010). Los grandes cambios en la estructura del consumo de combustibles (Figura III.3) ocurrieron en el sector de las industrias energéticas (consumo propio y generación eléctrica), donde aumentó el uso de carbón y gas natural y disminuyó el de combustóleo, que alcanzó su máximo en el 2000 y a partir de 2001 comenzó a descender; a esta disminución contribuyeron los sectores comercial, residencial y agropecuario, cuyo consumo representó menos de 3.2% en el periodo 1990-1998 y desapareció a partir de 1999.

FIGURA III.3  
Emisiones (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) por sector, asociadas al consumo de combustibles fósiles (PJ)



Para 2010 las emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq. generadas en la categoría de Energía provinieron del transporte (1A3), que contribuyó con 33.0% (166,412.0 Gg), la industria generadora de energía (1A1), 32.3% (162,969.2 Gg);

manufactura e industria de la construcción (1A2), 11.3% (56,740.8 Gg); emisiones fugitivas (1B), 16.5% (83,119.8 Gg), y otros sectores (1A4) (comercial, residencial y agropecuario), 6.9% (34,575.8 Gg).

A nivel de la categoría de energía, las emisiones correspondientes al consumo de combustibles fósiles en CO<sub>2</sub> eq. presentan variación en su contribución en 2010 con respecto a 1990 (Cuadro III.8). Con respecto a la subcategoría de consumo de combustibles fósiles, el transporte aumentó de 32.7% (89,149.3 Gg) a 39.6% (166,412.0 Gg), y la industria de la energía, la de generación eléctrica aumentó de 24.5% (66,856.6 Gg) a 27.5%

(115,537.4 Gg). Por otra parte, la participación de las emisiones provenientes de la manufactura e industria de la construcción se redujo de 18.7% (50,921.3 Gg) a 13.5% (56,740.8 Gg), la de otros sectores, de 10.4% (28,414.4 Gg) a 8.2% (34,575.8 Gg), y las de consumo propio dentro de la industria de la energía, de 13.7% (37,228.8 Gg) a 11.3% (47,431.9 Gg).

CUADRO III.8  
Emisiones por sector (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Sector	Emisiones		Contribución		TCMA*
	1990	2010	1990	2010	
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.		%		
<b>1A Consumo de combustibles fósiles</b>					
Consumo propio	37,228.8	47,431.9	11.7	9.4	1.2
Generación eléctrica	66,856.6	115,537.4	20.9	22.9	2.8
Manufactura e industria de la construcción	50,921.3	56,740.8	16.0	11.3	0.5
Transporte	89,149.3	166,412.0	27.9	33.0	3.2
Comercial	3,730.6	4,842.6	1.2	1.0	1.3
Residencial	19,672.7	21,460.1	6.2	4.3	0.4
Agropecuario	5,011.1	8,273.1	1.6	1.6	2.5
Subtotal	272,570.3	424,307.0	85.4	83.5	2.2
<b>1B Emisiones fugitivas</b>					
Minado y manejo del carbón	2,366.8	6,556.9	0.7	1.3	5.2
Industria del petróleo y gas	44,236.7	76,562.9	13.9	15.2	2.8
Subtotal	46,603.5	83,119.8	14.6	16.5	2.9
<b>Total</b>	<b>319,173.8</b>	<b>503,817.6</b>			<b>2.3</b>

\*TCMA: Tasa de Crecimiento Media Anual.

Es posible que la suma total de las cantidades no sea de 100% debido al redondeo de las cifras.



### ■ III.3.1 INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA (1A1)

Esta subcategoría incluye el consumo propio del sector energético (es decir, el consumo de PEMEX) y la generación de electricidad (CFE). El consumo propio registró un aumento en la demanda de combustibles fósiles del 36.42% en el periodo 1990-2010, registrando en 2010 el valor máxi-

mo histórico (805.79 PJ). La TCMA de 1.65% muestra un crecimiento sumamente moderado, que pudiese implicar un aumento en la eficiencia del consumo, pero también una disminución en su actividad productiva, o ambas.

CUADRO III.9  
Capacidad instalada y generación bruta del Sistema Eléctrico Nacional  
(CFE y productores independientes)

Año	Capacidad (MW)	Generación (TWh)
1990	25,299	114.2
1991	26,797	118.4
1992	27,067	121.7
1993	29,204	126.6
1994	31,649	137.5
1995	33,037	142.3
1996	34,791	151.9
1997	34,815	161.4
1998	35,256	171.0
1999	35,667	180.9
2000	36,697	192.7
2001	38,519	197.2
2002	41,177	201.3
2003	44,554	203.7
2004	46,552	208.6
2005	46,534	219.0
2006	48,897	225.1
2007	51,029	232.6
2008	51,105	235.9
2009	51,686	235.1
2010	52,567	241.5

**Fuente:** Elaboración a partir de datos del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010)  
Periodo 1990-1999, Balance Nacional de Energía 2002, p. 187.  
Periodo 2000-2010, Balance Nacional de Energía 2010, p. 118.

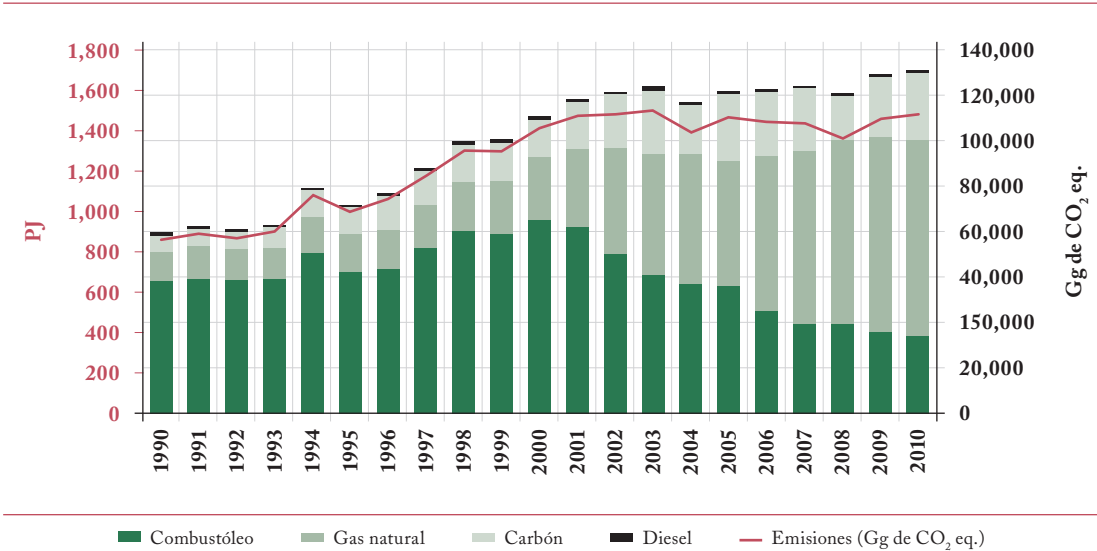
**Nota:** No incluye autoabastecimiento, cogeneración y otras modalidades del Servicio No Público diferentes a los productores independientes.

En contraste, el consumo de combustibles para la generación de electricidad tuvo un aumento de 90% en todo el periodo. De acuerdo con información de la CFE (1997, 2007), la capacidad instalada y la generación bruta, que incluye a la CFE y productores independientes, se incrementaron en 108% y 111%, respectivamente en el periodo de estudio (1990-2010) (Cuadro III.9). Cabe resaltar que en las fuentes consultadas no se reporta la generación de energía eléctrica destinada al Servicio No Público, información que maneja la Comisión Reguladora de Energía, por lo que es de suma importancia considerar todas las actividades de esta modalidad: autoabastecedores, cogeneración, exportación, importación y pequeña producción para la mejora del INEGEI.

Las emisiones por la generación de electricidad tuvieron en el periodo 1990-2010 una TCMA de 2.8%, que representó un crecimiento de 72.8% con respecto a 1990, al pasar de 66,856.6 a 115,537.4 Gg de CO<sub>2</sub> eq. En este sector, en 2010 la participación en las emisiones generadas por el uso de combustibles fue la siguiente: gas natural, 47.7% (55,140.2 Gg); combustóleo, 25% (28,928.5 Gg); carbón, 26.3% (30,386.5 Gg), y diesel, 0.9% (1,082.2 Gg) (Figura III.4).

De acuerdo con información de la SENER (SENER, 2003 y 2011), entre 1991 y 2010 la capacidad instalada y la generación bruta del Sistema Eléctrico Nacional se incrementaron en 107.8% y 112% (SENER, 2011a), respectivamente, como resultado de la inversión en sistemas duales y de ciclo combinado, además de la entrada de productores independientes de energía, entre otros factores. La TCMA de las emisiones fue 2.8%, mientras que para la capacidad instalada fue 3.7% y para la generación bruta, 3.8%.

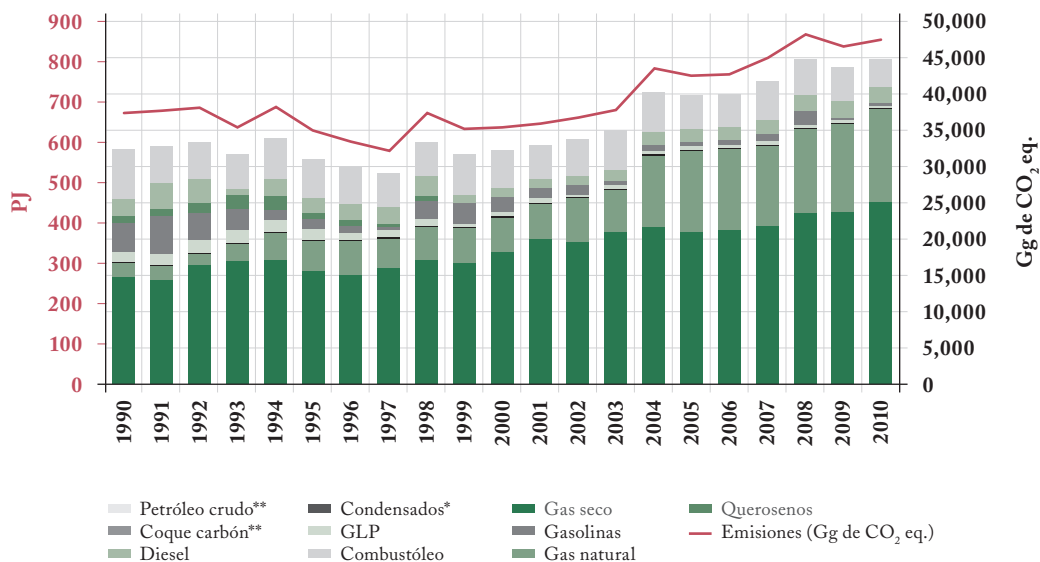
FIGURA III.4  
Consumo energético (PJ) de la generación de electricidad y la tendencia de emisiones (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



En cuanto al consumo propio, las emisiones aumentaron 27.4% con respecto a 1990, pasando de 37,228.8 a 47,431.9 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 2010, aunque el consumo propio del sector registró en el

periodo un aumento de 38.7% en la demanda de combustibles fósiles; la TCMA fue de 1.2% (Figura III.5).

FIGURA III.5  
Consumo propio de energía (PJ) y la tendencia de emisiones (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



\* **Gas seco:** Hidrocarburo gaseoso obtenido como subproducto del gas natural en refinerías y plantas de gas, después de extraer los licuables; se compone por CH<sub>4</sub> y pequeñas cantidades de etano (SENER, 2011).  
 \*\*: Contribución < 1%.

Las emisiones desagregadas por gas en el periodo 1990-2010 para el consumo propio tuvieron los registros siguientes: el CO<sub>2</sub> pasó de 37,140.0 a 47,359.0 Gg de CO<sub>2</sub> eq., lo que significó un aumento de 27.5%; el CH<sub>4</sub> pasó de 26.4 a 27.7 Gg de CO<sub>2</sub> eq., que representó un aumento del 5%, y el N<sub>2</sub>O disminuyó de 62.4 a 45.2 Gg de CO<sub>2</sub> eq., que significó un descenso de 27.5%.

Para la generación de energía, en el mismo periodo, el CO<sub>2</sub> aumentó de 66,719.0 a 114,873.4 Gg de CO<sub>2</sub> eq., mientras que el CH<sub>4</sub> pasó de 32.0 a 136.0 Gg de CO<sub>2</sub> eq., lo que representaron aumentos de 72.2% y 326.1%, respectivamente. El N<sub>2</sub>O aumentó de 105.4 a 527.7 Gg de CO<sub>2</sub> eq., que significó un incremento de 400.5%.

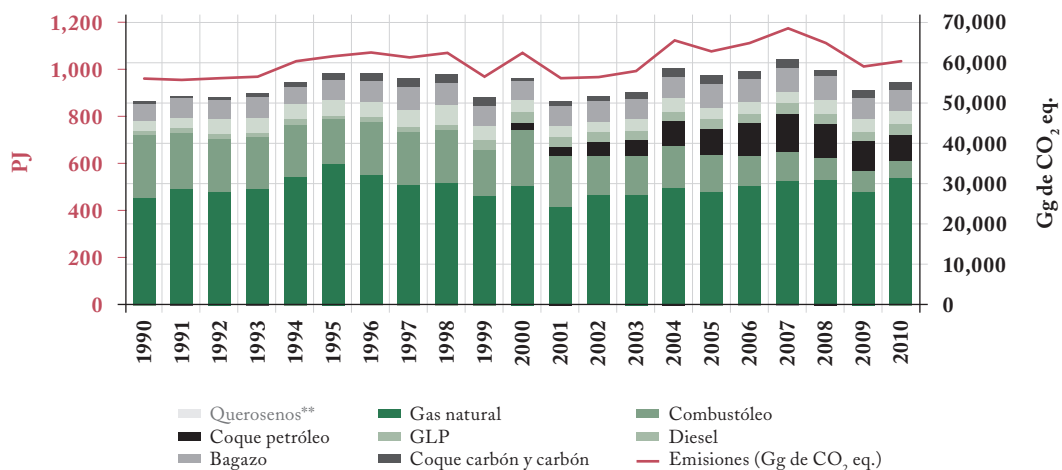
### III.3.2 MANUFACTURA E INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2)

El Balance Nacional de Energía incluye en este sector a la manufactura, la minería y la construcción. Además, desagrega el sector manufacturero en 15 sub-ramas: siderurgia, química, azúcar, petroquímica PEMEX, cemento, celulosa y papel, vidrio, cerveza y malta, fertilizantes, automotriz, aguas envasadas, hule, aluminio, tabaco y otras ramas.

Como lo sugiere la metodología del PICC (1996) y de acuerdo con la información disponible, los resultados se presentan bajo la agregación siguiente: industria siderúrgica, metales no ferrosos (aluminio), industria química (química, petroquímica y fertilizantes), celulosa y papel, procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco (azúcar, aguas envasadas, cerveza y malta y aguas envasadas), cemento (que por su importancia se presenta de forma individual) y otros (que incluye otras industrias manufactureras, de construcción y minería).

Las emisiones en CO<sub>2</sub> eq. por consumo de combustibles fósiles en el sector de manufactura e industria de la construcción en 2010 fueron de 56,740.8 Gg; su crecimiento con respecto a 1990 (50,921.3 Gg) fue de 11.4% y su TCMA de 0.5%. La contribución a las emisiones por rama industrial en 2010 fue: hierro y acero, 13.7% (7,797.9 Gg); industria química, 16.8% (9,559.1 Gg); cemento, 16.7% (9,456.9 Gg); pulpa, papel e impresión, 4.3% (2,496.4 Gg); procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, 4.3% (2,428.8 Gg); metales no ferrosos, 0.1% (70.2 Gg), y otras ramas de la industria menos intensivas en consumo de energía, 43.9% (24,931.5 Gg) (Figura III.6).

FIGURA III.6  
Consumo energético (PJ) de la manufactura e industria de la construcción y la tendencia de emisiones (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

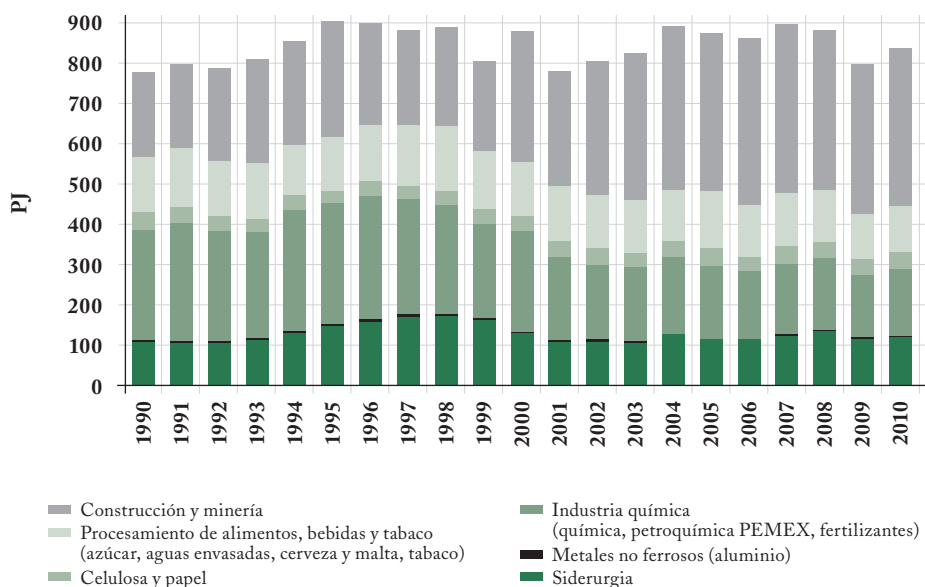


\*\* : Consumo < 0.1%.

Como puede observarse en la Figura III.7, el comportamiento del consumo energético no tiene una tendencia clara. Si bien todas las ramas muestran un comportamiento similar, la rama de construcción y minería tiene una tendencia muy diferente a las otras; esto se observa claramente en 2001,

año en el que esta rama presenta un crecimiento que llegara a 37.6% para 2010. El subsector de cemento, por su parte, también muestra un dinamismo de crecimiento en la última década de 20.8% (2000-2010).

FIGURA III.7  
Consumo de combustibles fósiles y biomasa por sub-sectores industriales (PJ)

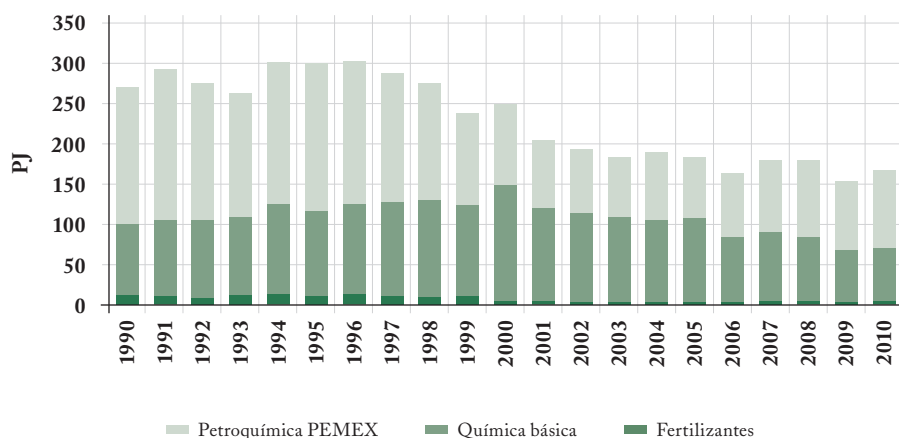


Fuente: Elaboración a partir de datos del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).  
 Periodo 1990-1999, Balance Nacional de Energía 2002, pp. 157-160.  
 Periodo 2000-2010, Balance Nacional de Energía 2010, pp. 104-109.

El consumo energético de la industria de la manufactura y construcción en 1990 fue de 860.32 PJ y en 2010 de 941.63 PJ, registrando un aumento de 5.6% en el periodo, con una TCMA de 0.5%.

De acuerdo a la Figura III.8 observamos que una de las principales ramas de la industria que afectó el consumo de combustibles fue la química, que presentó una caída de 38.6% del consumo energético en el periodo de 1990 a 2010. Esto obedeció principalmente a la disminución del consumo de energía en la rama petroquímica (43.9%), química (23.7%) y de fertilizantes (72.7%), como puede observarse en la Figura III.8.

FIGURA III.8  
Consumo energético en industria química (PJ)



Fuente: Elaboración a partir de datos del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).  
Período 1990-1999, Balance Nacional de Energía 2002, pp. 157-158.  
Período 2000-2010, Balance Nacional de Energía 2010, pp. 105-108.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> para el periodo 1990 a 2010 pasaron de 50,681.2 a 56,488.6 Gg de CO<sub>2</sub> eq., lo que representó un aumento de 11.5% en el periodo; en cuanto al CH<sub>4</sub>, éste aumentó 10.1%

al pasar de 71.4 a 78.5 Gg de CO<sub>2</sub> eq. En el mismo periodo, el N<sub>2</sub>O se incrementó de 168.7 a 173.7 Gg de CO<sub>2</sub> eq., un aumento de 2.9%.

### III.3.3 TRANSPORTE (1A3)

En 2010 el transporte fue el mayor consumidor de combustibles en México. La demanda de este sector creció 74.9% durante todo el periodo 1990-2010 y representó 34.2% del consumo final de energía. Para 2010, el autotransporte alcanzó 93.3% del consumo total del sector, seguido por la aviación nacional (3.7%), el transporte marítimo (1.6%) y el ferroviario nacional (1.4%). El crecimiento del consumo de combustibles para transporte terrestre (autotransporte) fue de 80.5%, el de la aviación nacional de 18.3%, el marítimo de 30.7% y el ferroviario cayó 1%.

Las emisiones totales de GEI en CO<sub>2</sub> eq. del sector transporte registraron en el periodo una TCMA de 3.2%, y en 2010 fueron de 166,412.0 Gg. La contribución por modalidad fue: automotor, 94.5% (157,242.4 Gg); aéreo, 2.9% (4,886.5 Gg); marítimo, 1.4% (2,341.0 Gg), y ferroviario, 1.2% (1,942.0 Gg) (Cuadro III.10).

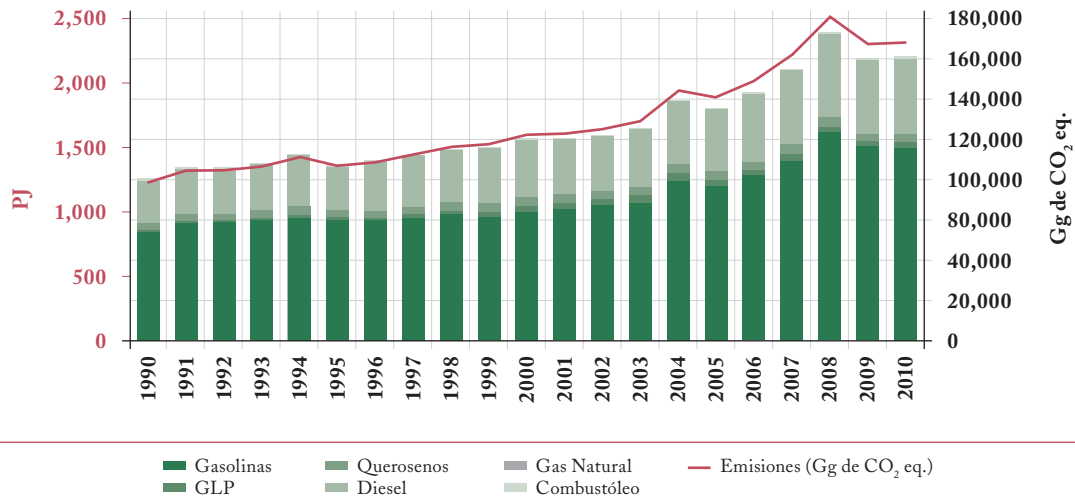
En cuanto a consumo de combustibles, la gasolina aportó 69.2% (115,158.7 Gg) de las emisiones; el diesel, 26.1% (43,466.9 Gg); los querosenos, 2.9% (4,822.1 Gg); el GLP, 1.6% (2,579.7 Gg), y el restante 0.2% (384.5 Gg) provino del combustóleo y el gas natural (Figura III.9).

CUADRO III.10  
Emisiones del sector transporte (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Año	Aviación	Autotransporte	Ferrovionario	Marítimo	Total
1990	4,140.4	81,203.1	1,961.8	1,843.9	89,149.3
1991	4,393.3	87,036.0	1,642.1	2,114.4	95,185.8
1992	4,000.6	88,142.0	1,655.6	1,190.4	94,988.4
1993	4,309.8	90,444.8	1,674.0	970.5	97,399.1
1994	4,905.8	93,633.2	1,884.9	1,849.2	102,273.1
1995	4,765.1	89,377.4	1,662.6	1,692.5	97,497.7
1996	4,310.8	91,437.4	1,780.9	1,744.7	99,273.7
1997	4,378.8	95,527.1	2,048.8	1,890.9	103,845.6
1998	4,748.3	98,951.0	1,711.1	2,346.4	107,756.9
1999	5,173.3	99,237.1	1,609.9	3,527.5	109,547.7
2000	5,233.9	103,968.2	1,660.1	3,972.5	114,834.6
2001	5,307.5	105,623.2	1,521.7	3,200.1	115,652.5
2002	5,071.6	108,992.4	1,565.8	2,300.6	117,930.3
2003	4,998.4	113,179.2	1,609.3	2,351.1	122,137.9
2004	5,199.9	129,764.9	1,789.6	2,319.0	139,073.4
2005	5,067.0	126,594.4	1,722.6	2,385.4	135,769.6
2006	5,441.5	134,969.3	1,834.5	2,445.6	144,691.0
2007	6,362.9	148,462.4	1,938.3	2,615.2	159,378.9
2008	5,878.6	169,379.1	1,927.3	3,158.7	180,343.8
2009	4,900.9	156,294.9	1,749.1	2,229.1	165,174.1
2010	4,886.5	157,242.4	1,942.0	2,341.0	166,412.0
TCMA	0.8%	3.4%	-0.1%	1.2%	3.2%

FIGURA III.9

Consumo energético (PJ) del sector transporte y la tendencia de emisiones (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



Las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector transporte crecieron significativamente en el periodo de 1990-2010 al pasar de 87,872.5 a 153,384.5 Gg de CO<sub>2</sub>, lo que significó un aumento de 74.6%. Las

emisiones de CH<sub>4</sub> pasaron de 388.4 a 469.7 Gg de CO<sub>2</sub> eq., lo que representó un aumento de 20.9%. Por último, el N<sub>2</sub>O pasó de 888.4 a 12,557.8, alcanzando un aumento de 1,313.6 %.

### III.3.4 SECTORES COMERCIAL (1A4a), RESIDENCIAL (1A4b) Y AGROPECUARIO (1A4c)

El consumo energético total del sector residencial creció 9.7% y el de combustibles fósiles creció 9.1% en el periodo de análisis (Figura III.10), lo que representó una tasa de crecimiento media anual de 0.5%. Los porcentajes de crecimiento pueden explicarse por el incremento en el número de aparatos electrodomésticos utilizados en este sector, mientras que el reducido incremento anual se debió al aumento en la eficiencia energética de los equipos.

En el Anexo B se explica la metodología utilizada para la estimación del consumo de combustibles por usos finales para el GLP y el gas natural. Se consideran solamente la cocción de alimentos y el calentamiento de agua como usos finales de la

energía residencial. El resultado de la saturación de aparatos electrodomésticos fue estimado tomando en cuenta información de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) del INEGI, 1996 a 2008, así como del BNE (SENER, 2002 y 2010).

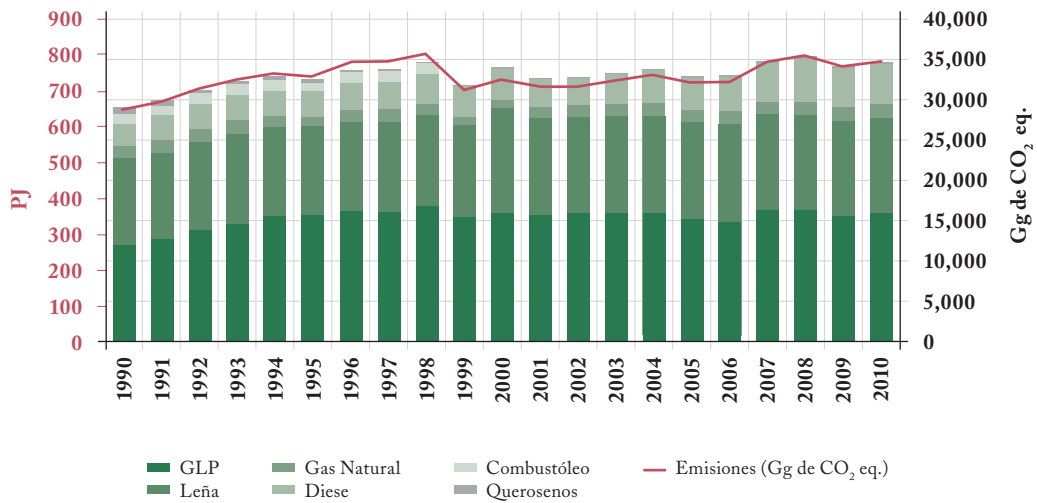
El consumo de combustibles del sector comercial y del agropecuario se presenta agregado, ya que existe muy poca información disponible para poder hacer una mayor desagregación de estos sectores. Sin embargo, es claro que la eliminación del uso de combustóleo como energético para el sector comercial fue sustituido por GLP, que tuvo una TCMA de 6.0%, mientras que la del diesel fue de 5.4%, y en menor medida por gas natural que



registró un incremento de 2006 a la fecha, disminuyendo el GLP y manteniéndose el porcentaje del diesel. En el sector agropecuario, la mayor parte del consumo de combustibles de 1990 a 2010 se sustenta en diesel, que en promedio tuvo una participación de 92.6%, y en cuanto al GLP su participación promedio fue de 5.1%.

Las emisiones en CO<sub>2</sub> eq. de esta subcategoría fueron de 34,575.8 Gg en 2010. El sector residencial contribuyó con 62.1% (21,460.1 Gg), seguido por el agropecuario con 23.9% (8,273.1 Gg) y el comercial con 14% (4,842.6 Gg). Respecto a la categoría de Energía, la participación porcentual de estos sectores fue: residencial, 5.1%; agropecuario, 1.9%; y comercial, 1.1%; sus respectivas TCMA fueron: 0.4%, 2.5% y 1.3% (Figura III.11).

FIGURA III.11  
Consumo energético (PJ) por combustible de otros sectores\*  
y la tendencia de emisiones (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

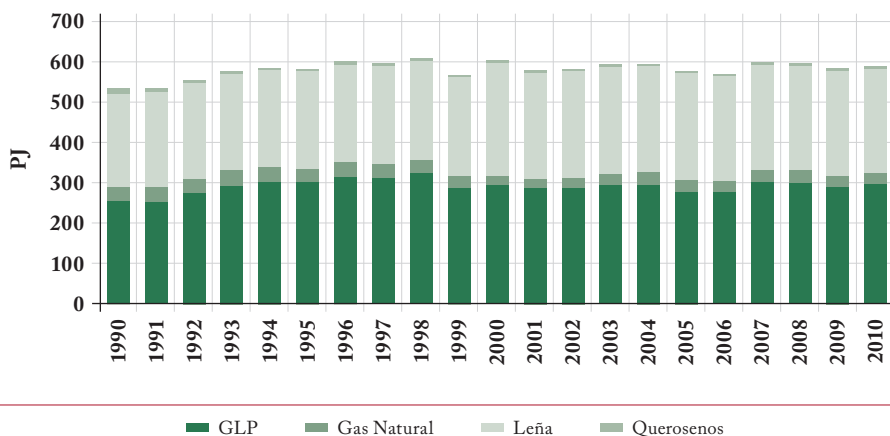


\* Comercial, residencial y agropecuario.

Estos sectores representaron en conjunto 11.9% del consumo de combustibles de 2010. Sin embargo, si solamente se toma en cuenta el consumo de

combustibles fósiles, es decir, si se resta el consumo de leña del sector residencial, la participación en el consumo se reduce a 7.9% (Figura III.12).

FIGURA III.12  
Consumo de combustibles del sector residencial (PJ)



En el sector comercial las emisiones de CO<sub>2</sub>, para el periodo 1990-2010, pasaron de 3,718.7 a 4,809.7 Gg de CO<sub>2</sub> eq., el CH<sub>4</sub> pasó de 5.2 a 13.8 Gg de CO<sub>2</sub> eq y el N<sub>2</sub>O de 6.8 a 19.1 Gg de CO<sub>2</sub> eq. Los aumentos respectivos fueron de 29.3%, 166.7% y 181.0%. En el sector residencial el CO<sub>2</sub> pasó de 18,339.7 a 19,986.7 Gg de CO<sub>2</sub> eq., el CH<sub>4</sub> de 992.2 a 1,096.5 Gg de CO<sub>2</sub> eq. y el N<sub>2</sub>O de 340.8 a 377.0 Gg de CO<sub>2</sub> eq. Los aumentos fueron de 9%, 10.5% y 10.6% respectivamente.

En el sector agropecuario las emisiones de CO<sub>2</sub> pasaron de 269,455.3 a 405,130.2 Gg de CO<sub>2</sub> eq., el CH<sub>4</sub> pasó de 14.4 a 23.8 Gg de CO<sub>2</sub> eq. y el N<sub>2</sub>O de 12.7 a 21.0 Gg de CO<sub>2</sub> eq. Los aumentos porcentuales respectivos fueron de 65.1%, 65.3% y 65.3%.

### III.4 EMISIONES FUGITIVAS (1B) DE METANO EN MINAS DE CARBÓN Y EN PETRÓLEO Y GAS NATURAL

Las emisiones de la subcategoría de emisiones fugitivas de metano para el periodo 1990-2010 tuvieron un crecimiento de 78.4%, equivalente a una TCMA de 2.9%, al pasar de 46,603.5 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 1990 a 83,119.8 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 2010. En este último año, la participación de las

actividades de la industria de petróleo y gas<sup>6</sup> fue 92.1% (76,562.9 Gg) y la del proceso de minado y manejo del carbón, 7.9% (6,556.9 Gg), mientras que en 1990 sus respectivas contribuciones fueron de 94.9% y 5.1% (Cuadro III.11).

6. Las actividades de petróleo comprenden producción, transporte, refinación y almacenamiento. Las actividades de gas comprenden producción, procesamiento, transporte y distribución, más fugas industriales, venteo y quema en antorcha.

CUADRO III.11  
Emisiones por sector (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Sector	Emisiones		Contribución		TCMA*
	1990	2010	1990	2010	
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.		%		
<b>1B Emisiones fugitivas</b>					
Minado y manejo del carbón	2,366.8	6,556.9	5.0	7.9	5.2
Industria del petróleo y gas	44,236.7	76,562.9	95.0	92.1	2.8
<b>Total</b>	<b>46,603.5</b>	<b>83,119.8</b>			<b>2.9</b>

\*TCMA: Tasa de Crecimiento Media Anual.

Es posible que la suma total de las cantidades no sea de 100% debido al redondeo de las cifras.

La extracción y uso de combustible fósiles produce una liberación de combustibles gaseosos y componentes volátiles. La metodología usada para la estimación de estas emisiones, principalmente metano, se presenta en el Anexo B y se limita a las actividades que ocurren únicamente dentro de las industrias de la energía. La metodología empleada en el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero es la descrita en las directrices del PICC 1996, con ayuda de la Guía de las Buenas Prácticas del PICC. Las estimaciones se realizaron para el periodo 1990-2010, considerando únicamente la contribución por metano.

También se calcularon las emisiones fugitivas para las actividades de minado de carbón y las correspondientes a la extracción de petróleo y gas. Se cubrieron todas las fuentes posibles de estas emisiones: extracción y actividades posteriores en minas subterráneas y superficiales para el caso del carbón; producción, transporte, refinación y almacenamiento para el caso del petróleo, y producción, procesamiento, transmisión, distribución, fugas industriales, residenciales y comerciales, así como venteo y quema en antorcha, para el caso de gas natural.

### ■ III.4.1 MINAS DE CARBÓN (1B1)

A continuación se describen las emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero que ocurren durante la producción, procesamiento, manejo y utilización de carbón. Se incluyen las emisiones intencionales y no intencionales de gases durante el minado de carbón. Cabe señalar que el componente principal de estas emisiones es el metano (CH<sub>4</sub>), por lo que este apartado se centra en las emisiones de este gas.

El proceso de formación de carbón genera metano y otros compuestos. El metano permanece almacenado en el carbón hasta que la presión sobre el mismo se reduce, ya sea por erosión de los estratos que lo cubren o por el proceso de explotación del carbón. La cantidad de carbón generado durante el proceso de minado depende del tipo de carbón, profundidad, contenido de gas y métodos de extracción, entre otros factores. La profundidad es importante porque afecta la presión y temperatura de la veta de carbón, que a su vez influye en

la cantidad de metano generado durante la formación del carbón. Por tanto, las emisiones de metano dependen del método de extracción de carbón, ya sea a través de minas subterráneas o a cielo abierto.

En minas subterráneas, el carbón se libera por ventilación de grandes cantidades de aire expulsado a la atmósfera. Cuando existen sistemas de recuperación de metano, este gas puede usarse como fuente de energía o liberarse a la atmósfera.

En minas a cielo abierto, el carbón se encuentra a muy baja profundidad o está expuesto a la atmósfera. Debido a esto, la presión sobre el carbón es menor y su contenido de carbón es mucho menor que el de las minas subterráneas.

Parte del metano que se emite del minado del carbón proviene de actividades posteriores a la extracción, tales como su procesamiento, transportación y uso.

La estimación de las emisiones fugitivas de metano debe hacerse para las tres fuentes que se acaban de mencionar.

Las emisiones de metano del minado de carbón en gigagramos de bióxido de carbono equivalente se muestran en el Cuadro III.12, donde puede observarse que la mayor contribución a las emisiones es por las minas subterráneas; la TCMA en el periodo fue de 5.2%.

CUADRO III.12  
Emisiones fugitivas de metano del minado y manipulación del carbón (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Año	Minas subterráneas			Minas a cielo abierto			Total
	Actividades de extracción	Actividades posteriores	Subtotal	Actividades de extracción	Actividades posteriores	Subtotal	
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.						
1990	2,049.1	286.9	2,336.0	28.5	2.4	30.9	2,366.8
1991	1,837.3	257.2	2,094.6	32.9	2.7	35.6	2,130.2
1992	1,643.8	230.1	1,873.9	34.2	2.8	37.0	1,910.9
1993	1,953.1	273.4	2,226.5	38.6	3.2	41.8	2,268.3
1994	2,072.9	290.2	2,363.1	42.6	3.5	46.2	2,409.2
1995	2,057.0	288.0	2,345.0	48.6	4.0	52.7	2,397.6
1996	2,536.3	355.1	2,891.3	58.2	4.8	63.0	2,954.4
1997	2,318.4	324.6	2,643.0	55.6	4.6	60.2	2,703.2
1998	2,305.3	322.7	2,628.0	51.1	4.3	55.4	2,683.4
1999	2,432.9	340.6	2,773.6	57.8	4.8	62.6	2,836.1
2000	2,738.3	383.4	3,121.6	53.4	4.4	57.9	3,179.5
2001	2,315.2	324.1	2,639.4	46.8	3.9	50.7	2,690.1
2002	2,186.9	306.2	2,493.1	42.6	3.5	46.2	2,539.2

CUADRO III.12 (CONTINÚA)

Emisiones fugitivas de metano del minado y manipulación del carbón (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Año	Minas subterráneas			Minas a cielo abierto			Total
	Actividades de extracción	Actividades posteriores	Subtotal	Actividades de extracción	Actividades posteriores	Subtotal	
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.						
2003	2,601.6	364.2	2,965.8	44.1	3.7	47.8	3,013.6
2004	2,264.8	317.1	2,581.9	38.4	3.2	41.6	2,623.5
2005	2,194.2	307.3	2,501.3	47.9	4.0	51.9	2,553.3
2006	2,032.0	284.5	2,316.5	44.4	3.7	48.1	2,364.6
2007	2,224.4	311.4	2,535.9	48.2	4.0	52.2	2,588.0
2008	2,889.0	404.4	3,293.4	70.3	5.8	76.1	3,369.5
2009	4,740.5	663.7	5,404.1	64.1	5.3	69.5	5,473.6
2010	5,679.5	795.1	6,474.6	76.0	6.3	82.3	6,556.9

### III.4.2 INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y GAS NATURAL (1B2)

Este apartado trata de las emisiones de GEI procedentes de las actividades de la industria del petróleo y gas natural. La subcategoría incluye todas las emisiones de producción, procesamiento, transporte y uso de petróleo y gas natural y de la producción no productiva de los mismos. Incluye también las emisiones resultado de la combustión del gas natural durante las operaciones de quemado en antorcha.

Las emisiones de metano son el componente más importante en la producción de petróleo y gas natural (Cuadro III.14). También son importantes las emisiones de precursores de ozono y de bióxido de carbono provenientes de la refinación de petróleo crudo.

CUADRO III.13

## Clasificación de las actividades de la industria del petróleo y gas natural

<i>Emisiones durante la operación normal</i>	Tienen que ver con el venteo y la quema de gas en antorcha y las descargas de venteo y fugas, etc.
<i>Mantenimiento</i>	Incluye actividades periódicas en la operación de las instalaciones.
<i>Problemas del sistema y accidentes</i>	Incluye eventos imprevistos y accidentes en el sistema, siendo el más común un incremento excesivo de presión como resultado de una falla en algún regulador de presión.

CUADRO III.14

Emisiones fugitivas de metano del minado y manipulación del carbón (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

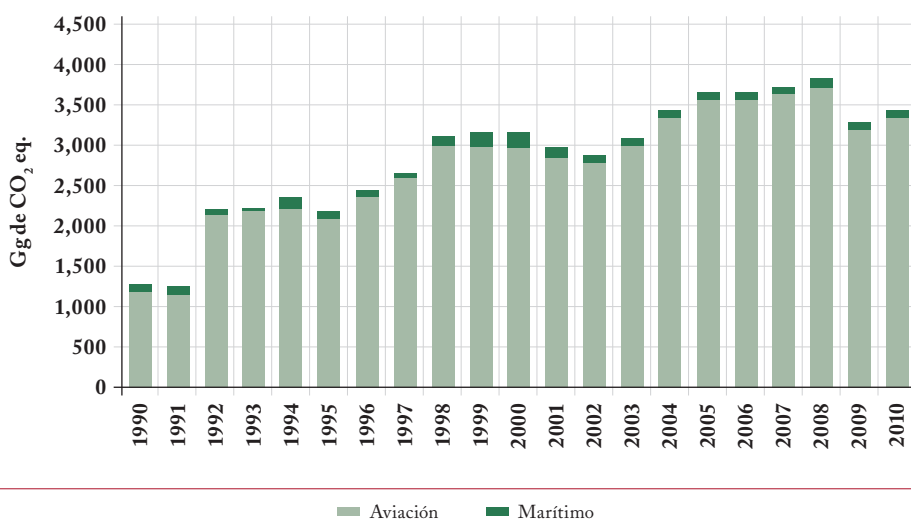
Año	Petróleo				Gas natural					Total
	Producción.	Transporte	Refinación	Almacenamiento	Producción	Procesamiento, transmisión y distribución	Fugas industriales	Fugas (residencial y comercial)	Venteo, quema en antorcha	
1990	310.2	43.7	43.0	7.8	9,586.6	3,356.9	833.0	31.0	30,024.6	44,236.7
1991	325.8	46.9	43.8	7.9	9,309.0	3,239.0	898.3	33.2	29,155.4	43,059.3
1992	325.2	46.9	43.8	7.9	9,189.7	3,147.5	869.6	34.2	28,781.7	42,446.7
1993	326.2	45.9	44.7	8.1	9,137.3	3,331.2	895.1	36.7	28,617.6	42,442.6
1994	320.3	43.8	45.5	8.2	9,306.4	3,656.4	984.2	32.6	29,147.2	43,544.5
1995	309.1	43.3	42.4	7.7	9,155.7	3,407.2	1,089.1	28.6	28,675.1	42,758.1
1996	338.3	51.4	42.4	7.7	10,400.0	3,586.6	1,003.1	32.8	32,572.3	48,034.6
1997	359.7	57.6	42.5	7.7	10,769.1	3,590.6	929.2	32.1	33,728.2	49,516.7
1998	365.2	58.2	44.1	8.0	11,270.1	3,551.6	960.1	29.5	35,297.4	51,584.3
1999	353.5	54.9	43.8	7.9	11,453.1	3,517.9	838.0	23.4	35,870.6	52,163.2
2000	368.4	60.4	43.4	7.9	11,165.4	3,619.6	915.3	25.1	34,969.3	51,174.7
2001	379.1	60.4	43.8	7.9	10,792.4	3,619.5	746.4	26.7	33,801.2	49,477.5
2002	378.4	60.1	44.1	8.0	10,584.1	3,718.8	844.7	29.9	33,148.7	48,816.6
2003	402.3	66.2	46.9	8.5	10,853.2	3,870.1	858.5	32.0	33,991.7	50,129.2
2004	413.6	67.9	47.8	8.7	10,706.4	3,870.8	906.5	33.9	33,531.9	49,587.5
2005	421.5	67.8	50.0	9.1	12,580.3	4,199.8	870.8	34.1	39,400.8	57,634.1
2006	406.5	65.9	47.9	8.7	14,147.1	4,531.8	921.9	34.5	44,308.1	64,472.4
2007	385.3	59.3	47.7	8.6	15,013.6	4,548.9	962.8	35.8	47,021.8	68,083.7
2008	362.9	51.4	49.2	8.9	16,920.6	4,445.5	966.0	36.2	52,994.5	75,835.3
2009	337.2	44.9	49.6	9.0	17,613.3	4,606.0	879.6	36.3	55,164.0	78,739.9
2010	334.4	49.6	43.5	7.9	17,054.1	4,628.5	996.6	36.0	53,412.5	76,562.9

### III.5 EMISIONES DEL TRANSPORTE INTERNACIONAL AÉREO Y MARÍTIMO

De acuerdo a las directrices del PICC, las emisiones procedentes de la aviación y navegación internacional se informarán separadas de la contabilidad del inventario nacional. Se consideran emisiones del transporte aéreo y marítimo internacional cuando la aeronave o embarcación carga combustible en el país, pero su destino final es algún puerto en el extranjero. Por este motivo, fue necesario desglosar el uso de combustible en componentes nacionales e internacionales.

Las emisiones de 2010 crecieron 170% respecto de las emisiones de 1990, pasando de 1,256.5 a 3,432.1 Gg de CO<sub>2</sub> eq. La TCMA fue de 5.1% (Figura III.13).

FIGURA III.13  
Emisiones atribuidas al transporte aéreo y marítimo internacional (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



#### DATOS DE ACTIVIDAD

El consumo de queroseno se divide en consumo doméstico y consumo internacional (Cuadro III.15), a partir del número de ciclos de aterrizaje y despegue (LTO, por sus siglas en inglés) domésticos e internacionales, los cuales se derivaron del número de vuelos nacionales e internacionales reportados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) (Cuadro III.16). Esta esti-

mación del consumo de queroseno es un tanto burda debido a que los vuelos internacionales consumen mucho más combustible que los nacionales por las distancias más grandes recorridas. Sin embargo, debido a la falta de información precisa sobre el combustible empleado en vuelos nacionales e internacionales, se optó por hacer la estimación de esta manera.

CUADRO III.15  
Consumo de queroseno en aviación (t)

Año	Total Doméstico	Total Internacional	Total
	Toneladas		
1990	1,264,412	363,038	1,627,450
1991	1,341,908	352,918	1,694,826
1992	1,537,914	354,938	1,892,853
1993	1,667,498	338,354	2,005,852
1994	1,797,603	396,897	2,194,500
1995	1,665,242	396,230	2,061,472
1996	1,637,613	427,752	2,065,365
1997	1,706,622	455,225	2,161,847
1998	1,889,199	514,913	2,404,112
1999	2,008,936	527,522	2,536,457
2000	2,009,518	542,815	2,552,333
2001	2,055,263	478,911	2,534,174
2002	1,969,656	471,891	2,441,547
2003	2,001,818	484,307	2,486,124
2004	2,103,395	552,003	2,655,398
2005	2,093,021	596,423	2,689,444
2006	2,223,101	581,540	2,804,641
2007	2,510,640	602,039	3,112,679
2008	2,408,469	577,822	2,986,291
2009	2,039,212	480,557	2,519,768
2010	2,050,210	508,947	2,559,157

Fuente: Adaptado del Balance Nacional de Energía 1996-2010.



CUADRO III.16  
Ciclos LTO en aviación

Año	Operaciones de las llegadas y salidas de la aviación			Ciclos LTO en aviación		
	Doméstico	Internacional	Total	Doméstico	Internacional	Total
1990	844,454	242,460	1,087,000	422,227	121,230	543,500
1991	981,000	258,000	1,239,000	490,500	129,000	619,500
1992	1,036,739	239,271	1,276,010	518,370	119,636	638,005
1993	1,186,654	240,785	1,427,439	593,327	120,393	713,720
1994	1,228,435	271,229	1,499,664	614,218	135,615	749,832
1995	1,086,822	258,600	1,345,422	543,411	129,300	672,711
1996	1,067,536	278,845	1,346,381	533,768	139,423	673,191
1997	1,089,663	290,657	1,380,320	544,832	145,329	690,160
1998	1,115,858	304,134	1,419,992	557,929	152,067	709,996
1999	1,156,936	303,797	1,460,733	578,468	151,899	730,367
2000	1,158,088	312,825	1,470,913	579,044	156,413	735,457
2001	1,188,722	276,992	1,465,714	594,361	138,496	732,857
2002	1,175,410	281,605	1,457,015	587,705	140,803	728,508
2003	1,174,641	284,185	1,458,826	587,321	142,093	729,413
2004	1,208,970	317,275	1,526,245	604,485	158,638	763,123
2005	1,221,205	347,992	1,569,197	610,603	173,996	784,599
2006	1,344,828	351,793	1,696,621	672,414	175,897	848,311
2007	1,531,995	367,365	1,899,360	765,998	183,683	949,680
2008	1,474,716	353,803	1,828,519	737,358	176,902	914,260
2009	1,316,399	310,220	1,626,619	658,200	155,110	813,310
2010	1,322,100	328,200	1,650,310	661,050	164,100	825,150

**Fuente:** Elaboración con información de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

*Anuario estadístico 2002*, SCT, p. 92.

*Anuario estadístico 2009*, SCT, p. 95.

Indicadores mensuales SCT

<<http://www.sct.gob.mx/informacion-general/planeacion/estadistica-del-sector/indicadores-mensuales-sct/>>.

El consumo de queroseno se estima en las operaciones LTO y en crucero, tanto para tráfico doméstico como internacional (Cuadro III.17).

CUADRO III.17  
Consumo de queroseno en LTO/crucero

Año	Doméstico			Internacional		
	Doméstico LTO (t)	Doméstico Crucero (t)	Total Doméstico (t)	Internacional LTO (t)	Internacional Crucero (t)	Total Internacional (t)
1990	358,892.95	905,518.63	1,264,412.00	303,075.00	59,963.00	363,038.00
1991	416,925.00	924,983.06	1,341,908.00	322,500.00	30,418.00	352,918.00
1992	440,614.08	1,097,300.39	1,537,914.00	299,089.00	55,850.00	354,938.00
1993	504,327.95	1,163,170.26	1,667,498.00	300,981.00	37,372.00	338,354.00
1994	522,084.88	1,275,518.34	1,797,603.00	339,036.00	57,861.00	396,897.00
1995	461,899.35	1,203,342.97	1,665,242.00	323,250.00	72,980.00	396,230.00
1996	453,702.80	1,183,910.49	1,637,613.00	348,556.00	79,195.00	427,752.00
1997	463,106.78	1,243,515.16	1,706,622.00	363,321.00	91,904.00	455,225.00
1998	474,239.65	1,414,959.30	1,889,199.00	380,168.00	134,745.00	514,913.00
1999	491,697.80	1,517,237.93	2,008,936.00	379,746.00	147,775.00	527,522.00
2000	492,187.40	1,517,330.74	2,009,518.00	391,031.00	151,784.00	542,815.00
2001	505,206.85	1,550,056.50	2,055,263.00	346,240.00	132,671.00	478,911.00
2002	499,549.25	1,470,107.18	1,969,656.00	352,006.00	119,884.00	471,891.00
2003	499,222.43	1,502,595.11	2,001,818.00	355,231.00	129,075.00	484,307.00
2004	513,812.25	1,589,582.76	2,103,395.00	396,594.00	155,409.00	552,003.00
2005	519,012.13	1,574,009.04	2,093,021.00	434,990.00	161,433.00	596,423.00
2006	571,551.90	1,651,548.78	2,223,101.00	439,741.00	141,799.00	581,540.00
2007	651,097.88	1,859,542.13	2,510,640.00	459,206.00	142,833.00	602,039.00
2008	626,754.30	1,781,714.85	2,408,469.00	442,254.00	135,568.00	577,822.00
2009	559,469.58	1,479,742.07	2,039,212.00	387,775.00	92,782.00	480,557.00
2010	561,892.50	1,488,317.45	2,050,210.00	410,250.00	98,697.00	508,947.00

Las emisiones de GEI para la aviación doméstica e internacional se estiman a partir de las expresiones:

ECUACIÓN III.1

$$\text{Emisiones (LTO) (Gg)} = \text{Número de LTO} \times \text{Factor de emisión (kg/LTO)} / 1000\ 000$$

ECUACIÓN III.2

$$\text{Emisiones (crucero) (Gg)} = \text{Consumo de combustible (crucero) (t)} \times \text{Factor de emisión (kg / t combustible)} / 1000\ 000$$

## METODOLOGÍA

Las emisiones de GEI para el transporte aéreo se estimaron utilizando la metodología Tier 2, recomendada en las directrices del PICC de 1996. Esta metodología incluye cuatro subactividades:

- a) Tráfico aeroportuario doméstico (ciclos LTO a menos de 914 m de altitud).
- b) Tráfico aeroportuario internacional (ciclos LTO a menos de 914 m de altitud).
- c) Tráfico en crucero doméstico (a más de 914 m de altitud).
- d) Tráfico en crucero internacional (a más de 914 m de altitud).

Las actividades incluyen todo uso comercial de aeronaves en tráfico regular y chárter de pasajeros y carga.

Las operaciones de la aviación se dividen en dos partes:

- **El ciclo de aterrizaje/despegue (landing/take-off (LTO) cycle)**, que incluye todas las actividades cerca del aeropuerto que tienen lugar por debajo de los 914 m de altitud.
- **Crucero.** Se define como todas las actividades que ocurren por encima de los 914 m de altitud.

Las actividades aéreas se dividen en:

- **Aviación doméstica** (1 A3a ii). Incluye todo tráfico civil doméstico de pasajeros y de carga dentro de un país.
- **Aviación internacional** (1 A3a i). Incluye todo tráfico aéreo civil que llega o parte de un país.

Los ciclos LTO se clasifican en domésticos e internacionales.

La presente metodología sólo es aplicable a la queroseno usado en motores de propulsión a chorro.

## FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión utilizados en la estimación de las emisiones de GEI en transporte aéreo, se muestran en el Cuadro III.18 y corresponden a los factores de emisión por defecto de la tabla 1-52

del Manual de Referencia de las directrices del PICC de 1996. Esta tabla incluye los consumos de combustible de las aeronaves.

CUADRO III.18  
Factores de emisión por defecto en transporte aéreo

DOMÉSTICO								
	Consumo de combustible	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>
LTO flota promedio (kg/LTO)	850	2,680	0.3	0.1	10.2	8.1	2.6	4.8
Crucero (kg/t)		3,150	0.0	0.1	11.0	7.0	0.7	6.0
INTERNACIONAL								
	Consumo de combustible	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>
LTO flota promedio (kg/LTO)	2,500	7,900	1.5	0.2	41	50	15	15.0
Crucero (kg/t)		3,150	0.0	0.1	17	5.0	2,7	6.0

Los factores de emisión de SO<sub>2</sub> de la tabla 1-52 del Manual de Referencia fueron multiplicados por el factor (0.3/0.05), que es la relación entre el conteni-

do de azufre del queroseno mexicano y el contenido de azufre supuesto en dicha tabla.



PROCESOS  
INDUSTRIALES  
(2)

---

IV



# IV PROCESOS INDUSTRIALES (2)

La categoría de Procesos Industriales (2) considera las emisiones generadas en la industria de los minerales, industria química, industria de los metales, algunos procesos como producción de papel, alimentos y bebidas y, finalmente, en la producción y consumo de hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre, sin tomar en cuenta las emisiones generadas por la quema de combustibles fósiles en el proceso productivo (Cuadro IV.1).

De acuerdo con las *Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, versión revisada en 1996 (PICC, 1996), las emisiones de GEI que se estiman en esta categoría incluyen al bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ). Adicionalmente se emiten otros gases denominados precursores de ozono, como son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (CO-VDM) y el bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ).

Las emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  son generadas por una gran variedad de actividades industriales en las que se transforman materias primas en productos mediante métodos químicos o físicos. Los HFC se utilizan directamente en bienes y artículos de consumo, tales como refrigeradores, espumas, latas de aerosol y extintores, en los que se usan como alternativa a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO); tales emisiones son consideradas como potenciales porque los gases están almacenados en estos productos. Los PFC se liberan en la producción de aluminio y también pueden utilizarse como sustitutos de las SAO en aplicaciones especializadas. En el caso de México, los PFC no se consumen como sustitutos de SAO. El  $\text{SF}_6$  se emplea como dieléctrico en circuitos eléctricos y como solvente en algunas industrias.



CUADRO IV.1.  
Subcategorías de Procesos Industriales

<b>2A Industria de los minerales</b>	2A1 Producción de cemento
	2A2 Producción de cal
	2A3 Uso de caliza y dolomita
	2A4 Producción y uso de carbonato de sodio
	2A5 Material asfáltico para techos
	2A6 Pavimentación asfáltica
	2A7 Vidrio
<b>2B Industria química</b>	2B1 Producción de amoníaco
	2B2 Producción de ácido nítrico
	2B3 Producción de ácido adípico
	2B4 Producción de carburos
	2B5 Otros
<b>2C Industria de los metales</b>	2C1 Producción de hierro y acero
	2C2 Producción de ferroaleaciones
	2C3 Producción de aluminio
	2C4 Uso de hexafluoruro de azufre en fundidoras de aluminio y magnesio
<b>2D Otros procesos industriales</b>	2D1 Celulosa y papel
	2D2 Alimentos y bebidas
<b>2E Producción de halocarbonos</b>	2E1 Emisiones como residuos o subproductos
	2E2 Emisiones fugitivas
<b>2F Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre</b>	2F1 Consumo de halocarbonos
	2F2 Consumo de hexafluoruro de azufre

## IV.1 PANORAMA GENERAL

Las emisiones de GEI (Cuadro IV.2 y IV.3) derivadas de los procesos industriales se incrementaron 102.3%, pasando de 30,265.6 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 1990 a 61,226.9 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 2010 (Figura IV.1). Este aumento se debió al crecimiento en la utilización de piedra caliza y dolomita,<sup>1</sup> la producción de cemento y un aumento significativo en el

consumo de gases fluorados (HFC y SF<sub>6</sub>). Por su parte, las emisiones de GEI de la industria química disminuyeron notablemente durante este periodo (66.2%), al pasar de 4,579.8 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 1990 a 1,548.9 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 2010, como resultado de una reducción en la producción de petroquímicos básicos y secundarios.

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

CUADRO IV.2  
Emisiones de GEI (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) de las subcategorías de Procesos Industriales

Subcategoría	1990	2010	1990	2010	TCMA*
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.		Contribución %		%
2A Industria de los minerales	16,471.7	35,233.7	54.4	57.5	3.9
2B Industria química	4,579.8	1,548.9	15.1	2.5	-5.3
2C Industria de los metales	8,408.0	5,627.6	27.8	9.2	-2.0
2E Producción de halocarbonos	776.5	3,897.8	2.6	6.4	8.4
2F Consumo de halocarbonos y SF <sub>6</sub>	29.6	14,919.0	0.1	24.4	36.5
<b>Total</b>	<b>30,265.6</b>	<b>61,226.9</b>			<b>3.6</b>

\* TCMA: Tasa de Crecimiento Media Anual.

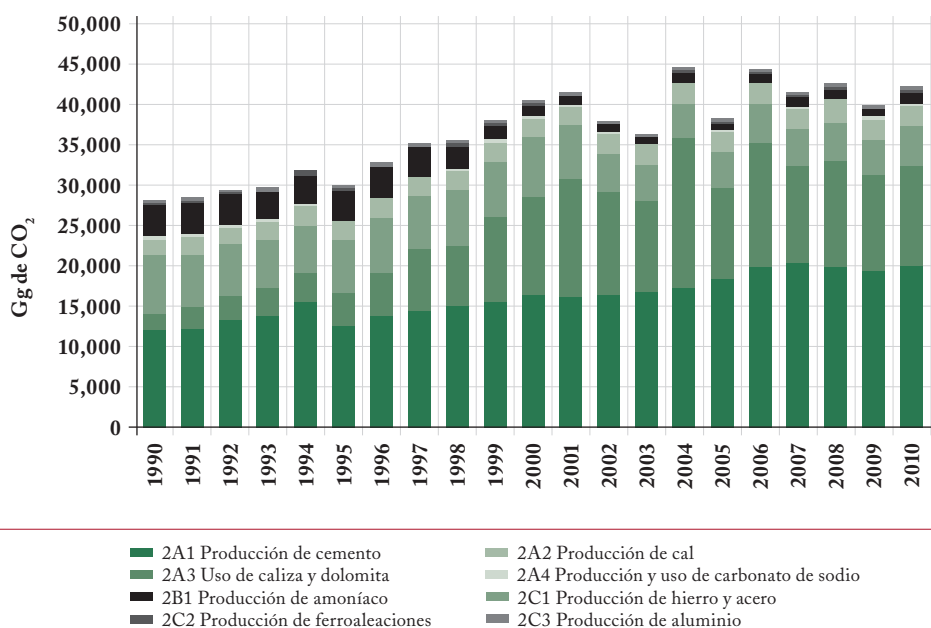
CUADRO IV.3  
Emisiones de GEI (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) por gas en la categoría de Procesos Industriales, 1990-2010

Año	Gas						Total
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	
	Gg de CO <sub>2</sub> eq						
1990	28,180.9	83.1	548.7	776.5	646.8	29.6	30,265.6
1991	28,482.2	74.0	654.9	901.3	306.5	32.1	30,451.0
1992	29,480.9	77.1	340.0	618.6	271.0	35.9	30,823.3
1993	29,602.6	66.6	424.1	1,270.1	165.5	40.2	31,569.1
1994	31,732.6	71.5	464.3	1,173.7	-	41.1	33,483.3
1995	29,736.5	76.6	875.9	1,723.1	66.9	42.6	32,521.5
1996	32,693.7	77.6	1,100.7	3,135.9	394.3	50.2	37,452.5
1997	35,075.8	75.3	850.8	3,852.1	426.0	51.7	40,331.7
1998	35,360.6	75.6	773.8	4,075.9	432.4	53.1	40,771.4
1999	37,891.2	72.2	643.0	5,075.5	498.6	55.0	44,235.6
2000	40,395.3	73.3	278.8	5,686.2	543.3	56.9	47,033.7
2001	41,556.4	62.9	232.6	4,913.8	330.7	59.8	47,156.3
2002	37,948.0	61.2	120.5	5,824.6	250.4	69.8	44,274.5
2003	36,421.5	66.3	111.9	5,935.5	160.5	78.0	42,773.8
2004	44,483.0	70.3	111.1	6,404.8	128.4	84.2	51,281.8
2005	38,144.2	68.0	116.9	8,351.1	128.4	91.4	46,900.0
2006	44,335.6	69.6	132.8	12,496.9	128.4	90.9	57,254.2
2007	41,432.6	66.2	132.2	14,077.7	128.4	111.9	55,949.1
2008	42,538.6	69.1	131.6	15,189.5	128.4	110.1	58,167.2
2009	39,964.5	70.7	131.0	14,905.4	128.4	108.1	55,308.2
2010	42,081.4	70.0	130.4	18,692.3	128.4	124.4	61,226.9

El principal GEI emitido en la categoría de Procesos Industriales fue el CO<sub>2</sub> (Cuadro IV.3), que representó 68.7% de las emisiones totales de GEI de esta categoría en 2010. En el periodo 1990-2010, las emisiones de CO<sub>2</sub> por Procesos Industriales se incrementaron 49.3%, pasando de 28,180.9 Gg a 42,081.4 Gg de CO<sub>2</sub>, lo que equi-

vale a una TCMA de 2.0% (Figura IV.1). Las emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de caliza y dolomita son las que presentaron un mayor crecimiento en comparación con las otras fuentes de emisión de este gas, ya que aumentaron 521.7% entre 1990 y 2010, equivalente a una TCMA de 9.6%.

FIGURA IV.1  
Emisiones de GEI (Gg de CO<sub>2</sub>) de la categoría Procesos Industriales por subcategoría de fuente de emisión.



En el periodo 1990-2010, el comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> por fuente de emisión fue como sigue: por la producción de cemento, crecieron 65.2%, de 12,108.1 Gg a 20,003.3 Gg; por la producción de cal, crecieron 22.5%, de 2,175.3 Gg a 2,664.3 Gg; por el uso de caliza y dolomita, crecieron 521.7%, de 2,001.9 Gg a 12,445.7 Gg; por la producción y uso de carbonato sódico, disminuyeron 35.4%, de 186.3 Gg a 120.4 Gg; por la producción de amoníaco, se redujeron 65.8%, de 3,948.0 Gg a 1,348.5 Gg, principalmente como resultado de la caída de dicha actividad productiva en el país; por la producción de hierro y acero, se redujeron 29.5%, de 7,245.2 Gg a 5,111.0 Gg, por la producción de ferroaleaciones, disminuyeron

14.4%, de 418.3 Gg a 358.2 Gg, y por la producción de aluminio, se redujeron 69.3%, de 97.7 Gg a 30 Gg.

En 2010 las fuentes que más contribuyeron a las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron: producción de cemento, 47.5% (20,003.3 Gg); uso de caliza y dolomita, 29.6% (12,445.7 Gg); producción de hierro y acero, 12.1% (5,111.0 Gg). En menor medida, otras fuentes que contribuyeron a estas emisiones fueron: producción de cal, 6.3% (2,664.3 Gg); producción de amoníaco, 3.2% (1,348.5 Gg); producción de ferroaleaciones, 0.9% (358.2 Gg); carbonato de sodio, 0.3% (120.4 Gg), y producción de aluminio, 0.1% (30.0 Gg).

En el periodo 1990-2010, las emisiones de CO<sub>2</sub> en la categoría de Procesos Industriales tuvieron un cambio significativo, que se reflejó en los cambios porcentuales de las diferentes subcategorías de emisión. Por ejemplo, durante el periodo aumentó la capacidad y el volumen de producción de cemento en México, como consecuencia de una mayor demanda nacional y el crecimiento de las exportaciones. De igual manera, el crecimiento de la edificación y la construcción de infraestructura en el país acarrió el aumento de la producción y consumo de caliza y dolomita, que son materias primas de los procesos de construcción.

Como se muestra en la Figura IV.1, durante el periodo 1990 a 2010 la producción de cemento se mantuvo entre las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> de la categoría; sin embargo, en ese lapso el incremento en el uso de caliza y dolomita en el país hizo que éstos aumentaran su contribución a las emisiones de CO<sub>2</sub>, pasando de 7.1% en 1990 a 29.6% en 2010.

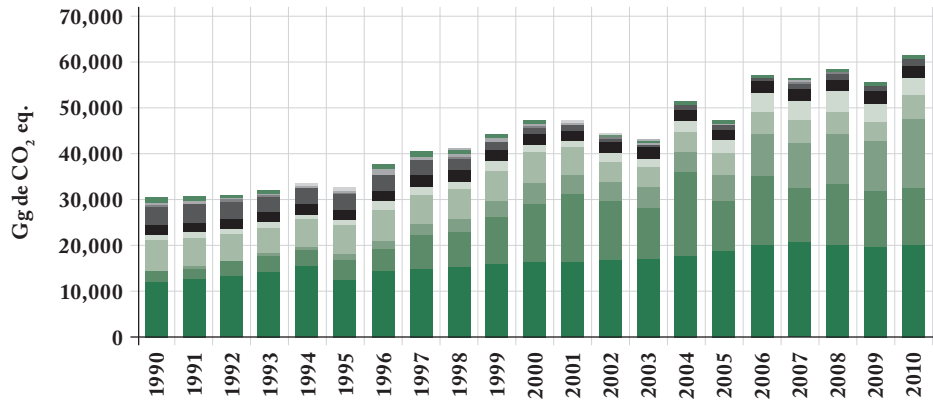
Por su parte, la producción de amoníaco, que en 1990 contribuía con 14.0% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, redujo paulatinamente su participación en el total emitido por la categoría hasta llegar a 3.2% en 2010. Esto se debió a que entre 1990 y 2010 PEMEX redujo 65.8% su producción de amoníaco.

Las emisiones de CH<sub>4</sub>, en CO<sub>2</sub> eq., representan 0.1% de las emisiones de GEI en esta categoría para el año 2010, y son generadas casi en su totalidad durante la elaboración de ciertos productos petroquímicos (etileno, negro de humo, estireno, metanol y dicloroetileno). Las emisiones de esta categoría disminuyeron 15.8%, al pasar de 4.0 Gg de CH<sub>4</sub> (83.1 Gg de CO<sub>2</sub> eq.) en 1990 a 3.3 Gg de CH<sub>4</sub> (70.0 Gg de CO<sub>2</sub> eq.) en 2010, principalmente por la reducción en la producción de algunas sustancias petroquímicas. En el periodo 1990-2010 las emisiones de metano generadas en la categoría de Procesos Industriales se redujeron a una TCMA negativa de 0.9% (Figura IV.2).

Las emisiones de N<sub>2</sub>O, en CO<sub>2</sub> eq., representaron 0.2% de las emisiones de GEI en esta categoría en 2010. Son generadas exclusivamente por la industria química en la producción de ácido nítrico. Durante el periodo 1990-2010, estas emisiones se redujeron 76.2%, de 1.8 Gg de N<sub>2</sub>O (548.7 Gg de CO<sub>2</sub> eq.) en 1990 a 0.4 Gg de N<sub>2</sub>O (130.4 Gg de CO<sub>2</sub> eq.) en 2010, equivalente a una TCMA negativa de 6.9% (Figura IV.2).

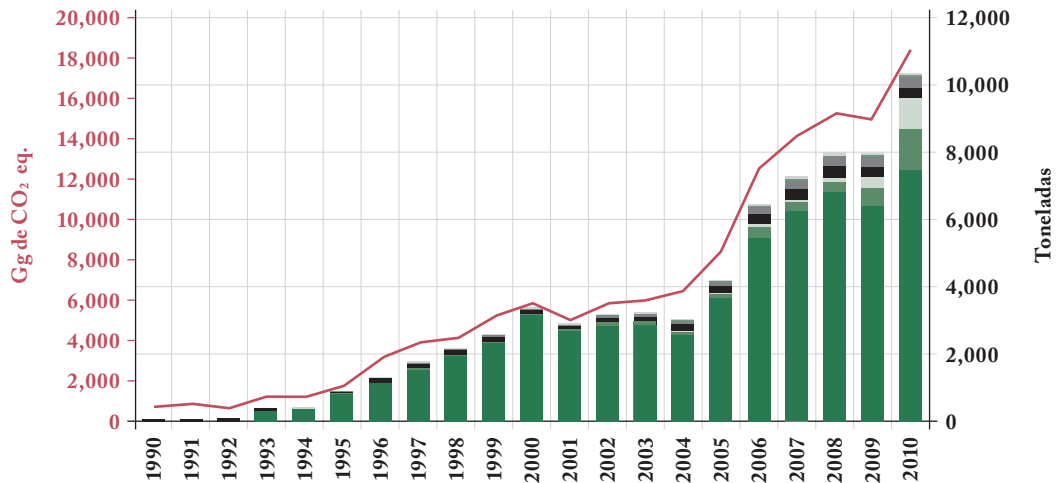
Las emisiones procedentes de la producción y consumo de HFC están asociadas a su uso y se incrementaron en 2,307.2%: de 776.5 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 1990 a 18,692.3 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 2010 (Figura IV.3), lo que equivale a una TCMA de 17.2%. En 2010 las emisiones de HFC contribuyeron con 30.5% a las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. en esta categoría. El mayor consumo correspondió al HFC-134a, que es empleado principalmente como refrigerante, y al HFC-23, que se genera como subproducto en la elaboración del HCFC-22. También se incrementó de manera significativa el consumo de HFC-125 y HFC-143a, que se utilizan en sistemas de protección contra incendio y en equipos de refrigeración comercial, respectivamente. En los últimos tres años del periodo hubo un consumo creciente de HFC-32, que se emplea como refrigerante en aires acondicionados estacionarios y cámaras de refrigeración, y de HFC-152a, que se utiliza en la fabricación de espumas de poliuretano. Las emisiones procedentes de la producción y consumo de HFC, PFC y SF<sub>6</sub> (categorías 2E y 2F) se han incrementado rápidamente entre 1990 y 2010. Las emisiones por la producción de HFC consideran únicamente la generación de HFC-23 como subproducto en la elaboración del HCFC-22, por lo que el incremento en las emisiones de este gas es proporcional al crecimiento en la producción del HCFC-22. Por otro lado, el incremento en el consumo de HFC se debe al uso de estas sustancias en aplicaciones como: refrigeración y aire acondicionado, fabricación de espumas y uso como agente extintor de incendios, en sustitución de los clorofluorocarbonos, sustancias agotadoras de la capa de ozono controladas por el Protocolo de Montreal.

FIGURA IV.2  
Fuentes de emisión (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) en la categoría Procesos Industriales



- Producción de cemento
- Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre
- Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre
- Producción de amoníaco
- Producción de ácido nítrico
- Producción de aluminio
- Otros químicos
- Uso de caliza y dolomita
- Producción de hierro y acero
- Producción de cal
- Producción y uso de carbonato de sodio
- Producción de ferroaleaciones
- Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre

FIGURA IV.3  
Emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC) en CO<sub>2</sub> eq.



- HFC-134a
- HFC-125
- HFC-32
- HFC-23 (subproducto HCFC-22)
- HFC-143a
- HFC-245ca
- HFC-23
- HFC-227ea
- HFC-152a
- HFC-43-10mee
- HFC-236fa
- HFC-143
- HFC-134
- HFC-41
- Emisiones (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Las emisiones de PFC son generadas exclusivamente en la producción de aluminio primario como tetrafluorometano ( $\text{CF}_4$ ) y perfluoroetano ( $\text{C}_2\text{F}_6$ ). En 2010 representaron 0.2% (128.4 Gg de  $\text{CO}_2$  eq.) de la categoría. En 1990 las emisiones de  $\text{CF}_4$  fueron de 0.091 Gg (592.8 Gg de  $\text{CO}_2$  eq.) y de  $\text{C}_2\text{F}_6$  de 0.006 Gg (53.9 Gg de  $\text{CO}_2$  eq.), mientras que en 2010 las emisiones de  $\text{CF}_4$  fueron de 0.017 Gg (111.9 Gg de  $\text{CO}_2$  eq.) y de  $\text{C}_2\text{F}_6$  de 0.002 Gg (16.6 Gg de  $\text{CO}_2$  eq.).

El consumo de  $\text{SF}_6$ , empleado como aislante en equipos eléctricos, está ligado al crecimiento y modernización de la infraestructura eléctrica del país; el cálculo de sus emisiones considera las eta-

pas del ciclo de vida útil de los equipos instalados en los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Las emisiones de  $\text{SF}_6$  contribuyeron con alrededor de 0.2% a las emisiones de GEI en esta categoría en 2010, y correspondieron exclusivamente a las emisiones potenciales de este gas por equipos eléctricos del sistema de distribución eléctrica de la CFE. Las emisiones se incrementaron 319.7%, de 0.001 Gg de  $\text{SF}_6$  (29.6 Gg de  $\text{CO}_2$  eq.) en 1990 a 0.005 Gg de  $\text{SF}_6$  (124.4 Gg de  $\text{CO}_2$  eq.) en 2010; la TCMA en el periodo fue de 7.4%.

## IV.2 INDUSTRIA DE LOS MINERALES (2A)

Esta subcategoría estima las emisiones procedentes de la producción de cemento (2A1), la producción de cal (2A2), el uso de caliza y dolomita (2A3), la producción de carbonato de sodio (2A4),

la producción de material asfáltico para techos (2A5), la pavimentación asfáltica (2A6) y la elaboración de vidrio (2A7).

### ■ IV.2.1 CEMENTO (2A1)

La producción de clínker, producto intermedio del que se obtiene el cemento, da origen a emisiones de  $\text{CO}_2$ . Las elevadas temperaturas en los hornos de cemento transforman químicamente las materias primas en clínker de cemento. En un proceso denominado calcinación, el carbonato de calcio se calienta, obteniéndose cal y  $\text{CO}_2$ .

Las emisiones de  $\text{SO}_2$ , por su parte, corresponden al azufre que lleva el combustible usado y el que se encuentra en la arcilla utilizada; para efecto de las emisiones del proceso, las directrices del PICC de 1996 especifican contabilizar sólo las procedentes de la arcilla.

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Como las emisiones de  $\text{CO}_2$  ocurren durante la producción de clínker y no en la del cemento pro-

piamente dicho, se debería de considerar esta producción y la del contenido de cal.

Para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la elaboración de clínker, a la producción anual se le aplica un factor de emisión en toneladas del CO<sub>2</sub> liberado por tonelada de clínker producido.

En México no se cuenta con información estadística confiable para encontrar los datos de actividad del clínker, por lo que para este inventario se consideraron los de la producción de cemento, como lo indican las directrices del PICC de 1996.

## ■ IV.2.2 CAL (2A2)

La cal es el producto que se obtiene al calcinar la piedra caliza por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio. En ese estado se denomina cal viva (CaO, óxido de calcio) y si se apaga, sometiéndola al tratamiento de agua, se le llama cal apagada (CaO<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, hidróxido de calcio).<sup>2</sup>

La cal hidráulica es la que se compone principalmente de hidróxido de calcio, sílice (SiO<sub>2</sub>) y alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) o mezclas sintéticas de composición similar. Tiene la propiedad de fraguar y endurecer incluso debajo del agua.

La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua para transformarse de óxido a hidróxido y para que, una vez apagada (hidratada), pueda aplicarse en la construcción, principalmente en la elaboración del mortero de albañilería.

En la producción de cal se emite CO<sub>2</sub> por la descomposición térmica (calcinación) del carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) en la caliza para producir cal viva (CaO).

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la fabricación de cal se estiman al multiplicar la producción por su factor de emisión correspondiente.

En este documento se empleó la metodología recomendada en *Orientación del PICC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (en adelante Guía de Buenas Prácticas) (PICC, 2000). De esta manera se ajustan los factores de emisión de acuerdo a la razón estequiométrica de cada tipo de cal y su contenido de CaO y/o de CaO·MgO (ver elección de factores de emisión en Anexo B).

Considerando que la razón estequiométrica (contenido de CaO o de CaO·MgO en la cal) es de 100%, estas directrices recomiendan el empleo de los factores siguientes:<sup>3</sup> 785 kg CO<sub>2</sub> por tonelada de cal viva y 913 kg CO<sub>2</sub> por tonelada de cal dolomítica viva. Sin embargo, el empleo de estos factores puede sobrestimar las emisiones, ya que el contenido de CaO o de MgO puede ser inferior a 100%.

2. *Perfil de mercado de la caliza y sus derivados*. Coordinación General de Minería de la Secretaría de Economía, México, 2005.

3. *Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. Manual de referencia, volumen III, PICC, 1996, p.2.8 y 2.9.



### ■ IV.2.3 USO DE CALIZA Y DOLOMITA (2A3)

La piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), la dolomita ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) y otros carbonatos son materias primas básicas que tienen aplicaciones comerciales en numerosas industrias. Además de emplearse en la producción de cemento, cal y vidrio, los carbonatos también se consumen en la metalurgia, la agricul-

tura, la construcción y el control de la contaminación ambiental (por ejemplo, en los sistemas de desulfuración de gases de combustión por vía húmeda). La calcinación de los carbonatos a altas temperaturas produce  $\text{CO}_2$ .

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Conforme a las directrices del PICC de 1996, las emisiones de  $\text{CO}_2$  generadas por el uso de caliza y dolomita deben ser estimadas de acuerdo a su consumo.

El consumo de caliza y dolomita puede estimarse conociendo la cantidad del mineral extraído más el mineral que es importado, menos el mineral que es exportado. Sin embargo, este consumo debe excluir el mineral empleado durante la producción de cemento, cal y magnesio.

### ■ IV.2.4 CARBONATO DE SODIO (2A4)

Las emisiones de  $\text{CO}_2$  de la producción de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), también conocido como ceniza de sosa (*soda ash*), varían de manera sustancial según el proceso de fabricación. Se pueden emplear cuatro procesos diferentes. Tres de estos procesos –monohidrato, sesquicarbonato de sodio (trona) y carbonización directa– se denominan procesos naturales. El cuarto, o proceso de Solvay, se clasifica como un proceso sintético y en éste se emplea carbonato de calcio (piedra caliza) como fuente de  $\text{CO}_2$ .

Durante el proceso de producción, la trona (el mineral principal del que se extrae la ceniza de sosa natural) se calcina en un horno rotatorio de alta temperatura y se transforma químicamente en carbonato de sodio. En este proceso se genera  $\text{CO}_2$  y agua, como productos derivados.

Conforme a las directrices del PICC de 1996, las emisiones de  $\text{CO}_2$  se generan tanto por la producción como por el consumo de carbonato de sodio.

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, no se tiene metodología para estimar emisiones de  $\text{CO}_2$  cuando se utiliza el método de Solvay o sintético. Para la descomposición térmica, el mineral trona–descomposición ( $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )– considera el factor de 0.097 tonelada de  $\text{CO}_2$  por tonelada de trona. A fin de estimar las

emisiones por su uso, se toma en cuenta la producción total, natural y sintética, y se considera un factor de 415 kg de  $\text{CO}_2$  por tonelada de carbonato de sodio utilizada. Como no se tiene ningún dato de exportaciones o importaciones, se considera el cálculo de las emisiones basado solamente en la producción, en lugar del consumo aparente.



## ■ IV.2.5 PRODUCCIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO DE TECHOS (2A5)

Los productos asfálticos se emplean como aglutinantes o selladores en la producción de materiales de impermeabilización de techos, como selladores de cimientos y como revestimientos de tuberías, entre otros usos industriales.

El soplado del asfalto es el proceso de polimerización y estabilización del asfalto mediante el cual

mejora sus características de impermeabilización. Los asfaltos soplados se utilizan en la elaboración de productos asfálticos para techos. El soplado se realiza en una planta de procesamiento de asfalto o en una planta de impermeabilización de techos. El soplado del asfalto origina las emisiones más elevadas de COVDM y CO, más que ninguna otra etapa del proceso.

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, las emisiones de COVDM y CO generadas por la producción de material asfáltico para techos pueden estimarse a partir de la masa total de pro-

ductos en todo el país. Estas directrices indican que se puede suponer que todo el asfalto empleado en los diferentes usos de la pavimentación corresponde al asfalto soplado.

## ■ IV.2.6 PAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA (2A6)

El pavimento de asfalto consiste en una mezcla de agregados, arena, rellenos, alquitrán y, a veces, varios aditivos. Las superficies de las rutas asfaltadas están compuestas de agregados compactados y de alquitrán aglutinante. El alquitrán mezclado en caliente es generalmente el más utilizado y produce muy pocas emisiones. Otros tipos de

pavimento de rutas incluyen el asfalto disuelto o revertido y el asfalto emulsionado. Los asfaltos disueltos o revertidos se licuan al mezclarlos con solventes de petróleo, y, por lo tanto, presentan un nivel relativamente alto de emisiones de CO y COVDM debido a la evaporación del diluyente.

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Las directrices del PICC de 1996 proporcionan orientación para estimar tanto las emisiones de CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y COVDM en las plantas de

asfalto a partir de la cantidad de material de pavimentación utilizado, como las emisiones de COVDM de la superficie pavimentada.

## ■ IV.2.7 VIDRIO (2A7)

Si bien en el comercio se utilizan muchas variedades de artículos y composiciones de vidrio, la industria de este material puede dividirse en cuatro

categorías principales: recipientes, vidrios planos (ventanas), fibras de vidrio y vidrios especiales.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

Las directrices del PICC de 1996 únicamente proporcionan orientación para estimar las emisiones

de COVDM generadas en la producción de vidrio a partir de la cantidad de vidrio producido.

### ■ IV.2.8 EMISIONES DE LA INDUSTRIA DE LOS MINERALES

En el período 1990-2010 las emisiones de CO<sub>2</sub> de la industria de los minerales tuvieron un incremento de 113.9%, de 16,741.7 Gg a 35,233.7 Gg, lo que equivale a una TCMA de 3.9% (Cuadro IV.4).

Las emisiones de SO<sub>2</sub>, CO, COVDM y NO<sub>x</sub> de la industria de los minerales se muestran en el Anexo D.

CUADRO IV.4  
Emisiones de la industria de los minerales en Gg de CO<sub>2</sub>

Año	Producción de cemento	Producción de cal	Utilización de caliza y dolomita	Producción y uso de carbonato de sodio	Total
1990	12,108.1	2,175.3	2,001.9	186.3	16,471.7
1991	12,355.1	2,209.8	2,723.1	186.3	17,474.4
1992	13,253.6	2,244.3	3,108.1	182.6	18,788.7
1993	13,972.6	2,286.5	3,599.9	182.6	20,041.6
1994	15,692.9	2,328.6	3,364.0	182.6	21,568.1
1995	12,523.1	2,291.3	4,287.8	120.4	19,222.5
1996	13,981.5	2,374.1	5,335.7	120.4	21,811.7
1997	14,718.9	2,469.7	7,547.6	120.4	24,856.6
1998	15,317.7	2,421.3	7,527.2	120.4	25,386.5
1999	15,853.1	2,393.4	10,351.6	120.4	28,718.4
2000	16,564.1	2,502.3	12,440.3	120.4	31,627.0
2001	16,018.6	2,546.8	15,106.1	120.4	33,791.9
2002	16,635.7	2,616.8	12,813.6	120.4	32,186.5
2003	16,746.3	2,624.8	11,331.5	120.4	30,823.0
2004	17,443.7	2,555.2	18,542.7	120.4	38,661.9
2005	18,669.6	2,532.2	11,073.3	120.4	32,395.5
2006	20,120.5	2,678.1	15,364.5	120.4	38,283.4
2007	20,544.8	2,691.5	11,838.2	120.4	35,194.9
2008	19,995.3	2,708.3	13,190.5	120.4	36,014.5
2009	19,445.9	2,725.2	12,167.5	120.4	34,459.0
2010	20,003.3	2,664.3	12,445.7	120.4	35,233.7

## IV.3 INDUSTRIA QUÍMICA (2B)

Esta subcategoría de Procesos Industriales estima las emisiones que genera la producción de amoníaco (2B1), ácido nítrico (2B2), ácido adípico (2B3),

carburo de calcio y de silicio (2B4), así como de otros petroquímicos (2B5).

### ■ IV.3.1 AMONIACO (2B1)

El amoníaco se produce, en la mayoría de los casos, mediante el reformado catalítico con vapor de gas natural u otros combustibles (por ejemplo, carbón o combustóleo). El hidrógeno se separa del combustible por medios químicos y se combina con el nitrógeno para producir amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).

La producción de amoníaco por reformado catalítico al vapor de gas natural tiene como resultado la producción de bióxido de carbono como producto derivado. Durante la producción de amoníaco también pueden ocurrir emisiones de  $\text{NO}_x$ , COVDM, CO y  $\text{SO}_2$ .

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Las emisiones de  $\text{CO}_2$  dependen de la cantidad y composición de la materia prima, gas natural o combustibles sólidos, empleadas en el proceso. Las directrices del PICC de 1996 presentan dos métodos para estimar las emisiones de  $\text{CO}_2$  de la producción de amoníaco:

- **Nivel 1a.** Basado en el gas consumido.
- **Nivel 1b.** Basado en la producción de amoníaco.

Debido a que la información obtenida marca la producción de amoníaco y no se cuenta con el consumo de gas, como materia prima, en los procesos, se optó por utilizar la estimación basada en el nivel 1b.

### ■ IV.3.2 ÁCIDO NÍTRICO (2B2)

Durante la producción de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) se genera óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) como un producto derivado no intencional de la oxidación catalítica a altas temperaturas del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). La cantidad de  $\text{N}_2\text{O}$  que se forma depende, entre otros factores, de las condiciones de combustión (presión, temperatura), de la composición y envejecimiento

del catalizador y del diseño del quemador. El ácido nítrico –si no es reducido– es una fuente significativa de  $\text{N}_2\text{O}$  atmosférico y constituye la fuente principal de emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  en la industria química. Durante la producción de ácido nítrico también se generan emisiones de  $\text{NO}_x$ .

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

Las emisiones de  $N_2O$  se calcularon a partir de los datos de producción y se seleccionaron los factores de emisión por defecto, conforme al árbol de decisiones de la Guía de Buenas Prácticas para estimar las emisiones de  $N_2O$  procedentes de la producción de ácido nítrico, puesto que se cuenta con datos de

producción y no así con factores de emisión específicos de plantas. Si no se cuenta con información sobre estas últimas, la Guía de Buenas Prácticas recomienda factores de generación y destrucción de  $N_2O$  por defecto.

### ■ IV.3.3 ÁCIDO ADÍPICO (2B3)

El ácido adípico es un ácido dicarboxílico fabricado a partir de una mezcla de ciclohexanona/ciclohexanol que se oxida mediante ácido nítrico en presencia de un catalizador para formar ácido adípico. El óxido nitroso ( $N_2O$ ) se genera como un producto derivado no intencional de la etapa de oxidación con ácido nítrico. Las emisiones de  $N_2O$  dependen tanto de la cantidad generada en el proceso de producción como de la cantidad destruida en todo proceso ulterior de reducción. En

las plantas de ácido adípico puede haber reducción intencional de  $N_2O$  mediante la instalación de equipos específicamente diseñados para destruirlo.

De la producción de ácido adípico resultan también emisiones de COVDM, CO y  $NO_x$ . Las emisiones generadas por la producción de ácido adípico varían sustancialmente según el nivel de control implementado.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

Las emisiones de  $N_2O$  se calculan a partir de los datos de producción, tipo de tecnología y las condiciones de operación.

Puesto que no se encontraron datos de producción de ácido adípico en México –sólo existen datos de comercialización por exportaciones (posiblemente a partir de las importaciones de este producto)–, se considera que no existen emisiones de GEI.

### ■ IV.3.4 CARBURO DE SILICIO Y CARBURO DE CALCIO (2B4)

El carburo de silicio ( $SiC$ ) es un abrasivo artificial importante. Se produce a partir de la arena de sílice o de cuarzo y del coque de petróleo, el cual es utilizado como fuente de carbono. En el proceso de producción se mezcla la arena de sílice con el coque de petróleo que contiene carbono en una proporción molar de 1:3. Parte del carbono (alrededor de un 35%) queda contenido en el producto

y el resto se convierte en  $CO_2$  con exceso de oxígeno que se libera a la atmósfera como un producto derivado del proceso. El coque de petróleo utilizado en el proceso puede contener componentes volátiles que forman metano ( $CH_4$ ). Una parte del metano se escapa hacia la atmósfera principalmente durante la fase de arranque.

El carburo de calcio ( $\text{CaC}_2$ ) se fabrica por calentamiento del carbonato de calcio (piedra caliza), seguido de una reducción del  $\text{CaO}$  con carbono. Ambas etapas conducen a emisiones de  $\text{CO}_2$ . El

$\text{CaC}_2$  se utiliza en la producción de acetileno y cianamida, además de servir como agente reductor en los hornos de arco eléctrico para el acero.

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Las directrices del PICC de 1996 presentan dos métodos para estimar las emisiones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  de la producción de carburo de silicio:

- **Nivel 1a.** Basado en el consumo de coque de petróleo.
- **Nivel 1b.** Basado en la producción de carburo de silicio y calcio.

En cuanto a la fabricación de carburo de calcio, las estimaciones de emisiones de  $\text{CO}_2$  se pueden cal-

cular por el uso de materias primas (caliza y coque) o a partir de la producción.

No se estimaron las emisiones procedentes de la producción de carburo de silicio y calcio, puesto que sólo se tienen datos de 1998 y 2003. Sería recomendable obtener los datos de producción de carburos para el periodo completo a través de los fabricantes, ya que la información públicamente disponible en las estadísticas nacionales sólo cubre los dos años referidos.

### ■ IV.3.5 OTROS QUÍMICOS (2B5)

La industria petroquímica utiliza combustibles fósiles o productos de refinería de petróleo como alimentación a sus procesos. En esta sección se estiman las emisiones de GEI y de precursores de ozono provenientes de la elaboración de los productos petroquímicos siguientes: ácido sulfúrico,

acrilonitrilo, anhídrido ftálico, bióxido de titanio, coque de petróleo, dicloroetileno, estireno, etilbenceno, etileno, formaldehído, metanol, negro de humo, policloruro de vinilo, poliestireno, polietileno (baja y alta densidad), polipropileno, y propileno.

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, los procesos de elaboración del negro de humo, etileno, dicloroetileno, estireno, metanol y coque son fuentes potenciales de emisiones de  $\text{CH}_4$ .

Además, la elaboración de diversos productos petroquímicos genera emisiones de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  y COVDM.

## ■ IV.3.6 EMISIONES DE LA INDUSTRIA QUÍMICA

En el período 1990-2010 las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. Gg a 1,548.9 Gg, lo que equivale a una TCMA de la industria química redujeron 66.2%, de 4,579.8 Gg a 1,548.9 Gg, lo que equivale a una TCMA negativa de 5.3% (Cuadro IV.5).

CUADRO IV.5  
Emisiones de la industria química en Gg de CO<sub>2</sub> eq

Año	Producción de amoniaco	Producción de ácido nítrico		Otro químicos*		Total
	(Gg de CO <sub>2</sub> )	(Gg de N <sub>2</sub> O)	(Gg de CO <sub>2</sub> eq.)	Gg de CH <sub>4</sub>	(Gg de CO <sub>2</sub> eq.)	(Gg de CO <sub>2</sub> eq.)
1990	3,948.0	1.770	548.7	3.957	83.1	4,579.8
1991	4,053.0	2.113	654.9	3.523	74.0	4,781.9
1992	4,017.0	1.097	340.0	3.669	77.1	4,434.1
1993	3,205.5	1.368	424.1	3.172	66.6	3,696.2
1994	3,702.0	1.498	464.3	3.406	71.5	4,237.8
1995	3,633.0	2.825	875.9	3.646	76.6	4,585.4
1996	3,750.0	3.551	1100.7	3.694	77.6	4,928.3
1997	3,196.5	2.744	850.8	3.587	75.3	4,122.6
1998	2,728.5	2.496	773.8	3.600	75.6	3,577.9
1999	1,830.0	2.074	643.0	3.439	72.2	2,545.2
2000	1,384.5	0.899	278.8	3.488	73.3	1,736.6
2001	1,062.0	0.750	232.6	2.997	62.9	1,357.5
2002	1,018.5	0.389	120.5	2.912	61.2	1,200.1
2003	801.0	0.361	111.9	3.158	66.3	979.3
2004	1,020.0	0.358	111.1	3.350	70.3	1,201.4
2005	769.5	0.377	116.9	3.239	68.0	954.4
2006	888.0	0.428	132.8	3.315	69.6	1,090.4
2007	1,140.0	0.426	132.2	3.154	66.2	1,338.4
2008	1,347.0	0.424	131.6	3.290	69.1	1,547.7
2009	1,185.0	0.423	131.0	3.367	70.7	1,386.7
2010	1,348.5	0.421	130.4	3.331	70.0	1,548.9

\* Dicloroetileno, estireno, etileno, metanol y negro de humo.

Las emisiones de SO<sub>2</sub>, COVDM, CO y NO<sub>x</sub> de la industria química se muestran en el Anexo D.

## IV.4 INDUSTRIA DE LOS METALES (2C)

Esta subcategoría de Procesos Industriales estima las emisiones generadas por la producción de hierro y acero (2C1), ferroaleaciones (2C2) y aluminio

primario (2C3), así como por el uso de hexafluoruro de azufre en la fabricación de aluminio y magnesio (2C4).

### ■ IV.4.1 PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO (2C1)

El CO<sub>2</sub> emitido por la industria del hierro y acero está asociado con la producción de hierro y, más específicamente, con el uso del carbono para convertir el mineral de hierro en hierro metálico. El carbono se suministra al alto horno principalmente bajo la forma de coque producido a partir del carbón coquizable de grado metalúrgico. El carbono cumple una doble función en el proceso de fabricación del hierro: primeramente como agente reductor para convertir los óxidos de hierro en hierro y también como fuente de energía para proporcionar calor cuando el carbono y el oxígeno reaccionan en forma exotérmica.

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, diferentes etapas del proceso de producción de hierro y acero pueden dar lugar a emisiones de NO<sub>x</sub>, CO, COVDM y SO<sub>2</sub>. La mayor parte de estas emisiones proceden durante la laminación debido al combustible utilizado para el caldeo del proceso. Sin embargo, la laminación en frío genera emisiones de diversos gases, además de las emisiones derivadas de la quema de combustibles.

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Las directrices del PICC de 1996 presentan dos métodos para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción del hierro y acero:

- **Nivel 1a.** Basado en el consumo del agente reductor.
- **Nivel 1b.** Basado en la producción de hierro y acero.

En el caso de la industria siderúrgica se decidió emplear el método del nivel 1a, puesto que se cuenta con información sobre la materia prima utilizada.

### ■ IV.4.2 PRODUCCIÓN DE FERROALEACIONES (2C2)

Son las aleaciones concentradas de hierro con uno o más metales, tales como silicio, manganeso, cromo, molibdeno, vanadio y tungsteno. La pro-

ducción de ferroaleaciones emplea un proceso de reducción metalúrgica que genera emisiones significativas de CO<sub>2</sub>.

También se originan emisiones potenciales de CO, NO<sub>x</sub>, COVDM y SO<sub>2</sub> en los procesos de producción.

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Las directrices del PICC de 1996 presentan dos métodos para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de ferroaleaciones:

- **Nivel 1a.** Basado en la cantidad del agente reductor.

- **Nivel 1b.** Basado en la producción de ferroaleaciones.

Con base en la información disponible, se empleó el método basado en la producción (nivel 1b).

### ■ IV.4.3 PRODUCCIÓN DE ALUMINIO (2C3)

El aluminio primario se produce en dos fases. En la primera, el mineral de bauxita se tritura, purifica y calcina para obtener alúmina, y en la segunda se somete a un proceso de reducción en grandes cubas electrolíticas para obtener aluminio.

Las emisiones del proceso de producción más significativas son: emisiones de CO<sub>2</sub>, generadas por el consumo de los ánodos de carbono en la reacción que convierte el óxido de aluminio en aluminio metálico; y emisiones de PFC de CF<sub>4</sub> y C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, generadas durante los efectos de ánodo. Se generan también cantidades menores de emisiones de proceso de CO, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Las directrices del PICC de 1996 presentan dos métodos para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de aluminio:

- **Nivel 1a.** Basado en la cantidad del agente reductor.
- **Nivel 1b.** Basado en la producción de metal primario y del consumo específico de carbono.

Con base en la información disponible, se empleó el método basado en la producción (nivel 1b) y se utilizaron los factores de emisión por defecto.



#### ■ IV.4.4 USO DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE PROCEDENTE DE LA PRODUCCIÓN DE ALUMINIO Y MAGNESIO (2C4)

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, el SF<sub>6</sub> se utiliza en la industria del aluminio como gas de cobertura solamente para productos especiales de fundición. El SF<sub>6</sub> no se emite durante el proceso electrolítico de fabricación de aluminio primario y se emplea raramente en el proceso de fabricación del aluminio; cuando esto sucede se emiten reducidas cantidades al adicionar fundente a las aleaciones especiales de magnesio y aluminio.

Según la Guía de Buenas Prácticas, el SF<sub>6</sub> se usa en la industria del aluminio como gas de cobertura en las fundiciones para evitar la oxidación del magnesio fundido. Se supone que todo el SF<sub>6</sub> usado como gas de cobertura se emite a la atmósfera.

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

No se cuenta con información sobre la producción de magnesio primario o secundario, ni sobre la fundición o moldeo de magnesio en México. De acuerdo con las estadísticas de la Asociación Internacional de Magnesio,<sup>4</sup> la producción mundial del metal de magnesio se concentra en Estados Unidos, Brasil, Canadá, China, Francia, Israel, Kazajstán, Noruega, Rusia, Ucrania y Serbia.

En México, únicamente se reporta la producción de sulfato de magnesio, de magnesita (MgCO<sub>3</sub>) y de magnesia (MgO – óxidos de magnesio calcinado, sinterizado o fundido).

#### ■ IV.4.5 EMISIONES DE LA INDUSTRIA DE LOS METALES

En el período 1990-2010 las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. de la industria de los metales redujeron 33.1%, de

8,408.0 Gg a 5,627.6 Gg, lo que equivale a una TCMA negativa de 2.0% (Cuadro IV.6).

CUADRO IV.6  
Emisiones de la producción de metales en Gg de CO<sub>2</sub> eq

Año	Hierro y acero	Ferroaleaciones	Aluminio	Total
1990	7,245.2	418.3	744.5	8,408.0
1991	6,533.5	349.7	378.1	7,261.3
1992	6,302.3	309.6	334.3	6,946.2
1993	6,019.7	297.2	204.1	6,521.1

4. Ver <<http://www.intlmag.org/statistics.html>>.

CUADRO IV.6 (CONTINÚA)  
Emisiones de la producción de metales en Gg de CO<sub>2</sub> eq

Año	Hierro y acero	Ferroaleaciones	Aluminio	Total
1994	6,152.7	309.9		6,462.5
1995	6,657.6	207.8	82.5	6,947.9
1996	6,771.5	268.4	486.5	7,526.4
1997	6,632.1	291.1	525.6	7,448.8
1998	6,827.9	316.6	533.5	7,678.0
1999	6,905.3	321.0	615.1	7,841.4
2000	6,928.6	328.3	670.2	7,927.1
2001	6,403.0	222.3	407.9	7,033.2
2002	4,498.4	186.2	308.9	4,993.5
2003	4,532.5	227.5	198.0	4,958.1
2004	4,479.7	291.4	158.4	4,929.5
2005	4,624.7	324.5	158.4	5,107.7
2006	4,865.6	268.6	158.4	5,292.6
2007	4,762.6	305.1	158.4	5,226.1
2008	4,796.9	350.1	158.4	5,305.5
2009	4,077.9	212.6	158.4	4,448.9
2010	5,111.0	358.2	158.4	5,627.6

Las emisiones de COVDM, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, y CO, de la industria de los metales se muestran en el Anexo D.

## IV.5 OTRAS INDUSTRIAS (2D)

Esta subcategoría estima las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero asociadas a la pro-

ducción de celulosa y papel (2D1) y a la fabricación de alimentos y bebidas (2D2).

### ■ IV.5.1 CELULOSA Y PAPEL (2D1)

La producción de celulosa y papel incluye tres etapas principales: reducción de celulosa, blanqueo y producción de papel. El tipo de transformación

en celulosa y la cantidad de decolorante utilizado dependen de la clase de materia prima y de la calidad deseada del producto final.

Existen dos procesos químicos principales:

- Método Kraft (también denominado al sulfato). Este proceso es el más difundido a nivel nacional y se emplea comúnmente para fabricar productos de papel resistentes. En este proceso se adiciona sulfato de sodio para disolver químicamente los enlaces de lignina de las fibras de madera. Este método requiere los procesos de blanqueo, recuperación química y recuperación de subproductos.
- Reducción a pulpa con sulfito. En este proceso, el papel fabricado es más suave que el producido con otros tipos de procesos, pero la celulosa es menos oscura y requiere menos blanqueo, por lo que sus productos son más apropiados para imprentas. Este proceso puede ser subdividido en:
  - » Proceso con bisulfito, basados en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), calcio (Ca), magnesio ( $\text{MgO}$ ) y sodio (Na).
  - » Proceso semiquímico neutro con sulfito.

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, las estimaciones de las emisiones pueden basarse en la producción total anual de celulosa de papel

seca, desglosada según el tipo de proceso: Kraft, bisulfito y sulfito neutro.

### ■ IV.5.2 ALIMENTOS Y BEBIDAS (2D2)

La producción de bebidas alcohólicas, la panificación y la elaboración de otros productos generan

principalmente emisiones de COVDM.

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, las estimaciones de las emisiones están basadas en la producción total anual del proceso de elabora-

ción de cada alimento o bebida de manera desglosada por categorías, conforme a la clasificación sugerida.

### ■ IV.5.3 EMISIONES DE OTRAS INDUSTRIAS

Con base en los datos de actividad y los factores de emisión, se estimaron las emisiones de COVDM procedentes de la producción de celulosa y papel

y la elaboración de alimentos y bebidas para el periodo 1990-2010, mismas que se muestran en el Anexo D.

## IV.6 PRODUCCIÓN DE HALOCARBONOS (2E)

La liberación de HFC y PFC a la atmósfera puede ser resultado de emisiones como residuos o subproductos durante su fabricación o como resultado de fugas.

### ■ IV.6.1 EMISIONES COMO RESIDUOS O SUBPRODUCTOS (2E1)

Se estima que las emisiones de HFC-23 derivadas de la fabricación de HCFC-22 equivalen a alrededor de 4% de la producción de HCFC-22, suponiendo que no se han adoptado medidas para su reducción.

En el método del nivel 1, recomendado por las Directrices del PICC de 1996, las emisiones se pueden estimar utilizando un factor relacionado con la generación de HFC-23 a partir de la producción nacional de HCFC-22.

### ■ IV.6.2 EMISIONES FUGITIVAS (2E2)

Las emisiones fugitivas ocurren durante la producción y distribución de las sustancias químicas. En el caso de los halocarbonos, se estima que las emisiones fugitivas pueden ser de aproximadamente 0.5% de la producción total para cada componente.

Los datos de actividad sobre la producción de HFC y PFC se obtuvieron de la información reportada por las empresas Dupont México y Quimobásicos. Para el período 1990-2010, ambas reportaron no tener producción de HFC y PFC.

### ■ IV.6.3 EMISIONES POR LA PRODUCCIÓN DE HALOCARBONOS

En el período 1990-2010 las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. de la producción de halocarbonos aumentaron 401.9%, de 776.5 Gg a 3,897.8 Gg, lo que equivale a una TCMA de 8.4% (Cuadro IV.7).

CUADRO IV.7  
Emisiones de HFC-23 como subproducto de la producción de HCFC-22

Año	Emisiones de HFC-23 (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)	Año	Emisiones de HFC-23 (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)
1990	776.5	2001	989.7
1991	901.3	2002	1,528.0
1992	578.2	2003	1,580.5
1993	888.0	2004	2,331.4
1994	709.8	2005	2,710.7
1995	661.3	2006	3,862.9
1996	1,666.1	2007	4,371.0
1997	1,703.4	2008	4,331.1
1998	1,339.6	2009	3,930.5
1999	1,847.4	2010	3,897.8
2000	1,331.6		

## IV.7 CONSUMO DE HALOCARBONOS Y HEXAFLUORURO DE AZUFRE (2F)

### ■ IV.7.1 CONSUMO DE HALOCARBONOS (2F1)

Los hidrofluorocarbonos (HFC) y, en una medida muy limitada, los perfluorocarbonos (PFC) sirven como alternativas a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) y que están siendo retiradas de circulación en virtud del Protocolo de Montreal. Las áreas actuales y previsibles de aplicación de los HFC y PFC incluyen: refrigeración y aire

acondicionado; extinción de incendios y protección contra explosiones; aerosoles; limpieza con solventes; agentes espumantes, y otras aplicaciones (en los equipos de esterilización, para las aplicaciones de expansión del tabaco y como solventes en la fabricación de adhesivos, revestimientos y tintas).

#### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Se utilizó el nivel 1 de las directrices del PICC de 1996 para estimar las emisiones procedentes de sustitutos de SAO:

- **Nivel 1:** Método básico o de emisiones potenciales. En este método, las emisiones

potenciales de una sustancia química se determinan por el consumo neto de la sustancia química menos la cantidad de la sustancia química recuperada para su destrucción o exportada.

---

**Emisiones potenciales = Producción + Importación  
- Exportación - Destrucción**

---

Este método se divide en dos subniveles, dependiendo si se toman en cuenta los HFC o PFC en los productos:

- » **Nivel 1a:** Considera únicamente las sustancias químicas importadas o exportadas a granel.
- » **Nivel 1b:** Incluye los HFC/PFC contenidos en diversos productos importados y exportados.

Este método supone que todas las sustancias químicas consumidas escapan a la atmósfera si no son destruidas, y a largo plazo las emisiones potenciales serán iguales a las emisiones reales.

## ■ IV.7.2 CONSUMO DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE (2F2)

El hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ) se utiliza como aislante eléctrico y para interrumpir la corriente en los equipos utilizados en la transmisión y distribución de electricidad. Las emisiones se producen en cada etapa del ciclo de vida útil de los equipos, incluida la fabricación, instalación, uso, mantenimiento y eliminación. La mayor parte del  $\text{SF}_6$  utilizado en los equipos eléctricos se emplea en conmutadores y subestaciones con aislamiento de

gas (GIS, por sus siglas en inglés), así como en los disyuntores a gas (GCB, por sus siglas en inglés). También se emplea en líneas de alta tensión con aislamiento de gas, en transformadores para aparatos de medida externos con aislamiento de gas y en otros equipos. Mundialmente, los equipos eléctricos son los mayores consumidores y los más importantes usuarios de  $\text{SF}_6$ .

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

La elección del método depende en gran medida de las circunstancias nacionales. En este caso, se utilizó el método del nivel 2a de la Guía de Buenas Prácticas debido a las razones siguientes:

- Se dispone de datos limitados de  $\text{SF}_6$  relacionado con los servicios públicos.
- Se obtuvieron datos de actividad y factores de emisión para el análisis en el ciclo de vida útil de los equipos.
- Se cuenta con datos de los equipos instalados.

### IV.7.3 EMISIONES POR CONSUMO DE HALOCARBONOS

Las emisiones potenciales de HFC se estimaron al sumar la producción y las importaciones y posteriormente restar las exportaciones (Cuadro IV.8 y IV.9).

CUADRO IV.8  
Emisiones potenciales de HFC (toneladas de cada gas)

Año	HFC -23	HFC -32	HFC -43-10	HFC -43-10-mee	HFC -125	HFC -134a	HFC -143	HFC -143a	HFC -152a	HFC -227ea	HFC -236fa	HFC -245ea
1990	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1991	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1992	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1993	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	293.881	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1994	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	356.659	0.000	0.000	1.769	0.000	0.000	0.000
1995	0.054	0.000	0.000	0.000	0.052	816.173	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1996	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1,129.517	0.000	0.000	10.000	0.000	0.000	0.000
1997	0.000	0.000	0.000	0.000	19.272	1,541.456	0.000	22.776	30.300	0.000	0.000	0.000
1998	0.063	0.000	0.000	0.000	27.176	1,952.580	0.000	31.208	17.900	0.000	0.000	0.000
1999	0.588	2.300	0.000	0.000	28.332	2,324.809	0.000	30.256	22.600	0.000	0.000	0.000
2000	0.308	5.566	0.000	0.000	38.920	3,148.276	0.000	38.110	6.000	0.000	0.000	0.000
2001	0.311	8.510	0.000	0.000	68.634	2,660.585	0.000	69.272	6.000	0.000	0.000	0.000
2002	0.082	11.730	0.000	0.000	91.050	2,834.171	0.000	91.100	17.220	0.000	0.000	0.000
2003	0.434	9.338	0.000	0.000	83.938	2,875.239	0.000	97.394	6.200	0.000	0.000	0.000
2004	0.490	13.037	0.000	0.000	109.143	2,549.368	3.007	113.649	11.712	0.540	0.540	0.000
2005	0.693	17.402	0.245	0.000	128.634	3,637.744	3.208	135.098	35.488	2.792	0.676	0.000
2006	0.915	106.941	0.000	0.381	264.910	5,469.112	4.812	182.043	49.059	0.545	0.000	0.000
2007	1.182	41.669	0.000	0.354	233.442	6,235.778	0.000	224.931	110.460	1.090	0.000	56.950
2008	0.885	92.727	0.000	0.327	322.148	6,788.631	0.000	268.002	99.930	4.358	0.000	26.830
2009	1.634	328.338	0.000	0.245	534.770	6,365.077	0.000	242.003	69.976	4.358	0.000	50.130
2010	1.089	925.946	0.000	0.708	1,172.447	7,503.270	0.000	290.174	37.428	3.269	0.000	43.860

CUADRO IV.9  
Emisiones potenciales de HFC (Gg de CO<sub>2</sub> eq)

Año	HFC -23	HFC -32	HFC -43-10mee	HFC -125	HFC -134a	HFC -143	HFC -143a	HFC -152a	HFC -227ea	HFC -236fa	HFC -245ca	Total de HFC
1990	11700	650	1300	2800	1300	300	3800	140	2900	6300	560	0.0
1991	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
1992	0.000	0.000	0.000	0.000	40.351	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	40.4
1993	0.000	0.000	0.000	0.000	382.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	382.0
1994	0.000	0.000	0.000	0.000	463.657	0.000	0.000	0.248	0.000	0.000	0.000	463.9
1995	0.632	0.000	0.000	0.146	1,061.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1,061.8
1996	0.000	0.000	0.000	0.000	1,468.372	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000	0.000	1,469.8
1997	0.000	0.000	0.000	53.962	2,003.893	0.000	86.549	4.242	0.000	0.000	0.000	2,148.6
1998	0.737	0.000	0.000	76.093	2,538.354	0.000	118.590	2.506	0.000	0.000	0.000	2,736.3
1999	6.880	1.495	0.000	79.330	3,022.252	0.000	114.973	3.164	0.000	0.000	0.000	3,228.1
2000	3.604	3.618	0.000	108.976	4,092.759	0.000	144.818	0.840	0.000	0.000	0.000	4,354.6
2001	3.639	5.532	0.000	192.175	3,458.761	0.000	263.234	0.840	0.000	0.000	0.000	3,924.2
2002	0.959	7.625	0.000	254.940	3,684.422	0.000	346.180	2.411	0.000	0.000	0.000	4,296.5
2003	5.078	6.070	0.000	235.026	3,737.811	0.000	370.097	0.868	0.000	0.000	0.000	4,354.9
2004	5.731	8.474	0.000	305.599	3,314.179	0.902	431.866	1.640	1.566	3.402	0.000	4,073.4
2005	8.107	11.311	0.000	360.174	4,729.067	0.962	513.372	4.968	8.097	4.262	0.000	5,640.3
2006	10.706	69.512	0.496	741.748	7,109.846	1.444	691.764	6.868	1.580	0.000	0.000	8,634.0
2007	13.829	27.085	0.460	653.638	8,106.511	0.000	854.737	15.464	3.161	0.000	31.892	9,706.8
2008	10.355	60.273	0.425	902.016	8,825.221	0.000	1,018.409	13.990	12.638	0.000	15.025	10,858.4
2009	19.118	213.420	0.319	1,497.355	8,274.600	0.000	919.611	9.797	12.638	0.000	28.073	10,974.9
2010	12.741	601.865	0.920	3,282.852	9,754.251	0.000	1,102.661	5.240	9.480	0.000	24.562	14,794.6



## ■ IV.7.4 EMISIONES POR CONSUMO DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE

Empleando la ecuación de la Guía de Buenas Prácticas y los datos de actividad, las emisiones de SF<sub>6</sub> de los equipos eléctricos de transmisión de la CFE se muestran en el Cuadro IV.10. Las emisiones de

SF<sub>6</sub> en CO<sub>2</sub> eq. aumentaron 319.7%, de 29.6 Gg a 124.4 Gg, lo que equivale a una TCMA de 7.4% (Cuadro IV.10).

CUADRO IV.10  
Emisiones de SF<sub>6</sub> en los equipos de la CFE

Año	Emisiones		Año	Emisiones	
	(Gg de SF <sub>6</sub> )	(Gg de CO <sub>2</sub> eq.)		(Gg de SF <sub>6</sub> )	(Gg de CO <sub>2</sub> eq.)
1990	0.0012	29.636	2001	0.0025	59.807
1991	0.0013	32.056	2002	0.0029	69.848
1992	0.0015	35.882	2003	0.0033	77.984
1993	0.0017	40.188	2004	0.0035	84.206
1994	0.0017	41.148	2005	0.0038	91.382
1995	0.0018	42.583	2006	0.0038	90.911
1996	0.0021	50.233	2007	0.0047	111.943
1997	0.0022	51.674	2008	0.0046	110.052
1998	0.0022	53.110	2009	0.0045	108.138
1999	0.0023	55.023	2010	0.0052	124.388
2000	0.0024	56.937			

AGRICULTURA  
(4)

---

V



# V AGRICULTURA (4)

En este capítulo se presenta la actualización de la categoría Agricultura<sup>1</sup> del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero en México. En esta categoría se determinan las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) generadas durante el periodo 1990-2010, mediante la metodología propuesta, actualizada y validada por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC) en 1996.

En la categoría 4 de las directrices del PICC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996, se consideran las emisiones de GEI de cinco fuentes:

- Actividades ganaderas: fermentación entérica y manejo del estiércol.
- Cultivo de arroz en campos anegados.
- Quema prescrita de sabanas.<sup>2</sup>
- Quema en campo de residuos agrícolas.
- Manejo de suelos agrícolas.

Se identificaron variaciones relevantes en las emisiones, derivadas de tres puntos en particular:

- a) Aumento en el número de aves de corral,
- b) decremento en cabezas de caballos, mulas y asnos, y
- c) una nueva estimación de las emisiones de N<sub>2</sub>O en suelos agrícolas, derivadas del sistema de manejo de estiércol al considerar: almacenamiento sólido, parcelas secas, praderas y pastizales.

Las subcategorías establecidas por el PICC para esta categoría se resumen en el Cuadro V.1.

1. En inglés, el nombre del sector es *Agriculture*, concepto que en ese idioma incluye actividades agrícolas y pecuarias.

2. Esta fuente no se presenta en México, las sabanas son biomas propios del continente africano.

CUADRO V.1  
Subcategorías del PICC para la Categoría Agricultura (4)

4A Fermentación entérica	Incluye 10 tipos distintos de animales
4B Manejo de estiércol	Incluye 10 tipos distintos de animales
4C Cultivo de arroz	
4D Manejo de suelos agrícolas	
4E Quema prescrita de sabanas	
4F Quema en campo de residuos agrícolas	

## V.1 CONTEXTO NACIONAL DEL SECTOR AGROPECUARIO

México cuenta con un territorio de 1.96 millones de kilómetros cuadrados, de los cuales 145 millones de ha se dedican a la actividad agrícola y pecuaria; 30 millones de ha son consideradas tierras de cultivo y 115 millones de ha son de agostadero (SAGARPA, 2012). La producción agrícola y ganadera son una actividad fundamental de las zonas rurales, en donde habita 22% de la población nacional (INEGI, 2010). Por ello, el desarrollo rural es un elemento clave para el progreso de nuestro país.

Desde 1990 la economía de México se ha caracterizado por tener periodos de estabilidad financiera; no obstante, también se han experimentado crisis económicas (interna en 1995 y global en 2009) que han representado puntos de inflexión a la baja en los indicadores socioeconómicos más importantes como el empleo, los salarios y la pobreza, que han impactado de forma directa el sector agropecuario.

Datos del INEGI muestran que la inversión en México dedicada a este sector es de 3.8% respecto al PIB; en los últimos años las actividades agropecuarias han experimentado una disminución en la producción de los cultivos y el número de cabezas de ganado debida a fenómenos hidrometeorológicos atípicos y extremos, entre los que se encuentran: sequías, heladas e inundaciones.

La producción agrícola y ganadera tiene como objetivo principal el de proveer alimento a la población. Por esta razón, conocer la situación actual de este sector es un tema prioritario para garantizar la seguridad alimentaria en México y así poder implementar acciones que permitan el desarrollo, la permanencia y la sustentabilidad de las actividades agrícolas y pecuarias. Datos actuales indican un incremento de 47.5% en la importación de granos, es decir 11.2 millones de toneladas, con un costo de 2,164 millones de dólares.<sup>3</sup>

3. Para saber más sobre el estado actual del sector agropecuario en México, se recomienda consultar el estudio *Diagnóstico del sector rural y pesquero*. (SAGARPA / FAO, 2012).

## V.2 RESULTADOS DEL INEGEI EN LA CATEGORÍA AGRICULTURA

En el periodo comprendido entre 1990 y 2010, las emisiones totales de la Categoría Agricultura en gigagramos de bióxido de carbono equivalente (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) fueron en promedio de 89,129.01 Gg de CO<sub>2</sub> eq., con un máximo de 92,785.90 Gg de CO<sub>2</sub> eq., correspondiente a 1990, y con un mínimo de 86,161.00 Gg de CO<sub>2</sub> eq. en 1999.

En el año base de 1990, las emisiones totales de la categoría se estimaron en 92,785.90 Gg de CO<sub>2</sub> eq., mientras que para 2010 las emisiones registradas fueron 92,184.60 Gg de CO<sub>2</sub> eq. Se aprecia que entre 1990 y 1999 existen diferencias graduales de  $\pm$  7% en las emisiones; en general, la variación en las emisiones entre el año inicial y el año final es de -1%.

Las principales causas de la variación en las emisiones a lo largo del periodo de análisis se atribuyen a la dinámica del número de cabezas; el ganado vacuno para carne disminuye un 5.57%, mientras que las aves aumentan 162.52%. Asimismo, se aprecia una reducción en cabezas de equinos (63.99%), mulas y asnos (78.04%) y cabras (13.85%); y un incremento de ganado lechero (59.71%), ovinos (38.65%) y porcinos (1.53%).

El objetivo de este capítulo es actualizar las emisiones de GEI generadas en el sector a partir de la actualización de diferentes parámetros, entre los que se incluyen: los valores de los factores de emisión y de los datos de actividad, datos censales, de los rubros comprendidos entre las actividades agrícolas y pecuarias en México, considerando además las emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O provenientes de suelos agrícolas.

En comparación con inventarios anteriores, las emisiones de CH<sub>4</sub> no presentan diferencias; sin embargo, las correspondientes a N<sub>2</sub>O pasan de 15% a poco más de la mitad con 57%, debido a la actualización de las hojas de cálculo de la metodología del PICC, que en versiones anteriores presentaba una omisión en el cálculo en las emisiones de óxido nitroso provenientes de suelos que no había sido detectada previamente. Este hecho ocasionó un incremento significativo en las estimaciones, con resultados más precisos a las condiciones del sector agropecuario en México.

La actualización del sector agropecuario del INEGEI de México, para el periodo comprendido entre 1990 y 2010, presenta los valores estimados de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq., expresados en gigagramos (Gg).

Se puede observar que en este periodo las emisiones promedio del subsector agrícola son de 50.6% y las del subsector pecuario del 49.4%; con relación a los gases, las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) ocupan en promedio 43% y las de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) el restante 57% (Cuadros V.2, V.3 y Figura V.1).

CUADRO V.2

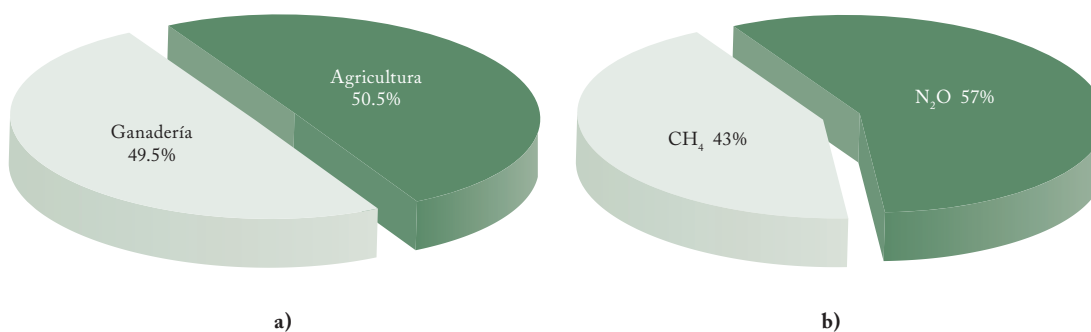
Emisiones de GEI por subsector en la categoría Agricultura entre 1990-2010 (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Año	Emisiones del Subsector Pecuario (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)	%	Emisiones del Subsector Agrícola (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)	%	Total (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)
1990	46,230.70	49.83	46,555.20	50.17	92,785.90
1991	45,815.90	50.32	45,225.60	49.68	91,041.50
1992	45,009.00	50.13	44,768.20	49.87	89,777.20
1993	44,714.20	49.58	45,470.90	50.42	90,185.10
1994	44,400.40	49.45	45,391.60	50.55	89,792.00
1995	43,844.60	49.68	44,402.60	50.32	88,247.20
1996	42,490.70	49.25	43,776.60	50.75	86,267.30
1997	43,016.00	49.47	43,930.80	50.53	86,946.80
1998	43,264.20	49.43	44,270.50	50.57	87,534.70
1999	42,338.00	49.14	43,823.00	50.86	86,161.00
2000	42,935.30	49.32	44,124.30	50.68	87,059.60
2001	43,083.70	49.13	44,600.70	50.87	87,684.40
2002	44,047.50	49.57	44,818.40	50.43	88,865.90
2003	44,024.10	49.43	45,031.90	50.57	89,056.00
2004	43,884.00	49.17	45,360.10	50.83	89,244.10
2005	43,518.80	49.04	45,226.80	50.96	88,745.60
2006	43,712.10	49.11	45,287.80	50.89	88,999.90
2007	44,058.50	49.15	45,576.80	50.85	89,635.30
2008	44,503.00	49.45	45,488.30	50.55	89,991.30
2009	45,114.50	49.30	46,389.30	50.70	91,503.80
2010	45,515.00	49.37	46,669.60	50.63	92,184.60

CUADRO V.3  
Emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en la categoría Agricultura entre 1990-2010  
(Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Año	Emisiones de CH <sub>4</sub> (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)	%	Emisiones de N <sub>2</sub> O (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)	%	Total (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)
1990	40,312.80	43.45	52,473.10	56.55	92,785.90
1991	39,982.20	43.92	51,059.30	56.08	91,041.50
1992	39,317.40	43.79	50,459.80	56.21	89,777.20
1993	38,703.20	42.92	51,481.90	57.08	90,185.10
1994	38,493.60	42.87	51,298.40	57.13	89,792.00
1995	37,997.40	43.06	50,249.80	56.94	88,247.20
1996	36,831.50	42.69	49,435.80	57.31	86,267.30
1997	37,324.70	42.93	49,622.10	57.07	86,946.80
1998	37,545.50	42.89	49,989.20	57.11	87,534.70
1999	36,631.90	42.52	49,529.10	57.48	86,161.00
2000	37,150.30	42.67	49,909.30	57.33	87,059.60
2001	37,192.40	42.42	50,492.00	57.58	87,684.40
2002	38,045.90	42.81	50,820.00	57.19	88,865.90
2003	38,084.60	42.76	50,971.40	57.24	89,056.00
2004	37,911.50	42.48	51,332.60	57.52	89,244.10
2005	37,572.80	42.34	51,172.80	57.66	88,745.60
2006	37,746.70	42.41	51,253.20	57.59	88,999.90
2007	38,040.60	42.44	51,594.70	57.56	89,635.30
2008	38,380.30	42.65	51,611.00	57.35	89,991.30
2009	38,933.00	42.55	52,570.80	57.45	91,503.80
2010	39,247.10	42.57	52,937.50	57.43	92,184.60

FIGURA V.1  
Distribución de emisiones GEI en la categoría Agricultura generadas por  
a) subsector y b) tipo de gas en México para el periodo 1990-2010





Se aprecia que las emisiones del sector no tienen un patrón de incremento lineal, sino que presentan variaciones derivadas de causas multifactoriales tales como:

- a) La importación de granos básicos como arroz, frijol y maíz;
- b) la reducción de actividades del sector pecuario por crisis económicas, y
- c) eventos extremos de cambio en los patrones de temperatura y precipitación.

Asimismo, se identificaron cambios en las emisiones, derivadas de tres puntos en particular:

- a) El aumento de la población de aves y la inclusión de pavos en el cálculo de las emisiones generadas por la avicultura (SIAP-SAGARPA, 2012),
- b) la disminución de cabezas de caballos, mulas y asnos reportadas por el INEGI (2009), el aumento en el número de cabezas de ganado lechero y la disminución de 2 millones de cabezas de ganado para carne, y
- c) nuevas estimaciones de óxido nítrico por manejo del estiércol, debidas a omisiones en la captura de datos de la población ganadera en inventarios anteriores, a partir de una recomendación directa del grupo de trabajo del PICC.

La información estadística recopilada para el presente inventario proviene de los Censos Agropecuarios del INEGI 1991 y 2007, así como del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), a cargo del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA.

También se revisaron datos censales del INEGI desde 1950 y se analizaron las tendencias centrales del incremento-decremento en animales domésticos. En particular se corrige el registro del número de cabezas de equinos (caballos, mulas y asnos), cuyas poblaciones están descendiendo.

En la realización de los cálculos se eligieron los métodos de estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) sugeridos por las directrices del PICC (1996). También se utilizaron las Guías de las Buenas Prácticas (GBP) del PICC para la categoría Agricultura del año 2000 (PICC, 2000), a fin de seguir y mejorar el cálculo de las emisiones de GEI generadas en el sector.

En cada subcategoría se partió del uso de los árboles de decisiones, que sirvieron como apoyo para definir el método, los factores de emisión y los datos de actividad.

Cuando no se contó con información nacional, se emplearon los factores de emisión de defecto, recomendados por las directrices del PICC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión 1996, revisada en 2006; asimismo, se tomaron como referencia las GBP y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del PICC.

Para aumentar la precisión y disminuir la incertidumbre de los inventarios, se requiere desarrollar más investigación específica sobre las actividades agropecuarias generadoras de GEI; por ejemplo, no se cuenta con estudios que asocien los sistemas de alimentación ganadera con los climas en México, un análisis de ese tipo permitiría reducir la incertidumbre asociada a los factores de emisión sugeridos por defecto por el PICC.

## ■ V.2.1 GANADERÍA

**Categorías PICC:** Fermentación entérica (4A) y Manejo de estiércol (4B) para 10 tipos distintos de animales.

La fermentación entérica (4A) forma parte de la descomposición de los alimentos que ocurre principalmente en rumiantes; en este proceso se libera metano como subproducto. Por otra parte, el estiércol generado (4B) en los sistemas ganaderos puede provocar impactos ambientales negativos si no existe un control en su almacenamiento, trans-

porte y disposición final, debido tanto a la emisión de metano y óxido nitroso hacia la atmósfera como a la acumulación de micro y macro nutrientes en el suelo y en los cuerpos hídricos superficiales (Rodríguez, 2012). El óxido nitroso generado por el manejo de estiércol proviene de su descomposición en condiciones anaeróbicas, estas condiciones se presentan en lugares donde se cría un número elevado de organismos en un área confinada (PICC, 1996).

### V.2.1.1 RESULTADOS

Las emisiones anuales promedio originadas por las actividades ganaderas en el periodo 1990-2010 son 44,072 Gg de CO<sub>2</sub> eq., que representan 49.45% del sector agropecuario (89,129 Gg de CO<sub>2</sub> eq.).

Las emisiones promedio de metano (CH<sub>4</sub>) para el periodo se estiman en 38,164 Gg de CO<sub>2</sub> eq.; de éstas, 36,813 Gg de CO<sub>2</sub> eq. se originaron por fermentación entérica y 1,105 Gg de CO<sub>2</sub> eq. por manejo del estiércol.

Las emisiones promedio de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) para el periodo se estiman en 6,153 Gg de CO<sub>2</sub> eq., originadas por manejo del estiércol (Figura V.2).

En el Cuadro V.4 se muestran las emisiones anuales de GEI generadas por las actividades pecuarias durante el periodo 1990-2010 en México. En el Anexo A se muestran los datos de actividad con información de las poblaciones ganaderas incluidas en el INEGI.

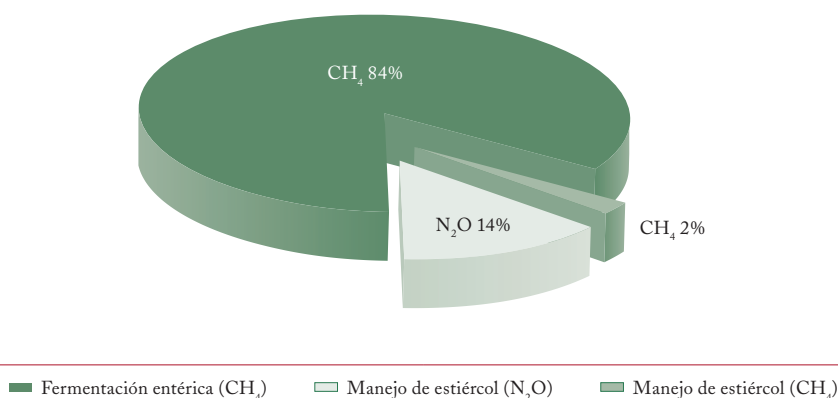
CUADRO V.4  
Emisiones anuales de GEI por actividades pecuarias durante el periodo 1990-2010 en México  
(Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Emisión (Gg)	Categoría	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
CH <sub>4</sub>	Fermentación entérica	1,848	1,836	1,803	1,778	1,765	1,743	1,688	1,707	1,721	1,681	1,705
	Manejo de estiércol	56	54	53	55	54	54	52	53	52	51	51
	<b>Total</b>	<b>1,904</b>	<b>1,890</b>	<b>1,856</b>	<b>1,833</b>	<b>1,819</b>	<b>1,797</b>	<b>1,740</b>	<b>1,760</b>	<b>1,773</b>	<b>1,732</b>	<b>1,756</b>
N <sub>2</sub> O	Manejo de estiércol	20	20	19	20	20	20	19	20	19	19	19
	<b>Total</b>	<b>1,924</b>	<b>1,910</b>	<b>1,875</b>	<b>1,853</b>	<b>1,839</b>	<b>1,817</b>	<b>1,759</b>	<b>1,780</b>	<b>1,792</b>	<b>1,751</b>	<b>1,775</b>

CUADRO V.4 (CONTINUA)  
**Emisiones anuales de GEI por actividades pecuarias durante el periodo 1990-2010 en México**  
**(Gg de CO<sub>2</sub> eq.)**

Emisión (Gg)	Categoría	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CH <sub>4</sub>	Fermentación entérica	1,711	1,752	1,752	1,744	1,727	1,735	1,749	1,767	1,792	1,808
	Manejo de estiércol	51	52	52	52	52	52	52	52	52	53
	<b>Total</b>	<b>1,762</b>	<b>1,804</b>	<b>1,804</b>	<b>1,796</b>	<b>1,779</b>	<b>1,787</b>	<b>1,791</b>	<b>1,819</b>	<b>1,844</b>	<b>1,861</b>
N <sub>2</sub> O	Manejo de estiércol	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21
	<b>Total</b>	<b>1,782</b>	<b>1,824</b>	<b>1,824</b>	<b>1,816</b>	<b>1,799</b>	<b>1,807</b>	<b>1,811</b>	<b>1,839</b>	<b>1,865</b>	<b>1,882</b>

FIGURA V.2  
**Distribución de las emisiones generadas por el ganado en México en el periodo 1990-2010**

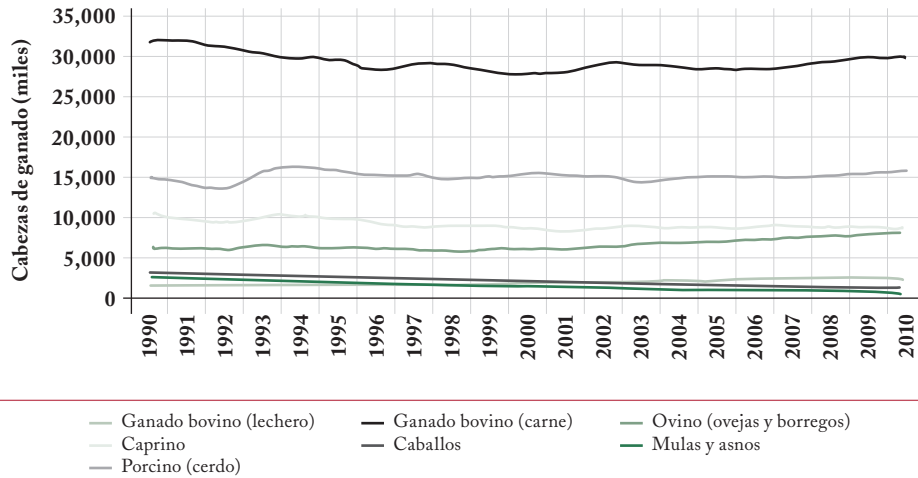


#### V.2.1.2 DATOS DE ACTIVIDAD

La información sobre el número de cabezas por tipo de ganado se tomó de la base de datos del SIACON (SIAP-SAGARPA, 2012) y de los

censos agropecuarios del INEGI (1991 y 2007). Los datos presentados se cotejaron con respecto al inventario anterior (Figura V.3).

FIGURA V.3  
Población ganadera en México (1990-2010)



La información censal permite apreciar que de 1990 a 1999 se presentan diferencias graduales de  $\pm 7\%$  en las poblaciones y que, en general, la diferencia entre 2010 y 1990 es de  $-1\%$ .

La dinámica poblacional de las especies ganaderas es la causa principal de las variaciones en las emisiones de GEI; por ejemplo, el ganado de carne disminuye  $5.57\%$ , mientras que las aves aumentan  $162.52\%$ . Asimismo, se aprecia una reducción

en cabezas de equinos ( $63.99\%$ ), mulas y asnos ( $78.04\%$ ) y cabras ( $13.85\%$ ); y un incremento de ganado lechero ( $59.71\%$ ), ovinos ( $38.65\%$ ) y porcinos ( $1.53\%$ ).

No se consideran las emisiones generadas por otras especies animales existentes en ranchos cinegéticos, colecciones privadas, zoológicos y circos, mismas que podrían ser relevantes.

### V.2.1.3 FACTORES DE EMISIÓN

Se usaron los factores de emisión generados por Ruiz Suárez y colaboradores (1999) para el cálculo de las emisiones provenientes de la fermentación entérica de ganado bovino, así como valores por defecto sugeridos por las directrices del PICC (ver Anexo B).

Algunos de estos factores son promedios ponderados de los animales con respecto a los estratos del hato definido por función, forma de producción y edad. La estructura del hato ganadero que se toma como modelo es la registrada por Ruiz y colaboradores (1997).

Para el ganado lechero, el factor de emisión empleado fue estimado por González y Ruiz (2001), mientras que el factor reportado para ganado de carne y doble propósito fue ligeramente menor al sugerido por defecto para los países de Latinoamérica (González y Ruiz, 2001).

Por otra parte, el factor de emisión por fermentación anaeróbica de desechos de ganado es un promedio ponderado tomado de González (1999) y González y Ruiz (2001), obtenidos de estudios experimentales desarrollados en México, cuyos valores podrían ser aplicables en otros países bajo condiciones similares.

## ■ V.2.2 AGRICULTURA

**Categorías PICC:** Cultivo de arroz (4C), Manejo de suelos agrícolas (4D) y Quema prescrita de sabanas (4E) y Quema en campo de residuos agrícolas (4F).

En la agricultura se han identificado algunas prácticas y actividades que originan emisiones de GEI. La descomposición anaerobia de la materia orgánica en los cultivos de arroz anegados (4C) genera emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ), principalmente en las épocas de crecimiento. El manejo de los suelos para el cultivo de plantas (4D) incluye una serie de insumos y actividades que modifican la dinámica

de nutrientes, en particular el ciclo del nitrógeno, lo que –entre otras cosas– origina emisiones de óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) a la atmósfera. Entre las fuentes de nitrógeno más relevantes destacan las excretas de los animales de pastoreo, el cultivo de especies fijadoras (principalmente leguminosas) y no fijadoras de nitrógeno atmosférico y la aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados. Por último, el fuego es un recurso empleado en algunas prácticas agrícolas, como la cosecha de la caña de azúcar (4E) y para la disposición final de los residuos originados por los cultivos, principalmente después de las cosechas (4F) (PICC, 1996).

### V.2.2.1 RESULTADOS

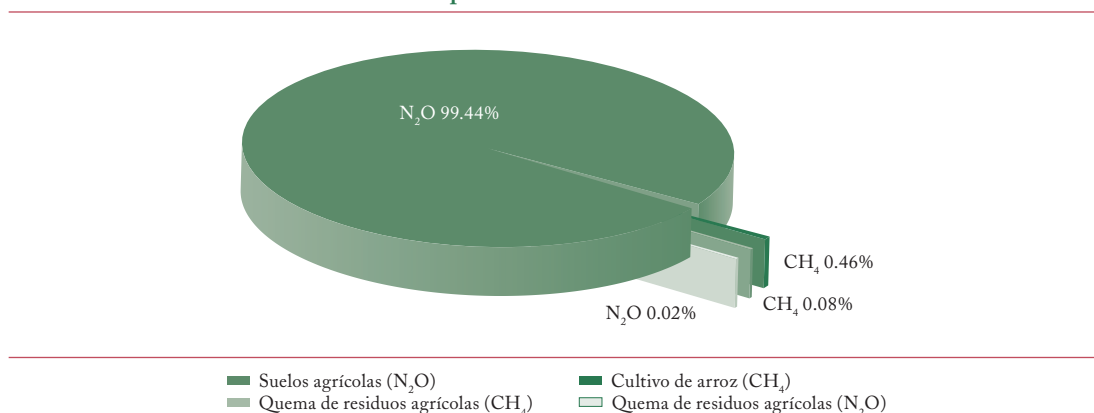
Las emisiones anuales promedio de GEI producidas por los cultivos agrícolas en el periodo 1990-2010 son 45,056 Gg de  $\text{CO}_2$  eq., que representan 50.55% del sector agropecuario (89,129 Gg de  $\text{CO}_2$  eq.).

Las emisiones de óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) generadas por los suelos agrícolas representan 99.44% de las emisiones totales en esta categoría (44,802 Gg

de  $\text{CO}_2$  eq.), mientras que las emisiones de este mismo gas aportadas por la quema de residuos agrícolas son de 0.02% (9 Gg de  $\text{CO}_2$  eq.).

Las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) generadas por quema de residuos agrícolas y el cultivo del arroz corresponden a 0.54% del total (243 Gg de  $\text{CO}_2$  eq.) (Figura V.4).

FIGURA V.4  
Distribución de las emisiones de GEI por actividades agrícolas durante el periodo 1990-2010 en México



### V.2.2.1.1 Cultivo de arroz (4C)

Las emisiones promedio de metano originadas por el cultivo del arroz en el periodo 1990-2010 son

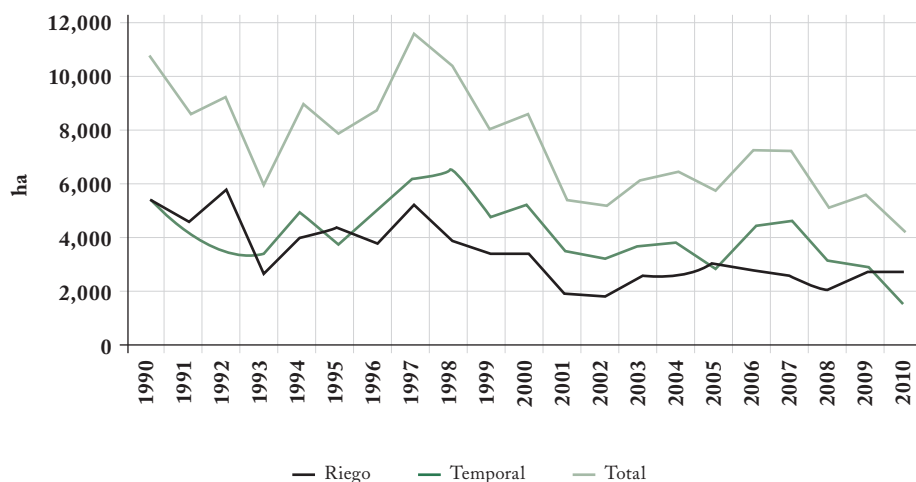
207 Gg de CO<sub>2</sub> eq., que representan 0.46% del total de las emisiones en la subcategoría agrícola (45,056 Gg de CO<sub>2</sub> eq.).

CUADRO V.5  
Emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) para el periodo 1990-2010, originadas por el cultivo de arroz en México (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Año	Emisiones de Metano	Año	Emisiones de Metano
1990	310.1	2001	136.8
1991	254.2	2002	131.1
1992	294.7	2003	160.1
1993	166.3	2004	167.1
1994	247.6	2005	170.1
1995	237.3	2006	187.8
1996	242.4	2007	184.0
1997	322.5	2008	134.5
1998	267.2	2009	156.9
1999	218.0	2010	137.8
2000	224.8		

En la gráfica (Figura V.5) se observan las áreas dedicadas al cultivo de arroz en México para el periodo 1990-2010.

FIGURA V.5  
Superficies dedicadas al cultivo de arroz durante 1990-2010 en México



Fuente: Siacon, SIAP-SAGARPA, 2012.

#### V.2.2.1.2 Manejo de suelos agrícolas (4D)

El óxido nitroso ( $N_2O$ ) se produce en forma natural en los suelos mediante los procesos microbianos de nitrificación<sup>4</sup> y desnitrificación.<sup>5</sup>

Algunas actividades agrícolas, como a) la aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados, b) la incorporación de excretas animales como abono y c) el cultivo de especies fijadoras de nitrógeno atmosférico, aportan nitrógeno a los suelos, aumentando la disponibilidad de este elemento para los procesos microbianos mencionados, lo que aumenta la cantidad de  $N_2O$  liberado hacia la atmósfera.

Las emisiones de  $N_2O$  resultantes de los aportes antropogénicos de nitrógeno se producen por vía directa de los suelos a los que se incorpora este elemento; así como por dos vías indirectas: a) la volatilización y posterior deposición en el suelo de compuestos como  $NH_3$  y  $NO_x$  y b) a través de los procesos de lixiviación y escorrentía (PICC, 1996).

Las emisiones promedio de óxido nitroso generadas por estos procesos en el periodo 1990-2010 son 44,802 Gg de  $CO_2$  eq., que representan 99.4% del total de las emisiones en la subcategoría agrícola (45,056 Gg de  $CO_2$  eq.).

CUADRO V.6

#### Emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ) para el periodo 1990-2010 originadas por el manejo de suelos agrícolas en México (Gg de $CO_2$ eq.)

Año	Emisiones de Óxido Nitroso	Año	Emisiones de Óxido Nitroso
1990	46,204.3	2001	44,416.8
1991	44,932.2	2002	44,640.2
1992	44,431.0	2003	44,822.8
1993	45,260.8	2004	45,142.9
1994	45,102.6	2005	45,003.5
1995	44,120.0	2006	45,048.4
1996	43,488.8	2007	45,339.2
1997	43,562.7	2008	45,301.2
1998	43,954.7	2009	46,182.2
1999	43,558.6	2010	46,479.8
2000	43,855.9		

En el Anexo A se incluyen los datos sobre el consumo de fertilizantes nitrogenados en México y

la producción de cultivos fijadores y no fijadores de nitrógeno atmosférico.

4. La nitrificación consiste en la transformación química por oxidación del amonio ( $NH_4^+$ ) en nitratos ( $NO_3^-$ ).

5. La desnitrificación consiste en la transformación química por reducción anaerobia de nitratos en nitrógeno molecular ( $N_2$ ) que se libera como gas a la atmósfera.

### V.2.2.1.3 Quema en campo de residuos agrícolas (4F)

El fuego es un recurso que se emplea frecuentemente en algunas prácticas agrícolas; en México, por ejemplo, en el trópico se practica la roza, tumba y quema de los residuos de árboles y arbustos antes de la siembra de los cultivos.

La caña de azúcar es un cultivo que tradicionalmente se quema antes de la cosecha para eliminar fauna nociva y facilitar la labor de los jornaleros.

Por otra parte, los cultivos generan residuos que comúnmente se queman en los campos de los países en desarrollo. Se estima que el porcentaje de los residuos de las cosechas quemadas en los campos podría alcanzar 40% (PICC, 1996).

La quema en campo de los residuos agrícolas es una fuente neta de metano y óxido nitroso; el bióxido de carbono emitido no se contabiliza, ya que se asume la reabsorción del carbono liberado en la siguiente temporada de crecimiento.

Las emisiones promedio de GEI originadas por la quema de residuos agrícolas en el periodo 1990-2010 son 47 Gg de CO<sub>2</sub> eq. -0.1% del total de las emisiones en la subcategoría agrícola (45,056 Gg de CO<sub>2</sub> eq.)-, que se componen de 37.8 Gg de CO<sub>2</sub> eq. correspondientes a metano y 9.2 Gg de CO<sub>2</sub> eq. a óxido nitroso (Cuadro V.7).

CUADRO V.7  
Emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) para el periodo 1990-2010 originadas por la quema de residuos agrícolas en México (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Año	Emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> )	Emisiones de Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	Año	Emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> )	Emisiones de Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)
1990	32.8	8.0	2001	37.9	9.2
1991	31.5	7.7	2002	37.9	9.2
1992	34.2	8.3	2003	39.4	9.6
1993	35.2	8.6	2004	40.3	9.8
1994	33.3	8.1	2005	42.8	10.4
1995	36.4	8.9	2006	41.5	10.1
1996	36.5	8.9	2007	43.1	10.5
1997	36.7	8.9	2008	42.3	10.3
1998	39.1	9.5	2009	40.4	9.8
1999	37.3	9.1	2010	41.8	10.2
2000	35.1	8.5			



## ■ V.2.3 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS TOTALES DE LA CATEGORÍA POR GAS Y CATEGORÍA

Las emisiones promedio de la categoría Agricultura, que incluyen metano y óxido nitroso, en el periodo 1990-2010 fueron de 89,129.01 Gg de CO<sub>2</sub> eq. La integración de resultados por año, gas y categorías se muestran en el cuadro V.8.

CUADRO V.8  
Emisiones de GEI anuales por subcategorías y gas en el sector agropecuario para el periodo 1990-2010 en México (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

(Gg de CO <sub>2</sub> eq)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por fermentación entérica del ganado doméstico	38,802.60	38,554.00	37,869.00	37,346.80	37,068.50	36,593.10	35,457.60
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por manejo del estiércol del ganado doméstico	1,167.30	1,142.50	1,119.50	1,154.90	1,144.20	1,130.60	1,095.00
Emisiones de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) por manejo del estiércol del ganado doméstico	6,260.80	6,119.40	6,020.50	6,212.50	6,187.70	6,120.90	5,938.10
<b>Emisiones totales del subsector pecuario</b>	<b>46,230.70</b>	<b>45,815.90</b>	<b>45,009.00</b>	<b>44,714.20</b>	<b>44,400.40</b>	<b>43,844.60</b>	<b>42,490.70</b>
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por quema de residuos agrícolas	32.80	31.50	34.20	35.20	33.30	36.40	36.50
Emisiones de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) por quema de residuos agrícolas	8.00	7.70	8.30	8.60	8.10	8.90	8.90
Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) provenientes de suelos agrícolas	46,204.30	44,932.20	44,431.00	45,260.80	45,102.60	44,120.00	43,488.80
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por cultivo de arroz	310.10	254.20	294.70	166.30	247.60	237.30	242.40
<b>Emisiones totales del subsector agrícola</b>	<b>46,555.20</b>	<b>45,225.60</b>	<b>44,768.20</b>	<b>45,470.90</b>	<b>45,391.60</b>	<b>44,402.60</b>	<b>43,776.60</b>
<b>Emisiones totales de la categoría</b>	<b>92,785.90</b>	<b>91,041.50</b>	<b>89,777.20</b>	<b>90,185.10</b>	<b>89,792.00</b>	<b>88,247.20</b>	<b>86,267.30</b>

CUADRO V.8 (CONTINÚA)

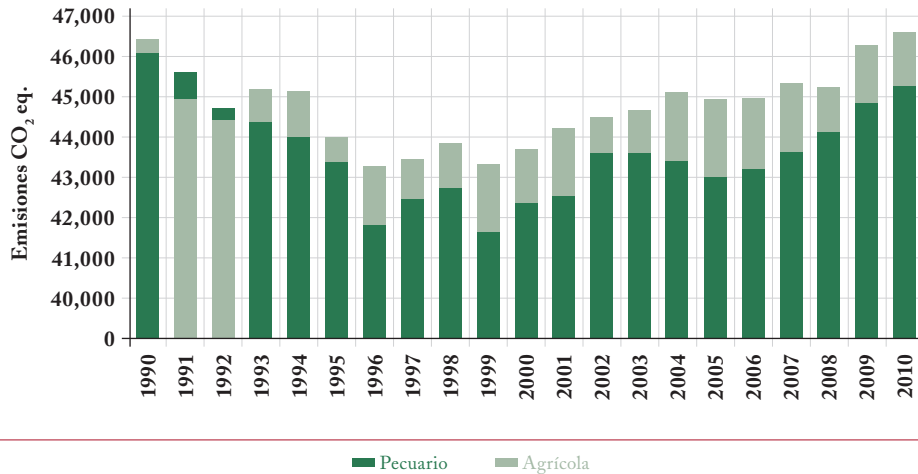
**Emisiones de GEI anuales por subcategorías y gas en el sector agropecuario  
para el periodo 1990-2010 en México (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)**

(Gg de CO <sub>2</sub> eq)	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por fermentación entérica del ganado doméstico	35,856.90	36,145.40	35,297.10	35,810.10	35,938.60	36,784.00	36,798.70
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por manejo del estiércol del ganado doméstico	1,108.60	1,093.80	1,079.50	1,080.30	1,079.10	1,092.90	1,086.40
Emisiones de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) por manejo del estiércol del ganado doméstico	6,050.50	6,025.00	5,961.40	6,044.90	6,066.00	6,170.60	6,139.00
<b>Emisiones totales del subsector pecuario</b>	<b>43,016.00</b>	<b>43,264.20</b>	<b>42,338.00</b>	<b>42,935.30</b>	<b>43,083.70</b>	<b>44,047.50</b>	<b>44,024.10</b>
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por quema de residuos agrícolas	36.70	39.10	37.30	35.10	37.90	37.90	39.40
Emisiones de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) por quema de residuos agrícolas	8.90	9.50	9.10	8.50	9.20	9.20	9.60
Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) provenientes de suelos agrícolas	43,562.70	43,954.70	43,558.60	43,855.90	44,416.80	44,640.20	44,822.80
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por cultivo de arroz	322.50	267.20	218.00	224.80	136.80	131.10	160.10
<b>Emisiones totales del subsector agrícola</b>	<b>43,930.80</b>	<b>44,270.50</b>	<b>43,823.00</b>	<b>44,124.30</b>	<b>44,600.70</b>	<b>44,818.40</b>	<b>45,031.90</b>
<b>Emisiones totales de la categoría</b>	<b>86,946.80</b>	<b>87,534.70</b>	<b>86,161.00</b>	<b>87,059.60</b>	<b>87,684.40</b>	<b>88,865.90</b>	<b>89,056.00</b>

CUADRO V.8 (CONTINUA)  
Emisiones de GEI anuales por subcategorías y gas en el sector agropecuario  
para el periodo 1990-2010 en México (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

(Gg de CO <sub>2</sub> eq)	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por fermentación entérica del ganado doméstico	36,274.60	36,431.30	36,725.70	37,111.50	37,635.20	37,961.50
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por manejo del estiércol del ganado doméstico	1,085.30	1,086.10	1,087.80	1,092.00	1,100.50	1,106.00
Emisiones de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) por manejo del estiércol del ganado doméstico	6,158.90	6,194.70	6,245.00	6,299.50	6,378.80	6,447.50
<b>Emisiones totales del subsector pecuario</b>	<b>43,518.80</b>	<b>43,712.10</b>	<b>44,058.50</b>	<b>44,503.00</b>	<b>45,114.50</b>	<b>45,515.00</b>
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por quema de residuos agrícolas	42.80	41.50	43.10	42.30	40.40	41.80
Emisiones de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) por quema de residuos agrícolas	10.40	10.10	10.50	10.30	9.80	10.20
Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) provenientes de suelos agrícolas	45,003.50	45,048.40	45,339.20	45,301.20	46,182.20	46,479.80
Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) por cultivo de arroz	170.10	187.80	184.00	134.50	156.90	137.80
<b>Emisiones totales del subsector agrícola</b>	<b>45,226.80</b>	<b>45,287.80</b>	<b>45,576.80</b>	<b>45,488.30</b>	<b>46,389.30</b>	<b>46,669.60</b>
<b>Emisiones totales de la categoría</b>	<b>88,745.60</b>	<b>88,999.90</b>	<b>89,635.30</b>	<b>89,991.30</b>	<b>91,503.80</b>	<b>92,184.60</b>

FIGURA V.6  
Emisiones totales en CO<sub>2</sub> eq. en sector agropecuario



## ■ V.2.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y ÁREAS DE MEJORA

La realización de los inventarios nacionales de emisiones de GEI requiere datos de actividad precisos; en la revisión hecha sobre número de cabezas de ganado, se encontró que los valores reportados por el SIACON y los reportados por el INEGI en los censos ejidales, agrícolas y pecuarios difieren 5% en promedio para 1991 y 2007, únicos años en que pueden ser comparables.

En el Anexo A se explica el método para estimar el número de cabezas de ganado equino a partir de los datos censales de 1991 y 2007.

Por otra parte, en esta actualización se identificó una subestimación en los cálculos de emisiones de N<sub>2</sub>O por manejo del estiércol; el análisis profundo sobre este tema se incluye en el Anexo E.

Se realizó un ejercicio de cálculo de emisiones de óxido nitroso por manejo del estiércol en los cinco sistemas de manejo declarados con los datos expresados en unidades para México en 2005 y, posteriormente, se realizó la comparación de resultados entre el ejercicio y los datos publicados en el Inventario GEI 2009 para la categoría Agricultura.

En el Cuadro V.9 se resumen los resultados comparativos del nitrógeno excretado por año para cada uno de los cinco sistemas de manejo de estiércol declarados y las emisiones totales de N<sub>2</sub>O.

CUADRO V.9  
**Resultados comparativos de N excretado/año por sistema de manejo  
de estiércol y emisiones totales de N<sub>2</sub>O**

Sistema de manejo de estiércol	Inventario GEI 2009 Kg N excretado/año	Ejercicio 2012 Kg N excretado/año
<b>Sistemas líquidos</b>	34,906.63	34,906,630.26
<b>Almacenamiento sólido</b>	579,079.70	579,079,698.45
<b>Recolección diaria</b>	97,677.54	97,677,540.48
<b>Praderas y pastizales</b>	1,549,822.34	1,549,822,339.68
<b>Otros</b>	198,434.70	198,434,697.16
<b>Total</b>	2,459,921	2,459,920,906
<b>Emisiones totales anuales N<sub>2</sub>O (Gg)</b>	0.02	19.81
<b>Emisiones totales anuales N<sub>2</sub>O (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)</b>	6.2	6,141.1

Estos datos también afectan el cálculo de las emisiones de óxido nitroso procedente de los campos agrícolas, ya que el total del nitrógeno excretado

por actividades pecuarias forma parte de estos cálculos.

USO DEL SUELO,  
CAMBIO DE  
USO DEL SUELO  
Y SILVICULTURA  
(5)

---

VI



# VI USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA (5)

Para la categoría Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS) (5), se cuantificaron las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas de los cambios de biomasa en bosques y otras reservas de vegetación leñosa, la conversión de bosques y pastizales a uso agrícola y la captura de carbono originada por el abandono de tierras cultivadas en las que se presenta la revegetación, con un recálculo para el periodo 1990 a 2010. Adicionalmente, se buscó proporcionar una visión general de las circunstancias nacionales respecto al origen de las fuentes y sumideros de GEI en esta categoría.

Se reportan las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de los cambios de biomasa por el aprovechamiento de los bosques, plantaciones, aprovechamientos comerciales autorizados, la colecta de leña para usarse como combustible y otras prácticas de gestión en el aprovechamiento forestal; las emisiones generadas por el cambio en la cobertura vegetal hacia un uso del suelo agropecuario, donde se incluye la fracción de biomasa quemada en sitio y la absorción que se da cuando las tierras de cultivo se abandonan y ocurre la revegetación. Además del CO<sub>2</sub>, se incluyen las emisiones de CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>, originadas por la quema de biomasa en la conversión de bosques y pastizales (Cuadro VI.1).



CUADRO VI.1  
Subcategorías de USCUS

Subcategoría	
<b>5A Cambios de Biomasa en Bosques y Otros Tipos de Vegetación Leñosa</b>	5A1 Bosques tropicales 5A2 Bosques templados 5A3 Bosques boreales 5A4 Pastizales, sabana tropical y tundra 5A5 Otros
<b>5B Emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la conversión de bosques y pastizales</b>	5B1 Bosques tropicales 5B2 Bosques templados 5B3 Bosques boreales 5B4 Pastizales, sabana tropical y tundra 5B5 Otros
<b>5C Captura por Abandono de Tierras Manejadas</b>	5C1 Bosques tropicales 5C2 Bosques templados 5C3 Bosques boreales 5C4 Pastizales, sabana tropical y tundra 5C5 Otros
<b>5D Emisiones y Remociones de CO<sub>2</sub> de los Suelos</b>	

Para la estimación de las emisiones de esta categoría en el presente INEGEI no se contaba aún con los datos del segundo ciclo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), el cual culmina en 2013, ni con la cartografía de la Serie V de Vegetación y Uso del Suelo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), que se liberará también en 2013, por lo que las estimaciones están basadas en los mismos conjuntos de datos utilizados para el inventario de GEI presentado en la Cuarta Comunicación Nacional (4CN).

En relación con las predicciones estimadas para el periodo 2008-2010, y a modo indicativo únicamente, se realizó un ejercicio de extrapolación lineal, sin ignorar que este procedimiento no lo recomienda la Guía de las Buenas Prácticas (GBP) en la categoría USCUS del PICC cuando la tendencia histórica es cambiante, tal y como sucede en el caso de la serie histórica de emisiones netas de 1990 a 2007. Por lo tanto, es importante enfatizar que México está considerando otros enfoques metodológicos para definir los niveles de referencia para el mecanismo de Reducción de Emisiones

por Deforestación y Degradación de Bosques (REDD+) (INECC-SEMARNAT, 2012).

Se proporcionan los resultados de las estimaciones relativas a las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero derivadas de los cambios de biomasa en bosques y otros reservorios, la conversión de bosques y pastizales a uso agrícola, y el abandono de tierras de cultivo, en las que se presenta la revegetación, y cambio del contenido de carbono en suelos minerales. Las estimaciones se elaboraron conforme a las directrices del PICC para los inventarios nacionales de emisiones de GEI, versión revisada en 1996 (PICC, 1996), puesto que México, como país en desarrollo, no tiene la obligación de migrar a la nueva metodología, al menos en el corto plazo.

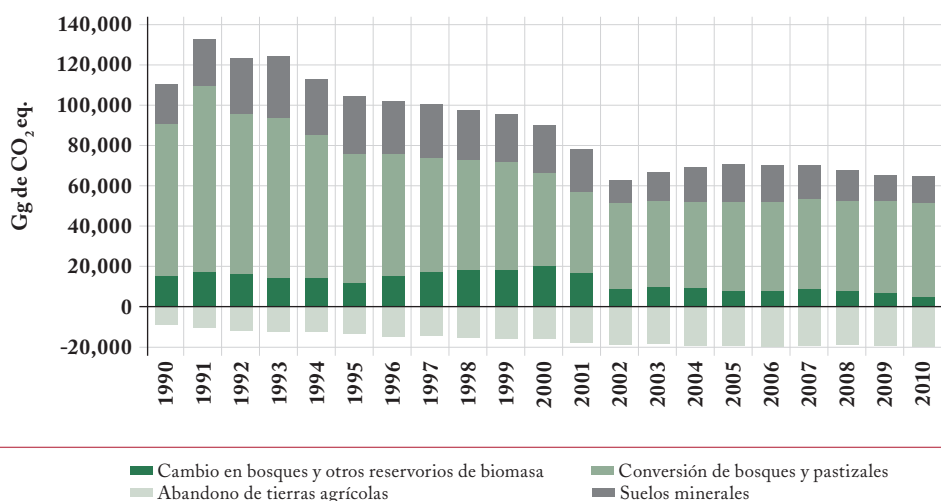
La metodología del PICC sugiere el uso de valores por defecto cuando no se tiene información propia y no está desagregada, se considera como Nivel 1, y donde la metodología del procesamiento de la información detallada lo permite, se estima con Nivel 2, siguiendo en cada paso el árbol de decisión.

## VI.1 PANORAMA GENERAL

La actualización de este inventario presenta nuevas estimaciones para las emisiones generadas en la categoría USCUS, con relación al inventario de la 4CN. Tales estimaciones han resultado en una disminución de las emisiones netas calculadas de 69,778 a 59,622 Gg de CO<sub>2</sub> para el año 2006, el cual corresponde al último año con información disponible para el cálculo de emisiones (INECC-SEMARNAT, 2012).

Las emisiones totales de la categoría USCUS fueron en promedio de 73,872 Gg de CO<sub>2</sub>, con un valor máximo de 122,372 Gg de CO<sub>2</sub> en 1991 y un mínimo de 45,370 Gg de CO<sub>2</sub> en 2002. En general, para el periodo 1990-2010, se aprecia una disminución de las emisiones de 55%, al pasar de 101,257 a 45,670 Gg de CO<sub>2</sub> (Figura VI.1).

FIGURA VI.1  
Emisiones de la categoría USCUS (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



Los retos principales de este inventario fueron: identificar el cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo para el periodo comprendido; obtener las superficies anuales para el periodo de recálculo por tipo de cobertura vegetal y uso del suelo; estimar la superficie anual o anualizada de diferentes coberturas vegetales que se transforman a tierras de uso agrícola; el crecimiento de las distintas especies que conforman las diferentes comunidades vegetales y los ecotonos presentes en México; las existencias reales por tipo de cobertura; el consumo anual de leña; la superficie y afectación anual de los incendios forestales; la producción forestal

anual; el contenido de carbono en el suelo, y los cambios en el contenido de carbono en los suelos impactados por la agricultura.

En el Cuadro VI.2 se realiza una comparación de emisiones históricas en esta categoría con el fin de facilitar el análisis de dichas emisiones. Como se muestra en dicho cuadro, las estimaciones en el sector forestal a lo largo de los años han sido muy heterogéneas y fluctuantes, debido principalmente a la falta de información básica, como los datos de actividad forestal que se requieren para la realización de un inventario de GEI en esta categoría.

Hasta hace algunos años en México no existía una cultura que permitiera generar estadísticas forestales de manera periódica, mediante metodologías consistentes, ni tampoco se contaba con una base de datos histórica suficiente y confiable, por lo que es necesario comenzar a contar con datos de alta calidad, en espacio y tiempo, para poder estimar en forma sistemática las emisiones de GEI en esta categoría. Con la intención de subsanar la carencia de información, en la actualidad la Comisión Na-

cional Forestal (CONAFOR) actualiza de manera periódica el INFyS para la obtención de datos de actividad; asimismo, el INEGI actualizará periódicamente la Serie de Datos de Vegetación y Uso del Suelo. Paralelamente, y como parte de las estrategias asociadas al proyecto REDD+, se está apoyando la generación y construcción de capacidades con el fin de que los datos de actividad e insumos básicos del inventario de GEI en esta categoría sean más transparentes y certeros.

CUADRO VI.2  
Comparación de emisiones históricas en Gg de CO<sub>2</sub> en USCUS

Año	1CN	2CN	3CN	4CN	5CN
	Versión preliminar	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo
	Año base 1990	1994-1998	1993-2002	1990-2006	1990-2010
1990	111,784	157,303	89,854	80,453	101,257
1991				80,760	122,372
1992				81,399	112,145
1993				81,300	111,768
1994				81,675	101,395
1995				83,374	91,009
1996				84,156	89,048
1997				84,093	85,987
1998				84,701	83,201
1999				85,549	80,106
2000		86,188	73,791		
2001		85,422	62,085		
2002		84,534	45,370		
2003		69,891	47,978		
2004		69,825	49,509		
2005		69,674	51,043		
2006		69,778	50,475		
2007			50,780		
2008			48,926		
2009			47,410		
2010			45,670		
Detalles	Versión preliminar	Se reporta el promedio anual	Se reporta el promedio anual	Se presentan cambios anuales	Resultados de este estudio

Fuente: Elaboración propia con información de los cinco INEGI.

Realizar y actualizar el INEGEI, particularmente en la categoría USCUS, en las últimas dos décadas, ha requerido un gran esfuerzo y la inversión de recursos económicos y de capital humano, así como siempre ha exigido tiempo para analizar la información disponible y, sobre todo, generar los datos que no estaban disponibles.

Puesto que, como se menciona párrafos arriba, para la actualización de esta categoría no se contó con información fundamental, como son la serie cartográfica V de Vegetación y Uso del Suelo del

INEGI o la más reciente actualización (2009-2013) del INFyS de la CONAFOR, la actualización en esta categoría implicó la utilización de algunos de los insumos del 4° INEGEI y de otras fuentes de las que se disponían en el momento. Esto derivó en diferencias en las estimaciones de los inventarios. Por ello es urgente que todos los esfuerzos que se realizan en la actualidad converjan para que los insumos base sean cada vez más regulares a fin de contar con estimaciones más certeras.

## VI.2 CAMBIOS DE BIOMASA EN BOSQUES Y OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA (5A)

En esta subcategoría se estudian las emisiones y/o remociones de carbono derivadas de diferentes procesos tales como: a) cambio en la cobertura vegetal a un uso del suelo, b) áreas bajo manejo y aprovechamiento forestal, c) deforestación y degradación de los bosques, d) incendios forestales y e) uso de leña, todos como resultado de las actividades humanas.

Una vez agrupados los diferentes tipos de vegetación, se identifican las superficies de cada una de las coberturas bajo manejo forestal, tomando como base los estudios realizados por De Jong *et al.* (2006 y 2009), anuarios estadísticos de la producción forestal maderable (SEMARNAT, 1993 a 2011) y consumos de leña (SENER, 2011) correspondientes al periodo de actualización del INEGEI.

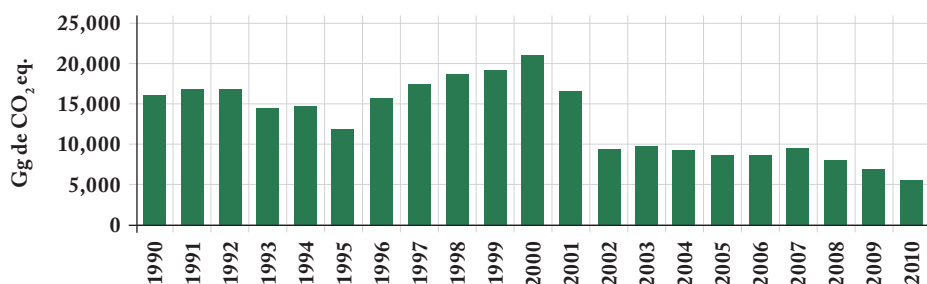
Respecto a las superficies bajo manejo forestal por tipo de vegetación, se toma la información de De Jong *et al.* (2009), proporcionada por el INECC en 2012, y se contrasta con las estadísticas de los anuarios forestales, observando una superficie constante para el periodo de 1990 a 2010, esto sirve como base para el cálculo de las emisiones en esta categoría.

## ■ RESULTADOS DE LA SUBCATEGORÍA

Los cambios de biomasa en bosques y otros reservorios presentan una disminución de 64% en sus emisiones, al pasar de 16,159 Gg de CO<sub>2</sub> en 1990 a 5,861 Gg de CO<sub>2</sub> en 2010 (Figura VI.2). En esta estimación no se incluyen los aprovechamientos no autorizados (tala ilegal), a falta de información

oficial. Se aprecia un consumo diferencial de leña, que aumenta gradualmente de 19,889 kt/año en 1990 a 20,537 kt/año en 2000, y desciende de 19,256 kt/año en 2001 a 18,618 kt/año en 2010, posiblemente influido por el cambio metodológico en el registro y cálculo de esta variable.<sup>1</sup>

FIGURA VI.2  
Emisiones por cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



El balance negativo de captura de carbono sugiere que los bosques con manejo pueden estar sufriendo un proceso de degradación como consecuencia de una tala que supera la capacidad de éstos para producir biomasa. No se conocen con certeza los incrementos de biomasa en bosques con autorización para aprovechamientos de madera, lo que evidencia la importancia de expandir el uso de mejores sistemas silvícolas. *La tala no autorizada*

de madera industrial no presenta datos estadísticos, sin embargo, estimaciones previas señalan que la tala ilegal tiene un papel importante en el deterioro de los bosques y en las emisiones de carbono hacia la atmósfera. El establecimiento de plantaciones forestales comerciales todavía no tiene un papel relevante en la producción maderable ni en la captura de carbono.

1. Se utilizó el poder calorífico de 14,486 MJ/t.

## VI.3 EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PROCEDENTES DE LA CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PASTIZALES (5B)

Los inventarios de emisiones de GEI en la categoría USCUS requieren de una cartografía anual donde se reporten las superficies con las mismas clases de cobertura vegetal y uso del suelo para el periodo de análisis. Puesto que no se cuenta con esta cartografía anualizada, la información sobre los cambios en las coberturas vegetales se obtiene de los mapas de vegetación y uso del suelo del INEGI, que hasta la serie IV carecían de periodicidad.

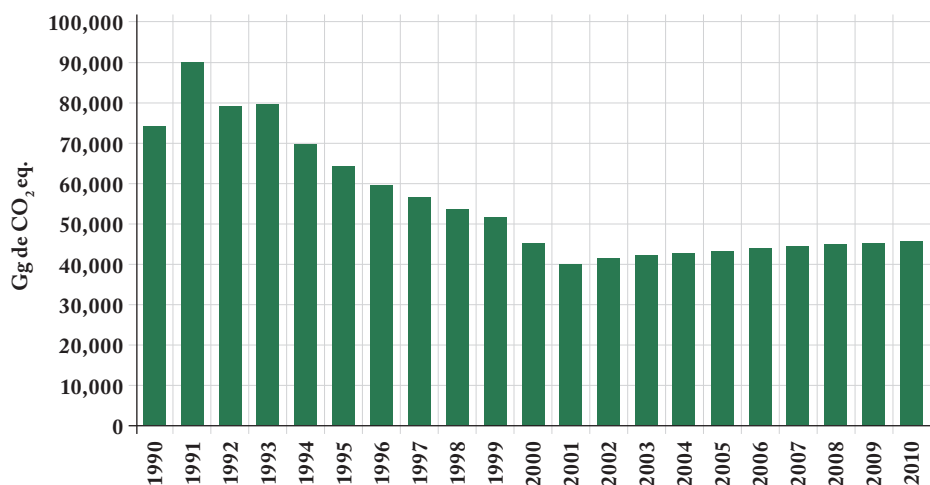
A partir de las series I (1985), II (1994), III (2002) y IV (2007) del INEGI, se realizó una homologación de las diferentes clases de vegetación y uso del suelo. Del cruce de las cuatro series, se estimó la conversión anualizada de bosques y otras coberturas vegetales a terrenos agrícolas para el periodo 1990-2010. Una vez estimadas y definidas las clases, se calcularon sus superficies anuales, asumiendo que los cambios de una serie a otra son anuales y lineales, por lo que se desarrolló un modelo de cambio lineal anualizado, mediante regresiones lineales elaboradas con los datos de serie a serie (ver Cuadro B.4.2).

### ■ RESULTADOS DE LA SUBCATEGORÍA

La conversión de bosques y otras coberturas vegetales a otros usos como el agrícola presenta una disminución de 39% en sus emisiones, al pasar de 73,720 Gg de CO<sub>2</sub> en 1990 a 45,325 Gg de CO<sub>2</sub> en 2010. Esto se explica por la progresiva reducción de la superficie de conversión: de la Serie I de Vegetación y uso del suelo del INEGI a la Serie II, que abarca un periodo de nueve años (de 1985 a 1993), se convierten un total de 18 Mha; de la Serie II a la Serie III, que contempla un periodo de nueve años, se convirtieron 2.5 Mha, y de la Serie III a la Serie IV, que comprende cinco años, la conversión fue de 3.2 Mha. Las coberturas vegetales más afectadas son pastizales, matorrales, bosque mesófilo, selva baja, mediana y alta (Figura VI.3).

Los flujos de carbono registrados en el sector forestal entre 1990 y 2010 (consecuencia de la pérdida o regeneración de la biomasa arbórea), se calcularon a partir de cambios en la superficie de las principales clases de cobertura vegetal del país.

FIGURA VI.3  
Emisiones por conversión de bosques y pastizales (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



De acuerdo con el análisis realizado, la principal clase de cobertura vegetal que cambió a tierras agrícolas es el pastizal (Serie I vs Serie II) con 50% del total de la superficie afectada, seguida por el matorral, que aporta 17%. Del análisis de la Serie II vs Serie III, se observó que tres clases aportan

63% de la superficie total modificada, el pastizal (23%), la selva baja (21%) y el matorral (19%). Por último, del análisis de la Serie III vs Serie IV, se obtuvo que el pastizal aporta 42% de la superficie total convertida a tierras agrícolas, seguido por la selva baja y el matorral (18%).

## VI.4 CAPTURA POR ABANDONO DE TIERRAS MANEJADAS (5C)

Las tierras agrícolas en nuestro país no siempre permanecen como tales, ya que por cuestiones sociales, económicas y políticas pueden cambiar a otro uso o bien pueden ser abandonadas, permitiendo la regeneración de nueva vegetación y la fijación de carbono, con lo que de esa forma se convierten en un sumidero. Los datos de actividad correspondientes a la regeneración de tierras de cultivo fueron obtenidos del cruce de las diferentes series del INEGI; asimismo, se tomaron en cuenta estudios previos reportados en el INECC (2009).

Se homologaron los datos que se emplean en el formato del PICC, y con ello se estimó cuánto carbono es retirado por la biomasa aérea en crecimiento en un promedio de 20 años (cabe señalar que son promedios ponderados).

Los métodos para realizar los cálculos de absorción de CO<sub>2</sub> en las áreas abandonadas fueron los recomendados por las directrices del PICC (1996, versión revisada), donde se señala que esta estimación debe incluir únicamente la absorción de CO<sub>2</sub>

por la regeneración natural, mientras que la absorción por regeneración artificial (reforestación y plantaciones) debe incorporarse en el módulo de manejo de este inventario. El método detalla que

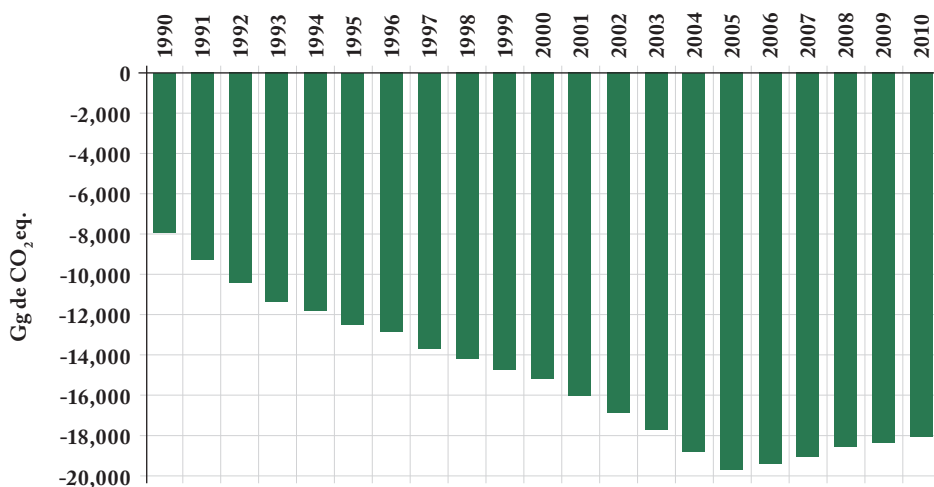
la cuantificación debe centrarse en la biomasa aérea de los últimos 20 años y entre 21 y 100 años hacia atrás.

## ■ RESULTADOS DE LA SUBCATEGORÍA

El abandono de tierras cultivadas en las que se presenta la revegetación da lugar a la remoción o absorción (valores negativos) de emisiones; en 1990 la remoción estimada fue de 8,071 Gg de CO<sub>2</sub>;

y se incrementa de forma gradual hasta alcanzar 15,257 Gg de CO<sub>2</sub> en 2010, esto es, un incremento de 124%, que contribuye positivamente a la reducción de emisiones de esta categoría (Figura VI.4).

FIGURA VI.4  
Emisiones de CO<sub>2</sub> por abandono de tierras (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)





## VI.5 EMISIONES O ABSORCIONES DE CO<sub>2</sub> EN LOS SUELOS, DEBIDAS AL MANEJO Y CAMBIO DE USO DE LOS SUELOS (5D)

La cuantificación de las variaciones en el contenido de carbono en los suelos, inducidas por el cambio de uso, permite generar una estimación del balance entre las capturas y emisiones netas de bióxido de carbono desde este medio (PICC, 1996).

En este caso, los datos de actividad de suelos/vegetación se obtuvieron de las series de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI. Los diferentes tipos de suelo por vegetación fueron homologados de acuerdo con la clasificación de suelos recomendada por el PICC. Una vez hecha la agrupación de suelos, se procedió a homologar los tipos de vegetación de cada serie.

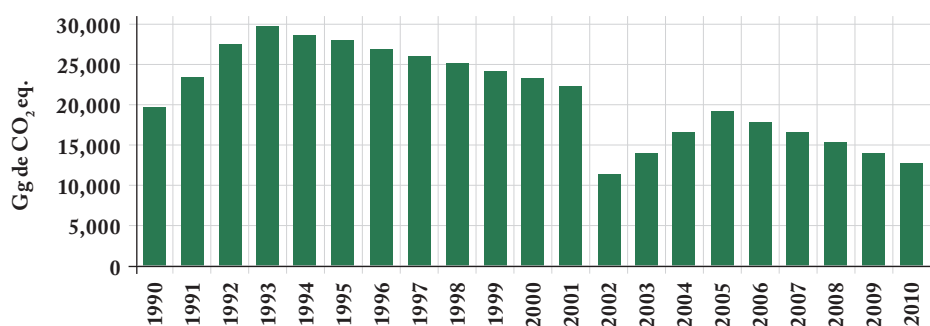
Posteriormente se extrapolaron los valores de cada serie para obtener los valores intermedios. Este proceso correspondió a regresiones lineales hechas de serie a serie (Serie I a II, Serie II a III y Serie III a IV). Sin embargo, cabe señalar que se realizaron promedios ponderados a fin de poder contar con la información completa para el periodo (1990-2010). Los valores del contenido de carbono en suelos fueron obtenidos de De Jong *et al.* (2009), lo cual permitió emplear una fuente de datos actual y confiable.

### ■ RESULTADOS DE LA SUBCATEGORÍA

Las emisiones derivadas de los suelos minerales, durante el periodo de análisis, muestran una tendencia a la baja. Las mayores emisiones se observan en 1993 con 29,915 Gg de CO<sub>2</sub>, mientras que las menores emisiones se registran en 2002 con 11,165 Gg de CO<sub>2</sub> (Figura VI.5).

Los suelos de la República Mexicana son emisores netos de CO<sub>2</sub> en un promedio de 20,943 Gg por año. Para mejorar la estimación de emisiones de carbono del suelo, se requiere más información directa entre el carbono en el suelo y el carbono en la vegetación.

FIGURA VI.5  
Emisiones de los suelos minerales (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



DESECHOS  
(6)

---

VII



# VII DESECHOS (6)

Esta categoría contempla las emisiones del tratamiento y eliminación de desechos. De acuerdo con las directrices del PICC 2006, las fuentes incluyen la eliminación de desechos sólidos, el tratamiento biológico de los desechos sólidos, la incineración e incineración abierta (a cielo abierto) de desechos y el tratamiento y eliminación de aguas residuales. Estas subcategorías evaluadas incluyen CH<sub>4</sub> de la eliminación de desechos sólidos; CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del tratamiento biológico; CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de la incineración, y CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del tratamiento y eliminación de aguas residuales.

El mayor impacto de la metodología del PICC, versión 2006, es que en general reduce de manera significativa las emisiones de GEI del sector desechos y hace dependiente al inventario de los valores por defecto, así como del empleo en la mayoría de los casos del nivel 1 de exactitud, en virtud del empleo de datos locales de la actividad combinados con factores de emisión por defecto. En la medida en que se sistematice y genere la información de acuerdo con los datos solicitados por las hojas de trabajo de la metodología y el modelo FOD, el inventario de GEI del sector desechos tendrá menor incertidumbre y requerirá menos tiempo para su actualización en el futuro.

Este capítulo consta de la descripción de las subcategorías que componen la categoría de Desechos y los resultados del inventario donde se reportan las estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero. La metodología y la información requerida y empleada se describe en los anexos.

En 2010, las emisiones de GEI de la categoría de Desechos contribuyó con 44,130.8 Gg al inventario nacional, en comparación con los 16,529.1 Gg de 1990, lo que representa un incremento de 167%. Las emisiones totales nacionales crecieron 33% en el mismo intervalo de tiempo. Las emisiones de este sector representaron 5.9% del total de las emisiones de GEI para México en 2010, mientras que en 1990 fueron de 2.9%.

CUADRO VII.1  
Subcategorías de Desechos

<b>A. Eliminación de desechos sólidos</b>	A1. Sitios de eliminación de desechos gestionados
	A2. Sitios de eliminación de desechos no gestionados
	A3. Sitios de eliminación de desechos no categorizados
<b>B. Tratamiento biológico de los desechos sólidos</b>	
<b>C. Incineración e incineración abierta de desechos</b>	C1. Incineración de desechos
	C2. Incineración abierta de desechos
<b>D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales</b>	D1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales
	D2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

## VII.1 PANORAMA GENERAL

Las emisiones de la categoría Desechos fueron calculadas con la metodología de las directrices del PICC 2006, que considera nuevas subcategorías, que son: eliminación de desechos sólidos [A], tratamiento biológico de los desechos sólidos [B], incineración e incineración abierta de desechos [C] y tratamiento y eliminación de aguas residuales [D].

Se recalculó toda la serie 1990-2010 utilizando la nueva metodología; las emisiones presentaron una reducción con respecto a la estimación informada en la 4ª Comunicación Nacional.

La estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS) se basa en el método de descomposición de primer orden (FOD, por sus siglas en inglés). En este inventario se empleó el Nivel 2 del modelo FOD, el cual requiere de la información relativa a la cantidad y tipo de desechos sólidos eliminados en: sitios gestionados anaerobios y semiaeróbios, sitios no gestionados someros y profundos y sitios no categorizados.

En la subcategoría de eliminación de desechos sólidos, se estiman las emisiones de CH<sub>4</sub>, que son producto de la descomposición anaeróbica de materia orgánica contenida en los residuos. En la subcategoría de tratamiento biológico de los desechos sólidos, se estiman las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. En la subcategoría de incineración e incineración abierta de desechos, se estiman las emisiones de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>, generadas por la incineración de desechos sólidos y desechos líquidos fósiles. Finalmente, en la subcategoría de tratamiento y eliminación de aguas residuales, se estiman las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O; en algunos procesos de tratamiento de agua se produce CH<sub>4</sub> por la degradación de los compuestos orgánicos en condiciones anaeróbicas, y N<sub>2</sub>O por las bacterias presentes que, al consumir el nitrógeno, generan N<sub>2</sub>O.

Las emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq. de esta categoría aumentaron en 167.0%, al pasar de 16,529.1 Gg en 1990 a 44,130.8 Gg en 2010 (Cuadro VII.2). Este aumento es resultado principalmente del crecimiento de la población, de la

disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios tecnificados y del impulso dado en las últimas décadas al tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales.

CUADRO VII.2  
Emisiones de GEI (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) generadas por la categoría Desechos, por gas (1990-2010)

Año	Gas			Total	Año	Gas			Total
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O			CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	
Gg de CO <sub>2</sub> eq.				Gg de CO <sub>2</sub> eq.					
1990	14,866.9	184.9	1,477.3	16,529.1	2001	25,900.2	211.5	2,035.0	28,146.7
1991	14,799.3	124.2	1,529.9	16,453.4	2002	27,921.4	223.8	2,063.3	30,208.5
1992	15,029.8	153.7	1,598.2	16,781.7	2003	29,223.3	307.4	2,071.3	31,602.0
1993	19,728.3	201.3	1,675.9	21,605.5	2004	30,863.7	306.4	2,092.2	33,262.2
1994	20,058.1	202.9	1,721.9	21,982.8	2005	31,892.5	311.0	2,110.6	34,314.1
1995	20,317.3	213.4	1,752.5	22,283.2	2006	34,581.9	314.3	2,165.8	37,062.0
1996	20,992.8	216.2	1,775.9	22,984.9	2007	35,888.8	326.8	2,208.5	38,424.1
1997	21,102.3	196.7	1,814.3	23,113.3	2008	37,663.1	551.3	2,223.4	40,437.8
1998	21,521.3	205.3	1,856.3	23,582.9	2009	39,275.8	559.9	2,230.8	42,066.4
1999	23,333.0	201.5	1,905.6	25,440.1	2010	41,323.4	569.4	2,238.1	44,130.8
2000	24,785.1	206.8	1,979.2	26,971.0					

La principal emisión en 2010 de la categoría de Desechos, en CO<sub>2</sub> eq., corresponde al CH<sub>4</sub>, que representa 93.6% (41,323.4 Gg), seguido del N<sub>2</sub>O con 5.1% (2,238.1 Gg) y del CO<sub>2</sub> con 1.3% (569.4 Gg).

Las emisiones de CH<sub>4</sub> en el periodo 1990-2010 tuvieron un crecimiento de 178.0%, al pasar de 707.9 Gg en 1990 a 1,967.8 Gg en 2010 (14,866.9 y 41,323.4 Gg de CO<sub>2</sub> eq.). En el caso de la eliminación de desechos sólidos, el incremento fue de 232.4%, pasando de 316.8 Gg en 1990 a 1,053.2 Gg para 2010 (6,653.6 y 22,117.7 Gg de CO<sub>2</sub> eq.), con una TCMA de 6.2%. El incremento en el periodo para aguas residuales municipales fue de 126.6%, con emisiones de 188.0 Gg en 1990 y de 426.0 Gg en 2010 (3,948.2 y 8,946.5 Gg de

CO<sub>2</sub> eq.), con una TCMA de 4.2%. Por último, para aguas residuales industriales el incremento fue de 149.7%, ya que en 1990 se tuvieron 181.3 Gg y en 2010, 452.7 Gg (3,808.1 y 9,507.6 Gg de CO<sub>2</sub> eq.), lo que representó una TCMA de 4.7%.

En términos de contribución a las emisiones de CH<sub>4</sub>, los desechos sólidos aumentaron de 44.8% en 1990 a 53.5% en 2010, mientras que las aguas residuales disminuyeron de 52.2% a 44.7% del total. Las subcategorías restantes: tratamiento biológico de los desechos sólidos e incineración e incineración abierta, disminuyeron su participación de 3.0% a 1.8% de 1990 a 2010. El Cuadro VII.3 muestra las emisiones de CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub> eq. para el periodo 1990-2010.

CUADRO VII.3  
Emisiones de CH<sub>4</sub> (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) por subcategoría de Desechos

Año	Tratamiento biológico	Incineración	Incineración abierta	Aguas residuales municipales	Aguas residuales industriales	Eliminación de desechos sólidos	Total
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.						
1990	201.9	NE	255.0	3,948.2	3,808.1	6,653.6	14,866.9
1991	203.2	NE	261.0	4,040.1	3,867.0	6,428.0	14,799.3
1992	204.6	NE	322.9	4,338.5	3,915.0	6,248.9	15,029.8
1993	210.7	NE	422.9	4,439.5	8,368.6	6,286.7	19,728.3
1994	212.5	NE	426.1	4,613.8	8,424.5	6,381.2	20,058.1
1995	213.9	NE	448.3	4,721.2	8,456.0	6,478.0	20,317.3
1996	214.7	0.3	453.1	5,169.9	8,487.5	6,667.3	20,992.8
1997	215.0	1.0	409.6	5,239.8	7,989.1	7,247.8	21,102.3
1998	218.5	2.5	422.2	5,349.6	7,622.8	7,905.7	21,521.3
1999	219.6	2.0	415.7	5,421.8	7,867.0	9,406.9	23,333.0
2000	220.4	2.0	426.8	5,493.7	7,983.8	10,658.3	24,785.1
2001	220.3	2.2	436.3	5,557.4	7,949.3	11,734.7	25,900.2
2002	227.4	9.8	434.1	6,120.7	8,214.0	12,915.4	27,921.4
2003	229.1	11.3	442.8	6,191.6	8,365.1	13,983.3	29,223.3
2004	227.7	11.2	443.1	6,663.2	8,362.4	15,156.1	30,863.7
2005	228.4	9.7	453.8	6,740.4	8,207.1	16,253.1	31,892.5
2006	230.5	9.7	458.5	7,864.4	8,737.9	17,280.9	34,581.9
2007	232.6	9.7	483.8	7,998.0	8,861.2	18,303.5	35,888.8
2008	235.2	9.7	475.7	8,309.5	9,097.6	19,535.4	37,663.1
2009	245.4	9.7	483.3	8,450.7	9,235.4	20,851.3	39,275.8
2010	249.7	9.7	492.1	8,946.5	9,507.6	22,117.7	41,323.4

**Nota:** NE se refiere a que “no estimada”, ya que no hay información para esos años.

Las emisiones de N<sub>2</sub>O derivadas de las aguas residuales municipales, del tratamiento biológico de los desechos sólidos y de la incineración a cielo abierto, aumentaron 51.5%, al pasar de 4.8 Gg en 1990 a 7.2 Gg en 2010 (1,477.3 y 2,238.1 Gg de CO<sub>2</sub> eq.), con una TCMA de 2.1%.

En el país la incineración a cielo abierto se da principalmente en zonas rurales. Una práctica reciente es la incineración de desechos sólidos en hornos

de las plantas de cemento para la generación de energía. En el caso de los residuos peligrosos y hospitalarios, éstos son incinerados en hornos regulados por la SEMARNAT, pero su contribución en materia de GEI es marginal, equivalente a 3.0% en el caso de CO<sub>2</sub> y 0.05% en el caso de N<sub>2</sub>O para 2010. De esta manera, la contribución de emisiones de GEI en este subsector proviene principalmente de la incineración a cielo abierto: en el caso del CH<sub>4</sub> equivale a 1.7% en 1990, con tendencia a

la baja hasta un 1.2% en 2010. En lo que se refiere a CO<sub>2</sub>, la incineración a cielo abierto representó 100% de las emisiones en el periodo 1990-1994 y

97.0% en 2010, debido a que en 1995 entraron en operación las plantas de incineración de residuos peligrosos y hospitalarios (Cuadro VII.4).

CUADRO VII.4  
Emisiones de N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) por subcategoría de Desechos

Año	Tratamiento biológico de los desechos	Incineración	Incineración a cielo abierto	Aguas residuales	Incineración	Incineración a cielo abierto
	N <sub>2</sub> O			CO <sub>2</sub>		
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.					
1990	127.1	NO	86.9	1,263.4	NO	184.9
1991	127.1	NO	88.9	1,313.9	NO	124.2
1992	127.1	NO	110.0	1,361.2	NO	153.7
1993	127.1	NO	144.0	1,404.8	NO	201.3
1994	127.1	NO	145.2	1,449.7	NO	202.9
1995	127.1	NO	152.7	1,472.7	NO	213.4
1996	127.1	0.0	154.3	1,494.4	0.5	215.7
1997	127.1	0.1	139.5	1,547.6	1.7	195.0
1998	127.1	0.3	143.8	1,585.2	4.3	201.0
1999	127.1	0.2	141.6	1,636.7	3.6	197.9
2000	127.1	0.2	145.4	1,706.5	3.6	203.2
2001	127.1	0.2	148.6	1,759.0	3.8	207.7
2002	127.1	1.1	147.9	1,787.2	17.2	206.7
2003	127.1	1.3	150.9	1,792.1	19.8	287.6
2004	127.1	1.3	150.9	1,812.9	19.5	286.9
2005	127.1	1.1	154.6	1,827.9	16.9	294.1
2006	127.1	1.1	156.2	1,881.5	16.9	297.3
2007	127.1	1.1	164.8	1,915.6	16.9	309.9
2008	127.1	1.1	162.0	1,933.2	16.9	534.4
2009	127.1	1.1	164.6	1,938.0	16.9	543.0
2010	127.1	1.1	167.7	1,942.3	16.9	552.4

**Nota:** NO se refiere a que "No Ocorre", ya que no existió esa actividad para esos años.

En el Cuadro VII.5 se observa la contribución de cada subcategoría a las emisiones totales en Gg de CO<sub>2</sub> eq. y su TCMA.



CUADRO VII.5  
Emisiones de GEI (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) por subcategoría de Desechos

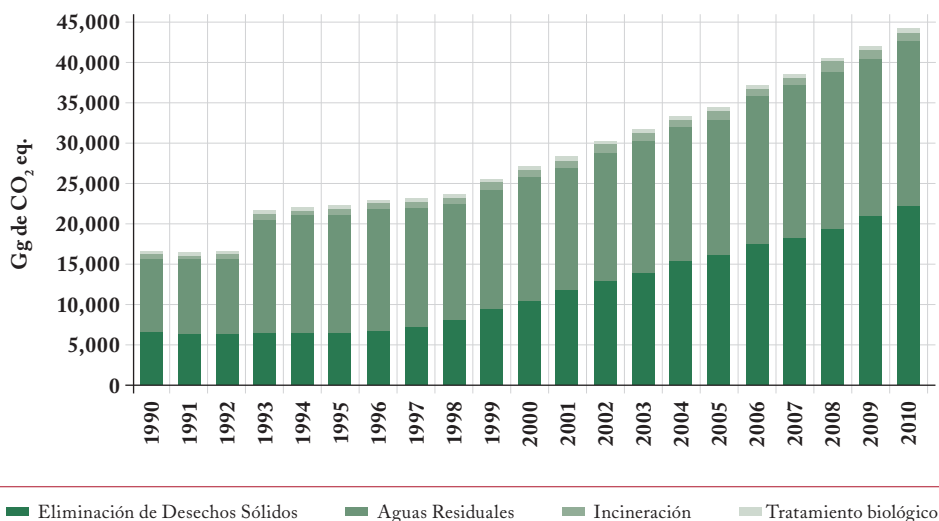
Subcategoría	1990	2010	1990	2010	TCMA*
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.		Contribución (%)		%
A. Eliminación de desechos sólidos	6,653.6	22,117.7	40.3	50.1	6.2
B. Tratamiento biológico de los desechos sólidos	329.0	376.8	2.0	0.9	0.7
C. Incineración e incineración a cielo abierto	526.8	1,239.9	3.2	2.8	4.4
D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	9,019.7	20,396.4	54.6	46.2	4.2
<b>Total</b>	<b>16,529.1</b>	<b>44,130.8</b>			<b>5.0</b>

\*TCMA: Tasa de crecimiento media anual.

En la Figura VII.1 se puede ver el comportamiento, en Gg de CO<sub>2</sub> eq., de las subcategorías que conforman esta categoría. A partir de 2003 se toma en cuenta la recuperación de metano (equivalente a 1 Gg de CH<sub>4</sub> anual) del relleno sanitario de

Salinas Victoria, ubicado en la zona conurbada de Monterrey, Nuevo León, el cual es empleado como combustible para la operación de la primera planta de generación de electricidad de este tipo en nuestro país.

FIGURA VII.1  
Emisiones de GEI (Gg de CO<sub>2</sub> eq.) para las subcategorías de Desechos (1990-2010)



## VII.2 ELIMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS [A]

### ■ DESCRIPCIÓN DE LA SUBCATEGORÍA

El tratamiento y la eliminación de los desechos sólidos municipales, industriales y otros producen cantidades significativas de metano ( $\text{CH}_4$ ). Además del  $\text{CH}_4$ , los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS) producen también bióxido de carbono biogénico ( $\text{CO}_2$ ) y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), así como cantidades menores de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y monóxido de carbono (CO). El  $\text{CH}_4$  producido en los SEDS contribuye con aproximadamente 3 a 4% de las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénicas mundiales anuales (PICC, 2001). En muchos países industrializados, la gestión de los desechos ha cambiado significativamente en la última década. Se han introducido políticas de minimización, reciclado y/o reutilización de los desechos para reducir la cantidad de desechos generados, y de manera creciente se implementan prácticas de gestión alternativas para la eliminación de los desechos sólidos en la tierra, así como para reducir los impactos ambientales de esta gestión. Así mismo, hoy es más común la recuperación de gas de vertedero como una medida de reducción de las emisiones de  $\text{CH}_4$  generadas por los SEDS.

Esta subcategoría contempla las emisiones de  $\text{CH}_4$  de los SEDS, que generalmente son la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero del sector Desechos.

Las emisiones se estiman para los siguientes tipos de tiraderos de desechos sólidos:

- Rellenos sanitarios,
- Rellenos de tierra controlados y
- Sitios no controlados (tiraderos a cielo abierto).

En México, la mayor parte de los desechos sólidos se depositan en rellenos sanitarios y el resto en tiraderos a cielo abierto (sitios no controlados). Del total de desechos sólidos generados, 96% se disponen en SEDS y 4% corresponden a reciclaje.

El gas emitido en los SEDS se compone principalmente de  $\text{CH}_4$ , que se genera por la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos. La primera fase del proceso comienza generalmente después de 10 a 50 días en que los residuos han sido depositados.

Diversos factores contribuyen a la generación de  $\text{CH}_4$  en los SEDS, como son:

- ▶ **Composición de los desechos:** La generación de gas depende principalmente de la composición de los desechos; la cantidad de gas generada depende de la cantidad de materia orgánica que se encuentra depositada.
- ▶ **Humedad:** Se requiere la presencia de humedad para la descomposición anaeróbica de la materia orgánica, por lo que el contenido de humedad impacta la tasa de generación de gas.
- ▶ **Temperatura:** La digestión anaerobia es un proceso exotérmico. La tasa de crecimiento de las bacterias tiende a incrementarse con la temperatura hasta alcanzar un valor óptimo.
- ▶ **Disponibilidad de nutrientes:** Se requiere la presencia de nutrientes para la digestión anaerobia, como carbono, hidrógeno, nitrógeno y fósforo; generalmente, los SEDS tienen los nutrientes necesarios.

## ■ ASPECTOS METODOLÓGICOS

La descomposición de la materia orgánica derivada de las fuentes de biomasa (p. ej., cultivos, madera) es la fuente principal de liberación de  $\text{CO}_2$  a partir de desechos. Estas emisiones de  $\text{CO}_2$  no están incluidas en los totales nacionales porque el carbono es de origen biogénico y las emisiones netas se contabilizan en las categorías de Agricultura y Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS). Las metodologías para los COVDM,  $\text{NO}_x$  y CO están cubiertas en las directrices bajo otras convenciones, tales como el Convenio sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia (CLRTAP, del inglés *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*) de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. Para las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  procedentes de los SEDS, no se proporciona ninguna metodología, pues éstas no son significativas.

En las *Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (versión revisada en 1996) (PICC, 1996), y en la *Orientación del PICC sobre las buenas prácticas y la gestión de*

*la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (en adelante Guía de Buenas Prácticas o GBP) (PICC, 2000) se describen dos métodos para estimar las emisiones de  $\text{CH}_4$  provenientes de los SEDS: el método del equilibrio de masas (Nivel 1) y el método de descomposición de primer orden (FOD, del inglés *first order decay*) (Nivel 2). Sin embargo, en las directrices del PICC de 1996 se desaconseja enfáticamente el uso del método de equilibrio de masas, puesto que produce resultados que no son comparables con los del método FOD, que permite obtener estimaciones más exactas de las emisiones anuales.

De esta manera, la estimación de las emisiones de  $\text{CH}_4$  provenientes de los SEDS se basa en el método de descomposición de primer orden (FOD) o Nivel 2. Esta metodología utiliza, por una parte, factores y parámetros por defecto a fin de alimentar el modelo para los años 1950 a 1989 y, por otra parte, datos de actividad existentes y específicos del país para los años 1990 a 2010; puesto que el modelo emplea datos para un intervalo de años de 1950 a 2010 en la estimación de estas emisiones.

## ■ DESCOMPOSICIÓN DE PRIMER ORDEN (FOD)

**Generación de metano.** El potencial de generación de  $\text{CH}_4$  de los desechos que se eliminan en un año determinado decrece gradualmente durante las décadas siguientes. En este proceso, la liberación de  $\text{CH}_4$  decrece gradualmente a partir de esta cantidad específica de desechos. El modelo FOD se funda en un factor exponencial que describe la fracción de material degradable que se descompone cada año en  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ .

**Elementos de la descomposición de primer orden.** En una reacción de primer orden, la cantidad de producto es siempre proporcional a la cantidad de material reactivo. Esto significa que el año en el cual el material de desecho fue depositado en el SEDS no es pertinente para determinar la cantidad de  $\text{CH}_4$  generado cada año. Lo único que cuenta es la masa total de material en descomposición que existe actualmente en el sitio.

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} \times e^{-k})$$

$$DDOCmdescomp_T = DDOCma_{T-1} + (1 - e^{-k})$$

Donde:

$t$  = año del inventario

$DDOCma_T$  = DDOCm acumulado en los SEDS al final del año T (Gg)

$DDOCma_{T-1}$  = DDOCm acumulado en los SEDS al final del año (T-1) (Gg)

$DDOCmd_T$  = DDOCm depositado en los SEDS durante el año T (Gg)

$DDOCmdescomp_T$  = DDOCm descompuesto en los SEDS durante el año T (Gg)

$K$  = constante de reacción,  $k = \ln(2)/t_{1/2} \cdot (\text{años}^{-1})$

$t_{1/2}$  = vida media (años)

### Modelo simple de hoja de cálculo para el FOD.

El modelo simple de hoja de cálculo para el FOD (modelo de desechos del PICC) se basa en la Ecuación 1, expuesta más arriba. La hoja de cálculo mantiene un total actualizado de la cantidad de DDOC (carbono orgánico degradable disuelto)

en el sitio de eliminación que da cuenta de la cantidad depositada cada año y de la cantidad restante de los años anteriores. Se usa para calcular la cantidad de carbono orgánico degradable que se descompone en  $\text{CH}_4$ .

## ■ DATOS DE ACTIVIDAD

La información referente a la cantidad de desechos depositados en SEDS, así como la composición de los mismos, se encuentra en fuentes oficiales. La Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) proporciona esa información bajo la clasificación de rellenos sanitarios, rellenos de tierra controlados y sitios no controlados o tiraderos a cielo abierto y reciclaje. La información únicamente debe ser procesada y clasificada para los SEDS a fin de poder alimentar el modelo de descomposición de primer orden (FOD).

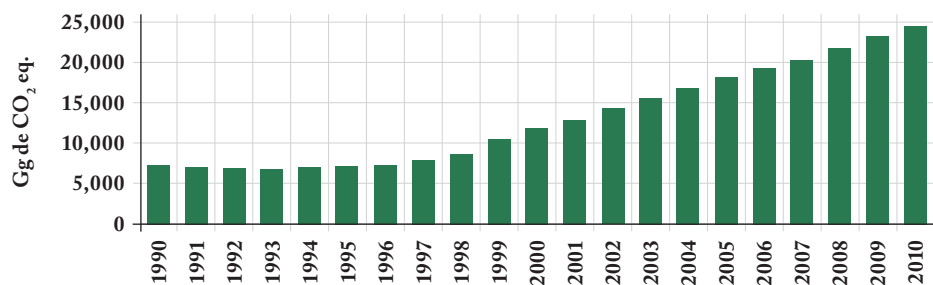
Esta información incluye las cantidades de desechos sólidos municipales para el periodo citado, correspondientes a seis componentes principales: papel y cartón, textiles, plásticos, vidrios, metales y orgánicos, dentro de los que se incluyen los residuos de comida y jardín. Para cubrir años anteriores, como lo pide el modelo FOD a partir de 1950, se consideraron los valores propuestos por el modelo para los años 1950 a 1990, mientras que para el periodo 1990-2010 se emplearon los datos proporcionados por la Sedesol, que permitieron correr el modelo FOD y obtener los resultados correspondientes para este inventario.

## ■ RESULTADOS

CUADRO VII.6  
Emisiones de la subcategoría eliminación de desechos sólidos

Año	Gg de CH <sub>4</sub>	Gg de CO <sub>2</sub> eq.	Año	Gg de CH <sub>4</sub>	Gg de CO <sub>2</sub> eq.
1990	316.8	6,653.6	2001	558.8	11,734.7
1991	306.1	6,428.0	2002	615.0	12,915.4
1992	297.6	6,248.9	2003	665.9	13,983.3
1993	299.4	6,286.7	2004	721.7	15,156.1
1994	303.9	6,381.2	2005	774.0	16,253.1
1995	308.5	6,478.0	2006	822.9	17,280.9
1996	317.5	6,667.3	2007	871.6	18,303.5
1997	345.1	7,247.8	2008	930.3	19,535.4
1998	376.5	7,905.7	2009	992.9	20,851.3
1999	447.9	9,406.9	2010	1,053.2	22,117.7
2000	507.5	10,658.3			

FIGURA VII.2  
Emisiones de GEI de eliminación de desechos sólidos (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



## VII.3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS [B]

### ■ DESCRIPCIÓN DE LA SUBCATEGORÍA

La fabricación de abono orgánico (composta) y la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos, como los desechos de alimentos, de jardines y parques y de lodos de aguas residuales, es común tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Entre las ventajas del tratamiento biológico se incluye: el volumen reducido de los materiales de desecho, la estabilización de los desechos, la destrucción de los agentes patógenos en el material de desecho y la producción de biogás para

utilización energética. Además, los productos finales del tratamiento biológico pueden reciclarse, según su calidad, como fertilizantes y abono de suelos, o bien, eliminarse en los SEDS.

La fabricación de abono orgánico puede producir también emisiones de  $N_2O$ . El intervalo de las emisiones estimadas varía desde menos del 0.5% hasta 5% del contenido inicial de nitrógeno del material (PICC, 2006).

### ■ ASPECTOS METODOLÓGICOS

En general, el tratamiento biológico afecta la cantidad y la composición de los desechos que se depositan en los SEDS.

La estimación de las emisiones de  $CH_4$  y  $N_2O$  procedentes del tratamiento biológico de los desechos sólidos involucra los pasos siguientes:

1. Recopilar datos sobre la cantidad y el tipo de desechos sólidos que se tratan biológicamente. Si no se dispone de datos, la di-

gestión anaeróbica de los desechos sólidos puede suponerse nula. Los datos por defecto deben utilizarse sólo cuando no se disponga de datos específicos del país.

2. Estimar las emisiones de  $CH_4$  y  $N_2O$  procedentes del tratamiento biológico de los desechos sólidos utilizando las Ecuaciones B.5.5 y B.5.6 (Anexo B).
3. Restar la cantidad de gas recuperado de la cantidad de  $CH_4$  generado.

### ■ DATOS DE ACTIVIDAD

El tratamiento biológico de los desechos sólidos, en general, puede servir para la producción de composta vía procesos aerobios y/o generación de biogás vía digestión anaeróbica. En nuestro caso, el tratamiento para la producción de composta se estimó de acuerdo con el *software* del PICC, versión 2006, y con las hojas de trabajo 4B  $CH_4$  *emissions* y 4B  $N_2O$  *emissions* de la metodología,

donde se emplearon, en la columna A, los valores en Gg/año de desechos tratados en las ciudades de México (247.5 Gg/año), Zapopan (198.0 Gg/año), Tonalá (132 Gg/año), Oaxaca (66.0 Gg/año) y Monterrey (39.6 Gg/año). Se consideró que esta capacidad de tratamiento permaneció constante en el periodo 1990-2010.

Del mismo modo se estimaron los Gg/año derivados del tratamiento de lodos de las aguas residuales municipales e industriales. La estimación de las emisiones de GEI (CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) correspondientes a esta actividad se efectuaron empleando factores por defecto de las emisiones de GEI tanto de la composta como del biogás.

Durante el periodo analizado, han existido y dejado de existir plantas de producción de composta en diferentes municipios de nuestro país. Sin embargo, no existe un inventario oficial que permita tener una mayor certeza sobre este tema. La planta de composta del relleno sanitario de Bordo Poniente, en la Ciudad de México, es posiblemente la única que ha sido constante en su producción: 750 toneladas de composta por día. La planta procesa los residuos orgánicos de la Central de Abastos y parte de los residuos de jardín generados en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

## ■ RESULTADOS

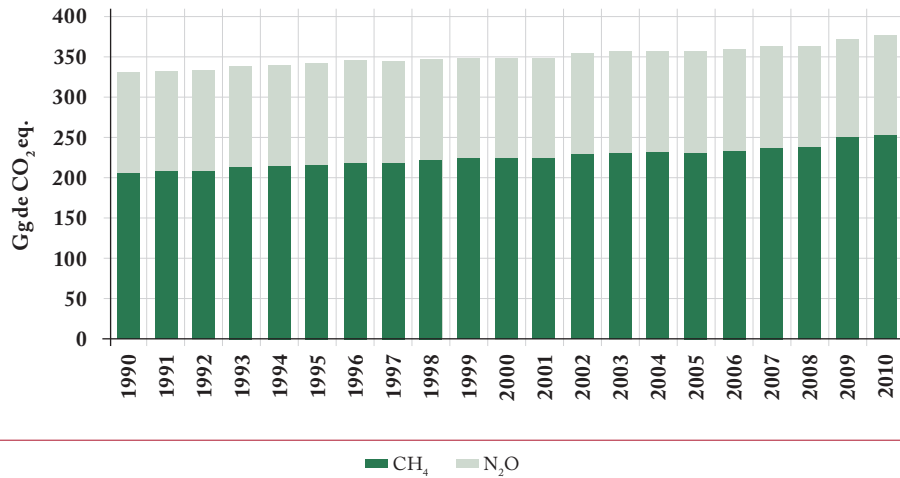
CUADRO VII.7  
Emisiones de la subcategoría tratamiento biológico de los desechos sólidos

Año	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.		
1990	201.90	127.06	328.96
1991	203.22	127.06	330.28
1992	204.57	127.06	331.63
1993	210.65	127.06	337.71
1994	212.46	127.06	339.51
1995	213.88	127.06	340.94
1996	214.74	127.06	341.80
1997	215.03	127.06	342.09
1998	218.54	127.06	345.60
1999	219.57	127.06	346.63
2000	220.44	127.06	347.50

Año	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
	Gg de CO <sub>2</sub> eq.		
2001	220.34	127.06	347.40
2002	227.45	127.06	354.50
2003	229.06	127.06	356.11
2004	227.69	127.06	354.75
2005	228.38	127.06	355.44
2006	230.54	127.06	357.60
2007	232.57	127.06	359.63
2008	235.23	127.06	362.29
2009	245.39	127.06	372.45
2010	249.70	127.06	376.75

FIGURA VII.3  
Emisiones de GEI de tratamiento biológico de desechos sólidos (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)



## VII.4 INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE DESECHOS [C]

### ■ DESCRIPCIÓN DE LA SUBCATEGORÍA

La incineración se define como la combustión de los desechos sólidos y líquidos en instalaciones de incineración controladas. Los incineradores modernos de desperdicios poseen grandes chimeneas y cámaras de combustión especialmente diseñadas, que producen altas temperaturas de combustión, tiempos largos de residencia y agitación eficiente de los desechos, al tiempo que introducen aire para una combustión más completa. Los tipos de desechos incinerados que se incluyen en esta subcategoría son los residuos hospitalarios que cuentan con autorización de la SEMARNAT.

En esta subcategoría se declaran las emisiones procedentes de la incineración sin recuperación de energía, puesto que aquellas debidas a la incineración con recuperación de energía deben declararse en la categoría de Energía, ambas con la distinción de emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ya sea

fósil o biogénico. La metodología empleada se aplica en general en ambas incineraciones.

La incineración abierta (a cielo abierto) de desechos puede definirse como la combustión de materiales combustibles no deseados, tales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, desechos de aceites y otros residuos al aire libre o en tiraderos a cielo abierto, donde el humo y otras emisiones se liberan directamente a la atmósfera, sin pasar por una chimenea o columna.

La incineración e incineración abierta de desechos son, como otros tipos de combustión, fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero. Los gases pertinentes emitidos incluyen bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Normalmente, las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la incineración de desechos son más significativas que las de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.



## ■ ASPECTOS METODOLÓGICOS

El método común para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la incineración e incineración abierta de desechos se basa tanto en una estimación del contenido de carbono fósil en los desechos quemados, multiplicado por el factor de oxidación, como en una conversión del producto (cantidad de carbono fósil oxidado) en CO<sub>2</sub>. Los datos de la actividad son las entradas de desechos en el incinerador o la cantidad de desechos que se quema al aire libre y los factores de emisión se basan en el contenido de carbono oxidado de los desechos que son de origen fósil. Entre los datos pertinentes se cuentan la cantidad y composición de los desechos, el contenido de materia seca, el contenido de carbono total, la fracción de carbono fósil y el factor de oxidación.

Los niveles difieren en cuanto a la medida en la que la cantidad total de desechos, los factores de emisión y los parámetros utilizados constituyen valores por defecto (Nivel 1), valores específicos del país (Nivel 2a y Nivel 2b) o valores específicos de la planta (Nivel 3).

Para este inventario se empleó el método de Nivel 1, que emplea datos por defecto sobre los parámetros característicos (como contenido de materia seca, contenido de carbono y fracción de carbono fósil) para los diferentes tipos de desechos (como los hospitalarios).

## ■ DATOS DE ACTIVIDAD

La estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, derivadas de la incineración y la incineración a cielo abierto de desechos sólidos y desechos líquidos fósiles, requiere de información referente a las cantidades de residuos sólidos municipales, residuos sólidos peligrosos, residuos hospitalarios y residuos líquidos fósiles.

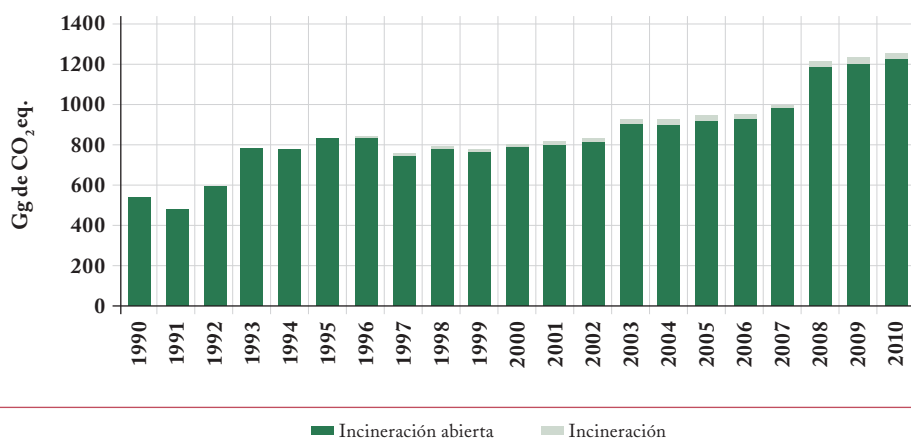
En el caso de la incineración de los residuos sólidos, se consideró al medio rural como el sitio en donde ocurre esta práctica y se realizaron consideraciones que se detallan en el Anexo A. Para los residuos hospitalarios se utilizó información de la SEMARNAT, junto con factores de emisión por defecto, para obtener las emisiones correspondientes de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O.

## ■ RESULTADOS

CUADRO VII.8  
Emisiones de la subcategoría de incineración e incineración abierta

Año	Gg de CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)	N <sub>2</sub> O (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)	Gg de CO <sub>2</sub> eq.
1990	184.907	255.028	86.878	526.812
1991	124.235	260.965	88.900	474.100
1992	153.708	322.873	109.990	586.571
1993	201.303	422.851	144.048	768.203
1994	202.868	426.138	145.168	774.173
1995	213.407	448.276	152.709	814.392
1996	216.167	453.346	154.374	823.887
1997	196.671	410.572	139.648	746.891
1998	205.276	424.642	144.100	774.019
1999	201.459	417.716	141.834	761.008
2000	206.754	428.839	145.639	781.232
2001	211.528	438.503	148.884	798.915
2002	223.825	443.942	149.001	816.768
2003	307.419	454.164	152.142	913.725
2004	306.427	454.278	152.212	912.916
2005	311.018	463.488	155.690	930.196
2006	314.267	468.200	157.296	939.763
2007	326.797	493.516	165.920	986.232
2008	551.344	485.357	163.140	1,199.841
2009	559.926	492.995	165.742	1,218.663
2010	569.357	501.826	168.751	1,239.933

FIGURA VII.4  
Emisiones de GEI por incineración e incineración abierta



## VII.5 TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES [D]

### ■ DESCRIPCIÓN DE LA SUBCATEGORÍA

Las aguas residuales son fuente de metano ( $\text{CH}_4$ ) cuando se las trata o elimina en medio anaeróbico. También pueden ser una fuente de emisiones de óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Las emisiones de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) procedentes de las aguas residuales no se consideran en este inventario porque son de origen biogénico y tampoco deben incluirse en el total nacional de emisiones. Las aguas residuales se originan en una variedad de fuentes domésticas, comerciales e industriales y pueden tratarse *in situ* (no recolectadas), transportarse por drenaje a una planta de tratamiento (recolectadas) o eliminarse sin tratamiento en ríos o mares.

Las aguas residuales domésticas son los residuos de aguas utilizadas en los hogares, mientras que las aguas residuales industriales derivan exclusivamente de las actividades industriales. Los sistemas de tratamiento pueden ser de distintos tipos, la diferencia primordial es la manera en que realizan su función, ya sea a través de un medio aeróbico o anaeróbico; en los primeros, la generación de metano no es significativa.

### ■ ASPECTOS METODOLÓGICOS

La metodología de las directrices del PICC de 1996 (PICC, 1996) propone ecuaciones separadas para estimar las emisiones de aguas residuales y las de los lodos; puesto que la capacidad de generación

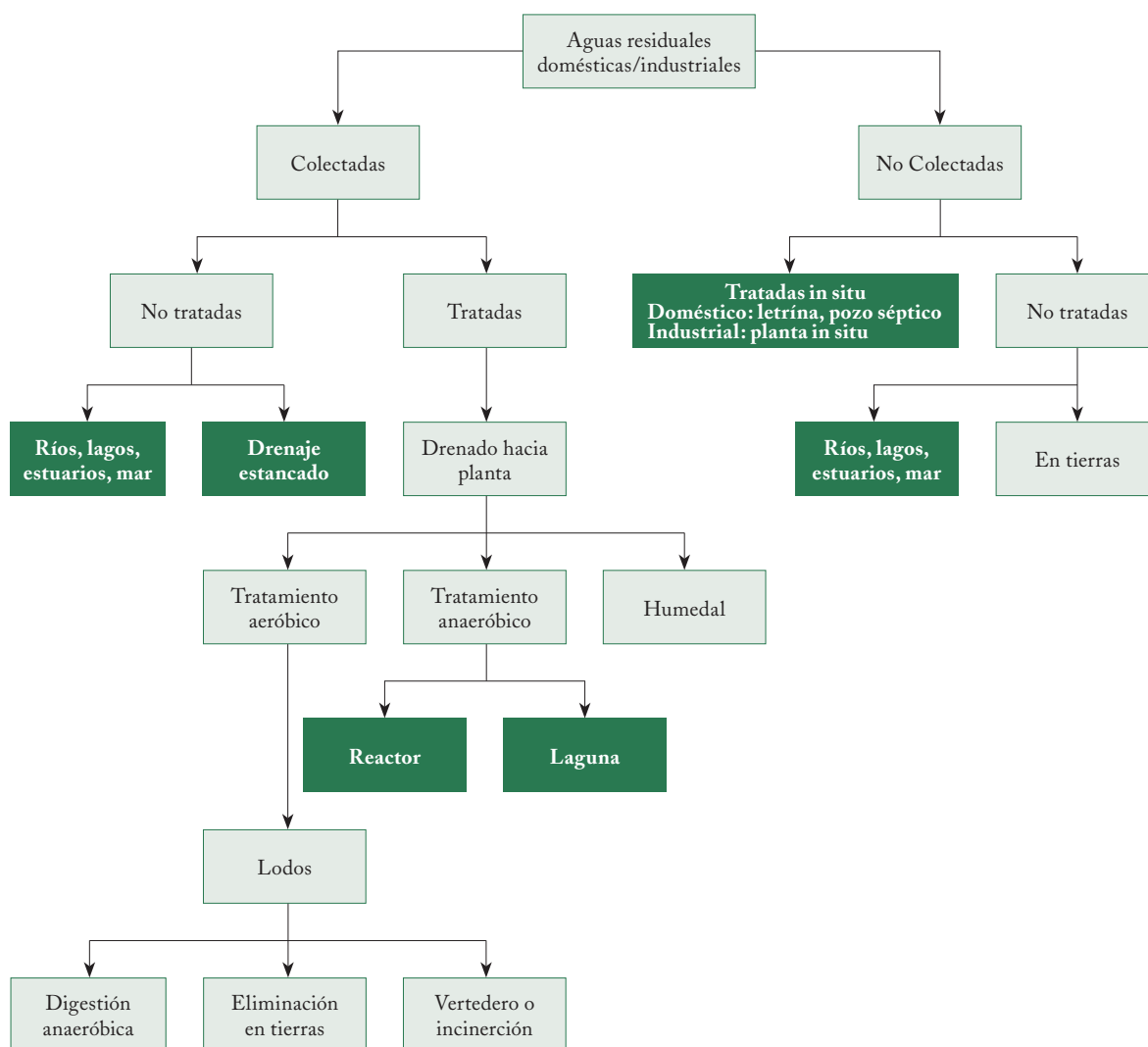
de  $\text{CH}_4$  tanto de las aguas residuales como de los lodos se considera similar, se establece que no se requieren ecuaciones distintas.

Las emisiones de esta subcategoría dependen del carbono orgánico degradable presente en las aguas residuales y del factor de emisión sobre el CH<sub>4</sub> que generan estos residuos.

El uso de sistemas y/o vías de tratamiento de aguas residuales municipales suele diferir para los residentes rurales y urbanos. Por lo tanto, se introduce el factor U para expresar cada fracción de grupo de ingresos.

La estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> del tratamiento de aguas residuales industriales se basa en la concentración de materia orgánica degradable en el agua residual, en el volumen de la misma y en el tratamiento que el sector industrial proporcione en sistemas anaeróbicos.

FIGURA VII.5  
Tratamiento y vías de eliminación de aguas residuales



**Nota:** Las emisiones correspondientes a los recuadros en negrita son las que se abordan en este capítulo.

## ■ DATOS DE ACTIVIDAD

Para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> derivadas del manejo y tratamiento de las aguas residuales municipales, la metodología requiere los datos de población y la cantidad de materia orgánica generada por persona (kg de DBO/cápita/año),<sup>1</sup> así como el factor de corrección por descarga de DBO industrial en drenaje. Estos datos permiten calcular los kilogramos de DBO por año. La información de la población se tomó de los censos del INEGI, mientras que para determinar la materia orgánica generada se empleó el valor de 18.25 kg de DBO/cápita/año.

Posteriormente se requiere la capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub> por kilogramo de DBO –que fue tomado de los valores por defecto de las directrices del PICC de 2006 (PICC, 2006)– y el MCF<sup>2</sup> del sistema de tratamiento (aeróbico o anaeróbico), como se muestra en el Cuadro VII.9, para obtener el factor de emisión correspondiente.

Los valores correspondientes a la fracción del grupo poblacional rural o urbano se obtuvieron del INEGI.

CUADRO VII.9  
Capacidad máxima de producción de metano y MCF asociado a los sistemas de tratamiento

Tipo de sistema de tratamiento	Capacidad máxima de producción de metano (B <sub>0</sub> ) (kg CH <sub>4</sub> /kg DBO)	Factor de corrección para el metano (MCF <sub>j</sub> )
Planta aeróbica	0.6	0.3
Laguna anaeróbica	0.6	0.5
Eliminación en río, lago y mar	0.6	0.1
Pozo séptico	0.6	0.7

En lo que se refiere a las emisiones de N<sub>2</sub>O en este sector, la metodología solicita dos parámetros: por un lado, el número de habitantes y el consumo de proteína por persona, que son datos proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), y por otro lado, la fracción de nitrógeno en la proteína, la cantidad de proteína industrial, la deducción del nitrógeno removido en las plantas de tratamiento, son datos por defecto.

Estas emisiones, por lo tanto, dependen en gran medida de los factores por defecto y de la serie derivada de los datos del censo de población y vivienda y conteos correspondientes al periodo analizado, a fin de obtener los balances de agua para cada año.

1. DBO = demanda bioquímica de oxígeno.

2. MCF = Factor de corrección de CH<sub>4</sub> para la descomposición aeróbica durante el año de deposición (fracción).

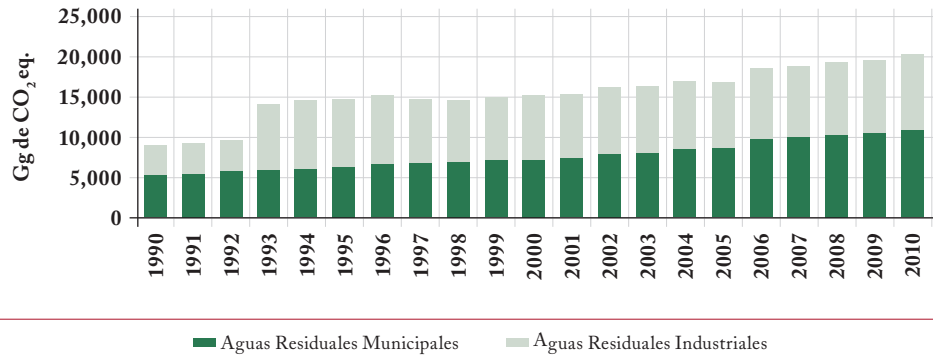
## ■ RESULTADOS

Las emisiones por aguas residuales fueron:

CUADRO VII.10  
Emisiones de GEI procedentes de aguas residuales (Gg de CO<sub>2</sub> eq.)

Año	Aguas residuales municipales	Aguas residuales industriales	Aguas residuales	Total
	CH <sub>4</sub> (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)		N <sub>2</sub> O (Gg de CO <sub>2</sub> eq.)	Gg de CO <sub>2</sub> eq.
1990	3,948.210	3,808.134	1,263.392	9,019.735
1991	4,040.128	3,866.955	1,313.923	9,221.006
1992	4,338.457	3,914.980	1,361.152	9,614.590
1993	4,439.461	8,368.586	1,404.784	14,212.832
1994	4,613.793	8,424.499	1,449.661	14,487.953
1995	4,721.207	8,455.977	1,472.713	14,649.897
1996	5,169.922	8,487.542	1,494.438	15,151.902
1997	5,239.755	7,989.141	1,547.589	14,776.485
1998	5,349.552	7,622.788	1,585.173	14,557.513
1999	5,421.810	7,867.029	1,636.685	14,925.524
2000	5,493.734	7,983.771	1,706.485	15,183.990
2001	5,557.389	7,949.291	1,759.020	15,265.699
2002	6,120.682	8,214.015	1,787.205	16,121.902
2003	6,191.601	8,365.145	1,792.124	16,348.870
2004	6,663.174	8,362.415	1,812.889	16,838.477
2005	6,740.378	8,207.130	1,827.863	16,775.370
2006	7,864.407	8,737.853	1,881.476	18,483.737
2007	7,997.991	8,861.214	1,915.553	18,774.758
2008	8,309.528	9,097.573	1,933.190	19,340.291
2009	8,450.673	9,235.354	1,937.971	19,623.998
2010	8,946.517	9,507.608	1,942.296	20,396.420

FIGURA VII.6  
Emisiones de aguas residuales



# REFERENCIAS





# REFERENCIAS

## REFERENCIAS GENERALES

- » AIE, 2011. CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion High-light. París, Francia.
- » CMNUCC, 2003. Informe de la Conferencia de las Partes sobre su octavo periodo de sesiones. Decisiones Adoptadas por la Conferencia de las Partes. Decisión 17/CP.8 Directrices para la preparación de comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el anexo I de la Convención. Documento FCCC /CP/2002/7/Add.
- » INE, 2006. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002, México.
- » INECC-SEMARNAT, 2012. México Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- » INE-PNUD-SEMARNAT, 2012. Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010 en la categoría Agricultura.
- » INE-PNUD-SEMARNAT, 2012a. Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010 en la categoría de Desechos.
- » INE-PNUD-SEMARNAT, 2012b. Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010 en el sector USCUSS.
- » INE-PNUD-SEMARNAT, 2012c. Consultoría para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero para las categorías de Energía, Procesos Industriales y Utilización de Solventes y otros Productos, para el periodo 1990-2010.
- » INE-SEMARNAT, 2007. Estimación de los factores de emisión. México.
- » INE-SEMARNAT, 2009. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de México, Capítulo II.
- » INE-SEMARNAT, 2011. Recopilación y análisis de los datos de actividad para las categorías de Energía, Procesos Industriales y Utilización de Solventes y otros Productos, para la realización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010.
- » INE-SEMARNAT, 2011a. Enfoque Sistémico de la Elaboración de Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- » PICC, 1996. Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. Volumen 1,2,3. UNEP, WMO.
- » PICC, 2000. Orientación del PICC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Guía de Buenas Prácticas). IGES, UNEP, WMO.
- » PICC, 2003. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. IGES, UNEP, WMO.
- » PICC, 2006. Directrices del PICC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. IGES, UNEP, WMO.
- » UNDP, 2011. Human Development Report 2011, New York.

## ENERGÍA

- » INE, 2009. Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006 en la categoría de Energía. México, 2009. Disponible en: [http://www.ine.gob.mx/descargas/climatico/inf\\_inegei\\_energia\\_2006.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/climatico/inf_inegei_energia_2006.pdf)
- » INEGI, 1996 a 2008. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/Encuestas/Hogares/regulares/Enigh/>
- » INEGI-SCT, 2011. Estadísticas de Transporte de América del Norte, disponible en: <http://nats.sct.gob.mx/politicas-del-sitio-y-avisos-de-no-responsabilidad.html>
- » Informe Geológico de los Estados Unidos, disponible en: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2010/myb3-2010-mx.pdf>
- » NOM-085-ECOL-1994. Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-1994 sobre contaminación atmosférica.
- » NOM-085-SEMARNAT-2011. Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
- » SCT, 2002. Anuario Estadístico, 2002.
- » SCT, 2009. Anuario Estadístico, 2009.
- » SCT, Indicadores Mensuales del 2010, disponible en: <http://www.sct.gob.mx/informacion-general/planeacion/estadistica-del-sector/indicadores-mensuales-sct/>
- » SENER. 2002. Balance Nacional de Energía, 2002.
- » SENER. 2010. Balance Nacional de Energía, 2010.

## PROCESOS INDUSTRIALES

- » ANIQ, Anuario estadístico de la industria química mexicana (varios años).
- » INE, 2009a. Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006 en la categoría de Procesos Industriales. México, 2009, disponible en: [http://www.ine.gob.mx/descargas/climatico/inf\\_inegei\\_piup\\_2006.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/climatico/inf_inegei_piup_2006.pdf)
- » INEGI, Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2010.
- » INEGI, Banco de Información Económica.
- » INEGI, Censos económicos: Industria manufacturera (1999 y 2004).
- » INEGI, 2010. Estadísticas históricas de México 2009, disponible en: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/historicas10/EHM2009.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/historicas10/EHM2009.pdf)
- » INEGI, La industria química en México (varios años).
- » INEGI, La industria siderúrgica en México (varios años).
- » Información proporcionada por Dupont México.
- » Información proporcionada por Quimobásicos.
- » Información proporcionada por la Subdirección de Transmisión de CFE.
- » Oberthür, S. y H. E. Ott (1999), The Kyoto Protocol. International Climate Policy for the 21 st Century. Berlín: Springer.
- » PEMEX, Anuario estadístico 2001.
- » PEMEX, Anuario estadístico 2011.
- » Quimobásicos HFC Recovery and Decomposition Project, Version 4.0 May 2006. (Documento de diseño de proyecto para el Mecanismo por un Desarrollo Limpio), disponible en: [http://cdm.unfccc.int/filestorage/C/R/F/CRFVZP3HKZRLQGI9TRPXWMK7OPFNRE.1/PDD\\_Quimobasicos\\_19Dec05bis.pdf?t=NEJ8bWphejVtfDDIKutx7j1vKIVqDtq6EJ5U](http://cdm.unfccc.int/filestorage/C/R/F/CRFVZP3HKZRLQGI9TRPXWMK7OPFNRE.1/PDD_Quimobasicos_19Dec05bis.pdf?t=NEJ8bWphejVtfDDIKutx7j1vKIVqDtq6EJ5U)
- » SE, Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (varios años).
- » SE, 2005. Perfil de mercado de la caliza y sus derivados. Coordinación General de Minería de la Secretaría de Economía, México, 2005.
- » SE, 2006. Perfil de mercado de la dolomita Coordinación General de Minería de la Secretaría de Economía, México, 2006.

- » SEMARNAT, Sistema de Información y Seguimiento de Sustancias Agotadores de la Capa de Ozono (SISSAO), disponible en: [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet5e6c.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet5e6c.html)
- » USGS, The Mineral Industry of Mexico (varios años).
- » <http://www.intlmag.org/statistics.html>

## AGRICULTURA

- » Agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos (EPA). 2001. Manejo del estiércol del ganado: Introducción y resumen, disponible en: <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaIntAgronomia/ABORG3.pdf>
- » FAO, 2007. *Cambio climático y seguridad alimentaria: Un documento marco*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0145s/i0145s00.pdf>
- » FAO, 2009. *La FAO en México, más de 60 años de cooperación, 1945-2009*. México, Agroanálisis, A. C., disponible en: [http://www.fao.org.mx/documentos/Libro\\_FAO.pdf](http://www.fao.org.mx/documentos/Libro_FAO.pdf)
- » FAOSTAT, disponible en: <http://faostat.fao.org>
- » González, E. 1999. *Determinación experimental de los factores de emisión de metano por excretas de bovino en México*. México, Colegio de Ciencias y Humanidades, UACEPIP, UNAM.
- » González, E. y L. G. Ruiz. 2001. "Methane emissions factors from cattle manure in Mexico". *Bioresource Technology*, 80:63-71.
- » INEGI, 2010. Censo de Población y Vivienda. [[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)].
- » INEGI, 2007. Censo Agropecuario 2007.
- » INEGI, 2008. *El sector alimentario en México*. México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- » INEGI, 1991. *VII Censo Agrícola y Ganadero, 1991. Resultados definitivos*. Tomo II. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información.
- » INEGI. 1981. *VI Censo Agrícola-Ganadero y Ejidal, 1980. Resumen general (Resultados muestrales a nivel nacional y por entidad federativa)*. Tomo II. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información.
- » Martins O. y T. Dewes. 1992. "Loss of Nitrogenous Compounds During Composting of Animal Wastes". *Bioresource Technology*, 42(2):103-111.
- » Miner, J. R., F. J. Humenik y M. R. Overchash. 2000. "Managing Livestock Wastes to Preserve Environmental Quality". *Environmental Quality*. Iowa, Iowa State University Press.
- » Ordóñez Díaz, J. A. B. y T. Hernández Tejeda. 2005. *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002, Sector Agricultura, Capítulo 4*. México, Instituto Nacional de Ecología / Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia, A. C.
- » Rodríguez, J., G. López, L. Avelino, y J. Huerta, J. 2012. "Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América". *Agrociencia*, 46: 359-370.
- » Ruiz, L. G., E. González y E. Báez. 1999. *Factores de emisión de gases de efecto invernadero por sistemas vivos en el centro de México. Factores de emisión de metano para bovinos del centro de México: Proyecto MEX/95/G31/NIG/99*. México, Instituto Nacional de Ecología (INE) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 222 pp.
- » Ruiz, L. G. y E. González. 1997. "Modeling Methane Emissions from Cattle in México". *The Science of the Total Environment*, 206:177-186.
- » Sagarpa, 2012. *Atlas agropecuario y pesquero de México. Información del sector agroalimentario*. México, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, disponible en: <http://www.siap.gob.mx/atlas/Atlas.htm>
- » Sagarpa y FAO. 2012. *Diagnóstico del sector rural y pesquero. Identificación de la problemática que atiende Procampo*. México, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación / Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- » SIAP-SAGARPA, 2012. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (Siacon). Base de datos actualizada hasta 2011, disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=181&Itemid=426](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=426)

- » Secretaría de Economía. 1970. *V Censo Agrícola-Ganadero y Ejidal de 1970. Resumen general*. México, Dirección General de Estadística-Secretaría de Economía.
- » Secretaría de Economía. 1956. *Tercer Censo Agrícola-Ganadero y Ejidal de 1950. Resumen General*. México, Dirección General de Estadística-Secretaría de Economía.
- » Secretaría de Industria y Comercio. 1965. *IV Censo Agrícola-Ganadero y Ejidal, 1965. Resumen general*. México, Dirección General de Estadística- Secretaría de Industria y Comercio.
- » Steed, J. y A. G. Hashimoto. 1994. "Methane Emissions from Typical Manure Management Systems". *Bioresource Technology*, 50(2):123-130.

## USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA

- » CONABIO, 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- » CONAFOR, 2008. Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. tomo 1.
- » CONAFOR, 2012. Ficha técnica de los incendios. En línea.
- » de Jong B.; Carlos Anaya; Omar Masera; Marcela Olguín; Fernando Paz; Jorge Etchevers; René Martínez; Gabriela Guerrero; Claudio Bolbontín. (2010). Greenhouse gas emissions between 1993 and 2002 from land-use change and forestry in Mexico. *Forest Ecology and Management*, Pp. 1689-1701.
- » De Jong, B., O. Masera, J. Etchevers, y R. Martínez. 2006. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 2002, Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura. INE-ECOSUR/CIECO/COLPOS.
- » De Jong, B., M. Olguín, F. Rojas, V. Maldonado, F. Paz, J. Etchevers, C.O. Cruz, y J.A. Argumedo. 2009. Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006 en la Categoría de Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra. INE-ECOSUR/COLPOS.
- » FAO, 1999. Base referencial mundial del recurso suelo. FAO-ISRIC-SICS. Roma. 93 p.
- » FAO-UNEP, 1990. *Tropical Forest Resources Assessment Project. Vol. 1*. FAO. Roma. 343 pp.
- » INEGI. Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie I. México.
- » INEGI. Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie II. México.
- » INEGI. Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III. México.
- » INEGI. Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie IV. México
- » INEGI, 2005. Guía para la interpretación de la cartografía, información cartográfica impresa y digital, uso del suelo y vegetación. México.
- » INEGI, 2011. Producto interno bruto nominal del tercer trimestre de 2011. Boletín de prensa núm. 459/11. Aguascalientes, México, disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/cuadrosestadisticos/GeneraCuadro.aspx?s=est&nc=492&c=23920>
- » Instituto Nacional de Ecología (INE). 2006. Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006 en la Categoría de Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra. México, 2006, disponible en: <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/929-inem-1990-2006>.
- » Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. Cambio Climático, 2001; Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas. Una evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el Cambio climático. 94 p.
- » Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry.
- » Masera O., A. D. Cerón y A. Ordóñez. 2001. "Forestry mitigation options for Mexico: Finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns". *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 6: 291-312.
- » Masera, O.R., M.J. Ordóñez y R. Dirzo. 1997. "Carbon emissions from mexican forests: Current situation and long-term scenarios". *Climatic Change* 35:265-295.

- » Ordóñez, J.A.B. 2008. Emisiones y captura de carbono derivadas de la dinámica de cambio en el uso del suelo en los bosques de la Región Purépecha. Instituto de Ecología, UNAM. Doctorado del Programa de Excelencia Académica en Ciencias Biomédicas, México D.F. Tesis de Doctorado.140 p
- » Ordóñez, J.A.B., B.H.J. de Jong, F. García-Oliva, F.L. Aviña, J.V. Pérez, G. Guerrero, R. Martínez and O. Masera. 2008. Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacán, Mexico, *Forest Ecology And Management*. 255, 2074-2084
- » Rzedowski, J. 1978. *La Vegetación de México*. Limusa. México.
- » SARH, 1960. *El Inventario Nacional Forestal*. SARH, México.
- » SARH, 1991. *Inventario Nacional Forestal de Gran Visión*. Reporte Principal. México. Subsecretaría Forestal. SARH. México 53 pp
- » SARH, 1994. *Inventario forestal Periódico*. México 1994. Memoria Nacional. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. SARH. México. 81 pp.
- » 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 Agricultura, Ganadería y Recursos Hidráulicos, 2000. Centro de estadística agropecuaria, disponible en: [www.sagar.gob.mx](http://www.sagar.gob.mx)
- » SENER, 2010. Balance Nacional de Energía 2010. Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico. México.
- » SEMARNAT, 1993-2011. Anuario estadístico de la producción forestal. México, D.F.

## DESECHOS

- » CONAGUA, “Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a Diciembre de 1994”, México, 1994, 1996, 1998, 2000 Y 2002.
- » CONAGUA/SARH; “Informe 1989-1994”, México 1994.
- » CONAGUA, “Estadísticas del Agua 2004”, México.
- » CONAGUA, “Estadísticas del Agua México”, 2004 y 2005.
- » CONAGUA, Oficio recibido el 07 de febrero de 2012, información referente al tratamiento de aguas residuales industriales 2000-2010.
- » David Gidi Alfredo Fuad, SEDUE, Memoria VII Congreso Nacional SMISAAC, Sep 1990.
- » FAO 2012, Datos de consumo de proteína en México, dato consultado en Julio de 2011: <http://faostat.fao.org/>
- » INE, “Características Técnicas de los Incineradores Autorizados para Residuos Peligrosos”; Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas; Dirección de Residuos Peligrosos; México 2000.
- » INE, “Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1994-1998”; Parte 7; Emisiones de GEI de Desechos. INE/SEMARNAT; Octubre 2000, México.
- » INEGI-SEMARNAT, “Estadísticas del Medio Ambiente”; México 1997.
- » INEGI, “Censos y Conteos 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010”.
- » SEDESOL 2012, Secretaría de Desarrollo Social, Subsecretaría de Desarrollo urbano y ordenación del territorio. Oficio No. 310-1245, recibido el 30 de Noviembre de 2011.
- » SEDESOL, “Control de la Contaminación en México”, Sedue, 1990.
- » Tejeda, 1990. Tejeda Uribe Patricia; “Residuos Sólidos Municipales”. Revista Solar/Vol. XVII, Verano 1990. Asociación Nacional de Energía Solar. México.



# ANEXOS





# ANEXO A

## DATOS DE ACTIVIDAD

### A.1. ENERGÍA

#### ■ MÉTODO SECTORIAL Y DE REFERENCIA

CUADRO A.1.1  
Comparación del consumo de energía de los métodos  
de referencia y sectorial

Año	Método de referencia	Método sectorial	Diferencia	Diferencia
	(PJ)			(%)
1990	3,875.95	3,935.36	59.41	1.5
1991	4,151.23	4,091.98	- 59.25	-1.4
1992	4,119.75	4,112.25	- 7.50	-0.2
1993	4,200.28	4,167.11	- 33.17	-0.8
1994	4,539.94	4,527.03	- 12.91	-0.3
1995	4,249.50	4,338.44	88.94	2.1
1996	4,391.50	4,419.06	27.55	0.6
1997	4,700.85	4,558.36	-142.48	-3.1
1998	4,936.81	4,838.11	- 98.70	-2.0
1999	4,877.05	4,680.03	- 197.02	-4.2
2000	5,266.75	4,977.42	- 289.33	-5.8
2001	5,303.58	4,958.47	- 345.11	-7.0
2002	5,266.23	5,061.40	- 204.83	-4.0
2003	5,481.08	5,186.95	- 294.13	-5.7
2004	5,753.87	5,527.73	- 226.14	-4.1
2005	6,024.43	5,458.57	- 565.86	-10.4
2006	6,086.43	5,609.39	- 477.04	-8.5
2007	6,274.33	5,932.89	- 341.44	-5.8
2008	6,502.06	6,195.81	- 306.25	-4.9
2009	6,323.54	5,973.07	- 350.47	-5.9
2010	6,410.73	6,068.81	- 341.91	-5.6

CUADRO A.1.2  
Consumo energético sectorial (PJ)

Combustible	Total		Industrias de la energía		Manufactura e industria de la construcción		Transporte		Comercial, residencial y agropecuario	
	1990	2010	1990	2010	1990	2010	1990	2010	1990	2010
	(PJ)									
Consumo energético	4,242.90	6,415.90	1,475.77	2,505.47	860.32	941.63	1,255.30	2,195.85	651.5	772.98
Carbón	76.05	322.75	76.05	322.75						
Coque carbón	12.45	34.14	3.10	3.52	9.35*	30.62*				
Coque petróleo y petróleo	0.36	115.45	0.36**			115.45				
GLP	330.55	453.54	25.82	4.90	15.15	45.15	15.24	40.92	274.34	362.57
Gasolinas	910.41	1,497.73	70.82	5.45			839.59	1,492.28		
Querosenos	91.45	68.30	16.88	0.01	2.45		55.80	67.08	16.32	1.21
Diesel	485.83	809.84	57.35	54.38	42.05	54.49	324.99	590.45	61.44	110.52
Combustóleo	1,096.63	517.53	780.99	447.13	265.13	65.75	19.69	4.65	30.82	
Gas natural	931.65	2,249.54	444.41	1,667.33	453.32	542.36		0.48	33.92	39.37
Leña	234.67	259.31							234.67	259.31
Bagazo	72.87	87.81			72.87	87.81				

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

\* Para Manufactura e industria de la construcción se junta el consumo de carbón y coque de carbón.

\*\* Incluye consumo de petróleo crudo.

## ■ INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA (1A1)

CUADRO A.1.3  
Consumo energético propio de las industrias energéticas (PJ)

1A1a	CONSUMO PROPIO										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(PJ)										
Petróleo crudo	0.36	0.12	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Condensados	0.00	0.04	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gas seco	267.45	258.28	293.00	306.69	309.00	279.97	270.59	290.71	308.79	301.56	328.35
Coque carbón	3.10	2.79	2.70	2.57	2.63	2.85	2.90	2.84	2.92	2.95	3.56
GLP	25.82	28.96	31.11	31.88	30.47	28.14	19.21	17.97	16.33	9.17	9.65
Gasolinas	70.82	92.83	66.51	49.77	24.80	24.41	17.33	7.51	47.43	48.07	37.77
Querosenos	16.88	17.43	27.56	37.93	34.97	17.25	15.65	10.02	11.20	0.05	0.04
Diesel	41.74	63.27	57.25	12.62	41.02	36.76	37.69	40.35	49.09	23.22	22.56
Combustóleo	121.62	90.97	90.72	85.27	102.29	95.35	92.86	83.69	85.73	99.62	92.00
Gas natural	33.26	34.13	30.13	42.21	64.41	73.28	82.83	69.73	79.40	84.03	85.46
<b>Total</b>	<b>581.04</b>	<b>588.83</b>	<b>600.18</b>	<b>568.97</b>	<b>609.60</b>	<b>557.99</b>	<b>539.05</b>	<b>522.81</b>	<b>600.88</b>	<b>568.67</b>	<b>579.38</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.3 (CONTINUA)  
Consumo energético propio de las industrias energéticas (PJ)

1A1a	CONSUMO PROPIO									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	(PJ)									
Gas seco	358.73	356.08	377.01	389.39	376.79	382.40	392.50	423.32	426.30	451.96
Coque carbón	3.29	3.18	3.18	3.14	3.19	3.26	3.28	3.30	2.81	3.52
GLP	8.26	5.56	6.98	8.49	6.04	7.08	8.55	7.65	7.53	4.90
Gasolinas	24.00	22.91	12.19	13.64	12.11	12.70	17.55	34.78	4.21	5.45
Querosenos	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Diesel	24.68	23.21	24.83	33.03	32.17	29.69	35.38	38.27	41.42	39.65
Combustóleo	83.84	89.90	95.71	98.52	83.05	80.95	93.25	88.72	83.19	69.99
Gas natural	90.45	105.55	105.71	178.70	202.25	202.07	198.20	208.35	218.76	230.31
<b>Total</b>	<b>593.25</b>	<b>606.44</b>	<b>625.60</b>	<b>724.90</b>	<b>715.61</b>	<b>718.15</b>	<b>748.71</b>	<b>804.40</b>	<b>784.22</b>	<b>805.79</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.4  
Consumo energético para la generación de energía (PJ)

1A1b	CONSUMO PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(PJ)										
Carbón	76.05	78.47	81.39	103.30	128.26	140.12	170.54	171.55	176.11	178.69	183.06
Diesel	15.61	17.20	12.31	11.73	13.30	10.45	9.53	13.27	19.36	17.54	25.15
Combustóleo	659.38	665.75	656.44	665.61	794.10	696.54	718.91	823.13	903.74	887.53	954.59
Gas natural	143.70	168.89	156.62	153.37	180.06	185.38	191.37	207.93	246.21	272.97	315.23
<b>Total</b>	<b>894.73</b>	<b>930.30</b>	<b>906.75</b>	<b>934.01</b>	<b>1,115.72</b>	<b>1,032.49</b>	<b>1,090.36</b>	<b>1,215.88</b>	<b>1,345.42</b>	<b>1,356.73</b>	<b>1,478.03</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.4 (CONTINÚA)  
Consumo energético para la generación de energía (PJ)

1A1b	CONSUMO PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	(PJ)									
Carbón	226.99	264.10	307.98	236.12	327.45	317.10	314.26	216.60	294.83	322.75
Diesel	18.57	15.18	28.91	14.66	13.74	14.44	8.35	10.44	15.32	14.73
Combustóleo	915.19	787.56	677.95	634.51	624.55	501.37	439.44	440.44	401.69	377.14
Gas natural	400.38	529.03	611.66	656.75	632.00	775.75	860.93	917.04	971.86	985.06
<b>Total</b>	<b>1,561.13</b>	<b>1,595.87</b>	<b>1,626.50</b>	<b>1,542.04</b>	<b>1,597.74</b>	<b>1,608.66</b>	<b>1,622.98</b>	<b>1,584.52</b>	<b>1,683.70</b>	<b>1,699.68</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

## ■ MANUFACTURA E INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2)

CUADRO A.1.5  
Consumo energético de la manufactura e industria de la construcción (PJ)

1A2	MANUFACTURA E INDUSTRIA CONSTRUCCIÓN										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(PJ)										
Coque carbón y carbón	9.35	6.13	15.45	18.21	24.16	30.04	34.49	41.62	40.66	40.95	12.56
Coque petróleo											34.88
GLP	15.15	16.03	17.53	17.92	18.60	17.09	17.66	17.55	18.45	38.25	41.73
Gasolinas											
Querosenos	2.45	1.94	2.07	1.04	1.07	1.03	1.22	1.21	0.12	0.52	1.54
Diesel	42.05	47.83	69.68	67.75	63.09	64.56	69.29	75.58	81.94	54.39	49.95
Combustóleo	265.13	238.31	223.68	220.41	229.85	191.29	227.03	228.07	230.19	202.50	239.29
Gas natural	453.32	488.88	473.24	487.13	535.60	592.70	545.89	505.69	511.53	456.08	498.12
Leña											
Bagazo	72.87	84.19	77.48	86.01	72.15	84.03	83.25	91.37	94.12	86.58	83.50
<b>Total</b>	<b>860.32</b>	<b>883.32</b>	<b>879.13</b>	<b>898.46</b>	<b>944.52</b>	<b>980.74</b>	<b>978.82</b>	<b>961.09</b>	<b>977.01</b>	<b>879.27</b>	<b>961.57</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.5 (CONTINUA)  
Consumo energético de la manufactura e industria de la construcción (PJ)

1A2	MANUFACTURA E INDUSTRIA CONSTRUCCIÓN										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
	(PJ)										
Coque carbón y carbón	15.23	25.76	33.77	34.19	33.39	31.55	32.70	32.09	37.21	30.62	
Coque petróleo	39.33	58.41	67.53	108.93	111.14	141.80	162.89	144.67	129.45	115.45	
GLP	38.47	39.40	37.42	38.51	37.99	40.07	43.12	42.10	41.25	45.15	
Gasolinas											
Querosenos	2.16	1.70	0.06	0.11	0.03	0.04	0.02				
Diesel	49.50	45.23	47.96	56.97	51.42	50.05	53.78	59.24	51.76	54.49	
Combustóleo	222.32	170.56	163.73	178.24	162.38	126.81	123.60	95.87	84.29	65.75	
Gas natural	406.20	459.69	467.19	493.33	473.93	501.73	523.95	525.73	478.69	542.36	
Leña											
Bagazo	88.22	85.22	87.84	89.99	101.46	95.28	97.66	97.50	87.32	87.81	
<b>Total</b>	<b>861.43</b>	<b>885.98</b>	<b>905.50</b>	<b>1,000.27</b>	<b>971.74</b>	<b>987.33</b>	<b>1,037.72</b>	<b>997.20</b>	<b>909.97</b>	<b>941.63</b>	

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.6  
Consumo energético de la manufactura e industria de la construcción (PJ)

CONSUMO DE ENERGÍA DESAGREGADO											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(PJ)										
Siderurgia											
Coque carbón <sup>1</sup>	1.58	1.38	10.72	13.27	19.06	24.63	28.54	35.60	34.09	34.58	11.08
Coque petróleo											7.07
GLP	1.26	0.93	0.34	0.30	0.33	0.40	0.43	0.44	0.44	0.91	0.01
Diesel	0.78	0.68	0.88	0.87	0.97	1.18	1.25	1.28	1.28	1.28	1.22
Combustóleo	26.41	24.67	13.97	17.25	19.24	19.97	23.25	23.94	23.93	20.83	16.54
Gas natural	80.28	77.96	76.60	79.99	89.21	100.21	106.16	109.31	109.27	103.11	93.77
<b>Subtotal</b>	<b>110.32</b>	<b>105.62</b>	<b>102.51</b>	<b>111.67</b>	<b>128.81</b>	<b>146.39</b>	<b>159.62</b>	<b>170.58</b>	<b>169.02</b>	<b>160.71</b>	<b>129.69</b>
Coque de carbón consumido	56.47	50.88	58.46	58.87	65.66	75.06	79.84	85.84	85.81	86.89	63.57
Consumo no energético	54.88	49.50	47.74	45.60	46.61	50.43	51.30	50.24	51.72	52.31	52.49
Metales no ferrosos (aluminio)											
GLP	0.03	0.09	0.13	0.11	0.14	0.10	0.14	0.17	0.16	0.31	0.03
Diesel	0.49	0.01	0.00								0.01
Gas natural	1.61	1.85	2.62	2.76	3.46	3.28	3.52	4.48	4.09	3.68	1.74
<b>Subtotal</b>	<b>2.13</b>	<b>1.95</b>	<b>2.75</b>	<b>2.87</b>	<b>3.59</b>	<b>3.37</b>	<b>3.65</b>	<b>4.65</b>	<b>4.25</b>	<b>3.99</b>	<b>1.78</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

## Consumo energético de la manufactura e industria de la construcción (PJ)

CONSUMO DE ENERGÍA DESAGREGADO										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
(PJ)										
<b>Siderurgia</b>										
<b>Coque carbón</b>	11.49	19.90	24.91	28.52	27.15	23.60	23.72	23.32	30.10	23.31
<b>Coque petróleo</b>	2.53	3.90	5.61	5.16	3.57	5.81	6.01	5.94	3.58	1.76
<b>GLP</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>Diesel</b>	1.07	0.96	0.96	1.07	0.93	0.80	1.06	1.01	0.74	0.90
<b>Combustóleo</b>	13.14	10.52	10.71	12.21	9.58	8.30	8.53	7.98	7.53	5.62
<b>Gas natural</b>	82.43	72.84	63.71	79.02	72.59	76.31	83.60	94.91	73.71	88.59
<b>Subtotal</b>	<b>110.67</b>	<b>108.13</b>	<b>105.91</b>	<b>125.99</b>	<b>113.83</b>	<b>114.83</b>	<b>122.93</b>	<b>133.17</b>	<b>115.67</b>	<b>120.19</b>
<b>Coque de carbón</b>	59.99	53.98	59.24	62.45	62.18	60.46	59.80	59.66	60.99	62.03
<b>Consumo no energético</b>	48.50	34.08	34.33	33.93	35.03	36.86	36.08	36.34	30.89	38.72
<b>Metales no ferrosos (aluminio)</b>										
<b>GLP</b>	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
<b>Diesel</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>Gas natural</b>	1.55	1.46	1.44	1.35	1.23	1.16	1.19	1.17	1.06	1.21
<b>Subtotal</b>	<b>1.60</b>	<b>1.51</b>	<b>1.49</b>	<b>1.39</b>	<b>1.27</b>	<b>1.21</b>	<b>1.24</b>	<b>1.22</b>	<b>1.11</b>	<b>1.25</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).



## Consumo energético de la manufactura e industria de la construcción (PJ)

CONSUMO DE ENERGÍA DESAGREGADO											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>(PJ)</b>											
<b>Industria química (química, petroquímica PEMEX, fertilizantes)</b>											
<b>Coque carbón</b>											
<b>Coque petróleo</b>											2.57
<b>GLP</b>	0.18	0.49	0.50	0.51	0.57	0.56	0.58	0.61	0.64	1.36	0.77
<b>Diesel</b>	1.62	4.13	4.27	4.40	4.88	4.81	5.08	5.32	5.50	6.26	5.61
<b>Combustóleo</b>	48.80	51.44	50.44	51.39	50.62	44.15	48.96	50.68	49.80	44.94	38.11
<b>Gas natural</b>	220.04	235.85	220.07	206.40	245.03	249.55	247.56	230.32	218.57	183.65	200.59
<b>Subtotal</b>	<b>270.64</b>	<b>291.92</b>	<b>275.28</b>	<b>262.70</b>	<b>301.10</b>	<b>299.07</b>	<b>302.18</b>	<b>286.93</b>	<b>274.51</b>	<b>236.21</b>	<b>247.65</b>
<b>Celulosa y papel</b>											
<b>GLP</b>	0.25	0.17	0.23	0.23	0.24	0.22	0.23	0.20	0.23	0.50	1.13
<b>Diesel</b>	0.52	0.99	4.16	4.07	4.21	3.90	4.12	3.71	4.17	4.38	1.09
<b>Combustóleo</b>	31.08	18.63	14.92	14.59	15.10	9.40	13.95	12.54	14.10	12.89	14.97
<b>Gas natural</b>	14.27	24.25	19.43	19.01	19.67	18.23	19.26	17.32	18.60	18.43	24.26
<b>Bagazo</b>											0.21
<b>Subtotal</b>	<b>46.11</b>	<b>44.04</b>	<b>38.74</b>	<b>37.89</b>	<b>39.22</b>	<b>31.74</b>	<b>37.55</b>	<b>33.76</b>	<b>37.09</b>	<b>36.21</b>	<b>41.66</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

## Consumo energético de la manufactura e industria de la construcción (PJ)

CONSUMO DE ENERGÍA DESAGREGADO										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
(PJ)										
<b>Industria química (química, petroquímica PEMEX, fertilizantes)</b>										
<b>Coque carbón</b>										
<b>Coque petróleo</b>	2.11	2.93	3.23	1.44	5.99	9.53	12.63	11.69	1.07	1.52
<b>GLP</b>	0.65	0.62	0.64	0.64	0.62	0.72	0.81	0.82	0.81	0.71
<b>Diesel</b>	4.71	4.39	4.46	4.50	4.31	5.38	5.72	5.99	5.56	4.49
<b>Combustóleo</b>	32.05	27.28	15.09	18.44	19.78	12.12	12.11	9.61	8.41	5.81
<b>Gas natural</b>	164.92	156.69	159.66	163.20	151.79	134.41	147.32	151.18	136.88	153.67
<b>Subtotal</b>	<b>204.44</b>	<b>191.91</b>	<b>183.08</b>	<b>188.22</b>	<b>182.49</b>	<b>162.16</b>	<b>178.59</b>	<b>179.29</b>	<b>152.73</b>	<b>166.20</b>
<b>Celulosa y papel</b>										
<b>GLP</b>	0.29	0.28	0.28	0.30	0.31	0.38	0.45	0.48	0.47	0.45
<b>Diesel</b>	0.88	0.84	0.83	0.88	0.91	1.22	1.34	1.48	1.31	1.34
<b>Combustóleo</b>	14.77	12.94	12.83	13.57	14.01	10.84	11.95	10.90	10.88	7.94
<b>Gas natural</b>	23.03	23.66	24.46	25.71	26.51	26.90	28.47	27.74	28.99	31.49
<b>Bagazo</b>	0.22	0.21	0.21	0.22	0.24	0.23	0.24	0.24		
<b>Subtotal</b>	<b>39.19</b>	<b>37.93</b>	<b>38.61</b>	<b>40.68</b>	<b>41.98</b>	<b>39.57</b>	<b>42.45</b>	<b>40.84</b>	<b>41.65</b>	<b>41.22</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

## Consumo energético de la manufactura e industria de la construcción (PJ)

CONSUMO DE ENERGÍA DESAGREGADO											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
(PJ)											
<b>Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco (azúcar, aguas envasadas, cerveza y malta, tabaco)</b>											
GLP	0.73	0.88	1.49	0.66	0.70	0.66	0.61	0.65	0.69	1.49	1.19
Diesel	10.22	1.99	4.79	3.11	3.22	2.51	2.87	3.02	3.22	3.41	2.74
Combustóleo	44.70	46.82	45.91	41.00	35.82	39.55	43.15	42.97	48.69	41.30	38.01
Gas natural	5.20	6.58	6.22	7.66	8.46	7.61	8.78	9.23	10.14	10.12	8.90
Bagazo	72.87	84.19	77.48	86.01	72.15	84.03	83.25	91.37	94.12	86.58	80.38
Subtotal	133.72	140.45	135.89	138.44	120.35	134.37	138.66	147.24	156.86	142.90	131.22
<b>Cemento</b>											
Carbón y coque de carbón											
Coque petróleo											21.20
Diesel	0.95										0.15
Combustóleo	74.70	79.13	81.61	81.23	82.03	69.75	73.91	73.21	78.42	69.80	56.25
Gas natural	10.42	8.94	13.34	11.77	10.52	9.98	10.27	10.17	11.37	10.97	6.33
Subtotal	86.07	88.07	94.96	93.00	92.55	79.73	84.18	83.39	89.79	80.77	83.93

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

## Consumo energético de la manufactura e industria de la construcción (PJ)

CONSUMO DE ENERGÍA DESAGREGADO										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
(PJ)										
<b>Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco (azúcar, aguas envasadas, cerveza y malta, tabaco)</b>										
<b>GLP</b>	1.29	1.14	1.20	1.22	1.29	1.61	1.82	1.88	1.90	2.38
<b>Diesel</b>	5.65	2.60	2.72	2.75	2.83	3.73	3.94	4.16	3.74	4.29
<b>Combustóleo</b>	37.97	33.73	31.66	28.77	26.16	21.28	22.02	18.17	14.52	14.18
<b>Gas natural</b>	9.19	9.43	9.68	9.94	10.61	11.35	11.68	11.84	10.84	12.92
<b>Bagazo</b>	84.24	83.39	84.36	86.01	99.23	90.41	89.98	93.47	83.99	81.71
<b>Subtotal</b>	<b>138.34</b>	<b>130.29</b>	<b>129.62</b>	<b>128.69</b>	<b>140.12</b>	<b>128.38</b>	<b>129.44</b>	<b>129.52</b>	<b>114.99</b>	<b>115.48</b>
<b>Cemento</b>										
<b>Carbón y coque de carbón</b>	2.37	4.54	7.54	4.36	4.91	6.59	6.72	6.26	5.42	5.52
<b>Coque petróleo</b>	32.33	48.77	48.09	73.80	70.09	91.98	109.11	93.12	91.56	75.94
<b>Diesel</b>	0.11	0.09	0.08	0.13	0.13	0.11	0.10	0.12	0.15	0.16
<b>Combustóleo</b>	39.21	24.10	18.41	24.48	17.88	16.83	14.50	6.85	6.52	11.17
<b>Gas natural</b>	6.08	6.32	6.36	6.63	7.09	7.64	7.83	7.66	8.65	8.65
<b>Subtotal</b>	<b>80.10</b>	<b>83.82</b>	<b>80.48</b>	<b>109.40</b>	<b>100.10</b>	<b>123.15</b>	<b>138.26</b>	<b>114.01</b>	<b>112.30</b>	<b>101.44</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.6 (CONTINUA)  
Consumo energético de la manufactura e industria de la construcción (PJ)

CONSUMO DE ENERGÍA DESAGREGADO											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
(PJ)											
Construcción y minería											
Coque carbón	7.77	4.75	4.73	4.94	5.10	5.41	5.95	6.02	6.57	6.38	1.48
Coque petróleo											4.04
GLP	12.70	13.47	14.84	16.12	16.63	15.16	15.68	15.48	16.30	33.68	38.60
Querosenos	2.45	1.94	2.07	1.04	1.07	1.03	1.22	1.21	0.12	0.52	1.54
Diesel	27.47	40.03	55.58	55.30	49.80	52.16	55.98	62.25	67.77	39.05	39.13
Combustóleo	39.44	17.62	16.84	14.96	27.05	8.47	23.80	24.73	15.25	12.74	75.41
Gas natural	121.52	133.46	134.95	159.55	159.25	203.84	150.36	124.87	139.49	126.11	162.53
Subtotal	211.34	211.27	229.01	251.91	258.90	286.06	252.98	234.55	245.50	218.49	322.73
Total	860.32	883.32	879.13	898.46	944.52	980.74	978.82	961.09	977.01	879.27	958.66

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.6 (CONTINUA)  
Consumo energético de la manufactura e industria de la construcción (PJ)

CONSUMO DE ENERGÍA DESAGREGADO											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
(PJ)											
Construcción y minería											
Coque carbón	1.37	1.32	1.32	1.31	1.33	1.36	2.26	2.51	1.69	1.79	
Coque petróleo	2.36	2.81	10.60	28.53	31.49	34.48	35.14	33.92	33.24	36.23	
GLP	36.19	37.31	35.25	36.31	35.73	37.31	39.99	38.87	38.02	41.57	
Querosenos	2.16	1.70	0.06	0.11	0.03	0.04	0.02				
Diesel	37.07	36.34	38.90	47.63	42.30	38.80	41.61	46.47	40.25	43.30	
Combustóleo	85.18	61.99	75.03	80.77	74.97	57.44	54.49	42.36	36.43	21.03	
Gas natural	119.00	189.29	201.88	207.48	204.11	243.96	243.86	231.23	218.56	245.83	
Subtotal	283.33	330.76	363.04	402.14	389.96	413.39	417.37	395.36	368.19	389.75	
Total	857.67	884.36	902.23	996.51	969.75	982.69	1,030.28	993.41	906.64	935.53	

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

## ■ TRANSPORTE (1A3)

CUADRO A.1.7  
Consumo energético por transporte (PJ)

1A3	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(PJ)										
GLP	15.24	16.07	17.52	17.68	17.87	18.56	19.18	19.07	19.71	35.34	45.24
Gasolinas	839.59	904.61	914.21	931.45	956.66	932.77	930.23	959.14	984.23	957.10	998.06
Querosenos	55.80	59.03	53.89	58.44	67.99	62.67	58.59	61.24	66.02	72.33	73.30
Diesel	324.99	344.21	351.30	360.36	391.34	350.19	372.13	395.93	407.47	426.77	437.04
Combustóleo	19.69	16.70	2.30	1.68	1.55	1.33	1.61	1.64	2.51	8.01	12.17
Gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.22
<b>Total</b>	<b>1,255.30</b>	<b>1,340.64</b>	<b>1,339.23</b>	<b>1,369.61</b>	<b>1,435.40</b>	<b>1,365.52</b>	<b>1,381.73</b>	<b>1,437.01</b>	<b>1,479.94</b>	<b>1,499.90</b>	<b>1,566.03</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.7 (CONTINUA)  
Consumo energético por transporte (PJ)

1A3	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	(PJ)									
GLP	48.31	53.76	57.19	57.31	48.69	38.58	46.45	43.96	40.67	40.92
Gasolinas	1,015.98	1,042.99	1,065.53	1,241.83	1,195.01	1,278.20	1,395.40	1,607.51	1,498.76	1,492.28
Querosenos	73.45	70.11	65.94	71.03	65.29	70.22	84.65	79.11	66.21	67.08
Diesel	419.67	416.73	445.85	485.84	489.20	522.21	573.20	644.57	568.13	590.45
Combustóleo	7.74	4.56	3.42	3.96	4.20	4.87	6.37	5.54	4.58	4.65
Gas natural	0.47	0.61	0.70	0.72	0.67	0.71	0.65	0.58	0.54	0.48
<b>Total</b>	<b>1,565.62</b>	<b>1,588.77</b>	<b>1,638.63</b>	<b>1,860.69</b>	<b>1,803.06</b>	<b>1,914.78</b>	<b>2,106.72</b>	<b>2,381.28</b>	<b>2,178.89</b>	<b>2,195.85</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.8  
Consumo energético del autotransporte (PJ)

1A3a	TRANSPORTE AUTOMOTOR										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(PJ)										
GLP	15.24	16.07	17.52	17.68	17.87	18.56	19.18	19.07	19.71	35.34	45.24
Gasolinas	837.93	902.91	912.76	930.29	955.25	928.90	929.09	958.06	983.19	956.15	997.23
Querosenos	293.85	310.63	315.05	326.19	342.24	306.00	325.92	344.12	354.98	365.36	373.24
Diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.22
<b>Total</b>	<b>1,147.02</b>	<b>1,229.61</b>	<b>1,245.33</b>	<b>1,274.16</b>	<b>1,315.36</b>	<b>1,253.45</b>	<b>1,274.19</b>	<b>1,321.24</b>	<b>1,357.88</b>	<b>1,357.20</b>	<b>1,415.93</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.8 (CONTINÚA)  
Consumo energético del autotransporte (PJ)

1A3a	TRANSPORTE AUTOMOTOR									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	(PJ)									
GLP	48.31	53.76	57.19	57.31	48.69	38.58	46.45	43.96	40.67	40.92
Gasolinas	1,015.08	1,042.05	1,064.59	1,240.87	1,194.05	1,277.28	1,394.47	1,606.47	1,497.82	1,491.35
Querosenos	363.61	368.98	395.62	434.17	437.78	469.15	518.00	581.27	518.87	537.12
Diesel	0.47	0.61	0.70	0.72	0.67	0.71	0.65	0.58	0.54	0.48
<b>Total</b>	<b>1,427.47</b>	<b>1,465.40</b>	<b>1,518.10</b>	<b>1,733.07</b>	<b>1,681.19</b>	<b>1,785.72</b>	<b>1,959.57</b>	<b>2,232.28</b>	<b>2,057.90</b>	<b>2,069.87</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.9  
Consumo energético de la aviación (PJ)

1A3b	AVIACIÓN										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(PJ)										
Gasolinas	1.66	1.71	1.45	1.16	1.40	3.88	1.14	1.08	1.04	0.94	0.83
Querosinas	55.80	59.03	53.89	58.44	67.99	62.67	58.59	61.24	66.02	72.33	73.30
Total	57.47	60.74	55.34	59.60	69.39	66.55	59.72	62.32	67.06	73.27	74.13

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.9 (CONTINUA)  
Consumo energético de la aviación (PJ)

1A3b	AVIACIÓN									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	(PJ)									
Gasolinas	0.90	0.94	0.94	0.96	0.96	0.92	0.93	1.04	0.94	0.93
Querosinas	73.45	70.11	65.94	71.03	65.29	70.22	84.65	79.11	66.21	67.08
Total	74.35	71.05	66.88	71.99	66.25	71.14	85.58	80.15	67.15	68.01

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).



CUADRO A.1.10  
Consumo energético del transporte ferroviario (PJ)

1A3c	FERROVIARIO										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(PJ)										
Diesel	26.65	22.31	22.49	22.74	25.60	22.59	24.19	27.83	23.24	21.87	22.55
Total	26.65	22.31	22.49	22.74	25.60	22.59	24.19	27.83	23.24	21.87	22.55

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.10 (CONTINÚA)  
Consumo energético del transporte ferroviario (PJ)

1A3c	FERROVIARIO									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	(PJ)									
Diesel	20.67	21.23	21.86	24.31	23.40	24.92	26.33	26.18	23.76	26.38
Total	20.67	21.23	21.86	24.31	23.40	24.92	26.33	26.18	23.76	26.38

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.11  
Consumo energético de transporte marítimo (PJ)

1A3d	MARÍTIMO										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(PJ)										
<b>Diesel</b>	4.49	11.28	13.76	11.43	23.50	21.60	22.02	23.98	29.25	39.55	41.25
<b>Combustóleo</b>	19.69	16.70	2.30	1.68	1.55	1.33	1.61	1.64	2.51	8.01	12.17
<b>Total</b>	<b>24.17</b>	<b>27.98</b>	<b>16.07</b>	<b>13.11</b>	<b>25.05</b>	<b>22.93</b>	<b>23.63</b>	<b>25.61</b>	<b>31.76</b>	<b>47.56</b>	<b>53.42</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

CUADRO A.1.11 (CONTINÚA)  
Consumo energético de transporte marítimo (PJ)

1A3d	MARÍTIMO									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	(PJ)									
<b>Gasolinas</b>	35.39	26.48	28.37	27.36	28.02	28.14	28.87	37.12	25.50	26.95
<b>Querosinas</b>	7.74	4.56	3.42	3.96	4.20	4.87	6.37	5.54	4.58	4.65
<b>Total</b>	<b>43.13</b>	<b>31.05</b>	<b>31.79</b>	<b>31.32</b>	<b>32.22</b>	<b>33.00</b>	<b>35.24</b>	<b>42.66</b>	<b>30.08</b>	<b>31.59</b>

Fuente: Elaboración a partir de información del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).

Los indicadores más adecuados para analizar las tendencias de la actividad del sector transporte son para carga (tonelada-km) y para pasajeros (pasajero-km), ya que incorporan el parque vehicular, los pasajeros o toneladas transportadas por cada vehículo y los kilómetros recorridos. Desafortunadamente, la información no existe en forma completa para todos los modos de transporte, particularmente el que se refiere al transporte dentro de las ciudades, que resulta de enorme importancia. Sin embargo, pueden presentarse algunos datos. De acuerdo con un informe del INEGI sobre Estadísticas de Transporte de América del Norte (INEGI-SCT, 2010), puede conocerse una esti-

mación del parque vehicular para todos los modos, incluido el urbano, y las toneladas-km y pasajeros-km transportados para el transporte fuera de las ciudades (autotransporte público federal).

Por su parte, el Cuadro A.1.12. muestra la estimación del parque vehicular reportado tanto para aeronaves como para los diferentes modos del autotransporte urbano e interurbano (INEGI y SCT 2011). La estimación presenta tasas considerables de crecimiento anual: 6.2% para automóviles personales, 6.15% para vehículos de pasajeros, 5.82% para vehículos de carga y 7.99% para motocicletas, el rubro con mayor crecimiento.

CUADRO A.1.12  
Estimación del número de aeronaves y vehículos de autotransporte (miles)

Año	Aéreo (miles)	Autotransporte (miles)				
	Transporte aéreo	Vehículos personales	Automóviles de pasajeros	Motocicletas	Autobuses	Vehículos comerciales de carga
1990	5.874	6,804.097	6,555.550	248.547	93.275	2,964.736
1995	6.426	7,598.464	7,469.504	128.960	120.497	3,598.685
1996	6.255	8,007.423	7,830.864	176.559	96.933	3,645.672
1997	6.429	8,581.161	8,402.995	178.166	125.445	3,878.581
1998	6.014	9,308.309	9,086.209	222.100	176.443	4,078.068
1999	6.224	9,845.395	9,582.796	262.599	200.357	4,340.112
2000	6.476	10,470.103	10,176.179	293.924	202.396	4,939.417
2001	6.533	11,632.788	11,351.982	280.806	273.536	5,394.206
2002	6.352	12,624.432	12,254.910	369.522	299.365	5,860.797
2003	6.538	13,181.566	12,742.049	439.516	308.101	6,317.293
2004	7.072	13,906.318	13,388.011	518.307	264.585	6,707.535
2005	7.172	14,888.923	14,300.380	588.307	268.817	6,980.738
2006	7.216	17,134.122	16,411.813	722.309	310.189	7,462.918
2007	7.572	18,575.628	17,696.623	879.005	322.078	7,849.491
2008	7.810	20,501.015	19,420.942	1,080.073	333.287	8,453.601
2009	7.952	21,717.477	20,519.224	1,198.253	337.465	8,835.194
2010	8.155	22,796.506	21,639.633	1,156.873	359.323	9,182.991

Fuente: Estadísticas de Transporte de América del Norte, INEGI y SCT 2011.

Esto contrasta con la caída del parque del sistema ferroviario (Cuadro A.1.13) y del parque marítimo (Cuadro A1.14).

CUADRO A.1.13  
Estimación del parque ferroviario

Año	Vagones de carga	Coches de pasajeros	Locomotoras	Coches de sistema ferroviario urbano
1990	46,602	1,427	1,677	591
1995	35,042	767	1,400	657
1996	29,438	513	1,318	681
1997	28,314	509	1,279	676
1998	29,363	483	1,453	662
1999	35,500	295	1,600	661
2000	34,764	220	1,446	682
2001	33,816	48	1,365	654
2002	33,694	56	1,302	682
2003	33,635	56	1,269	695
2004	34,538	57	1,203	728
2005	36,452	55	1,199	752
2006	33,383	60	1,245	747
2007	32,762	71	1,178	727
2008	31,845	144	1,177	694
2009	27,873	144	1,160	617
2010	28,565	134	1,212	609

Fuente: Estadísticas de Transporte de América del Norte, INEGI y SCT 2011.

CUADRO A.1.14  
Estimación del parque marítimo

Año	Barcos de pasajeros	Buques de carga										Total
		Carga líquida	Graneleros de carga seca	Otros buques de carga seca				Diversos tipos de buques				
				Porta-contenedores	Buques especializados	Carga general	Barcazas de carga seca	De pesca	De alta mar	Remolcadores	Otros	
1990	62	34	3	1	13	22	207	1,437	25	80	117	2,001
1995	58	33	1	n.a.	13	16	200	1,392	56	97	108	1,974
1996	57	32	1	n.a.	13	15	194	1,392	56	91	109	1,960
1997	60	33	1	n.a.	13	16	193	1,421	58	95	114	2,004
1998	75	32	1	n.a.	13	15	191	1,455	64	99	120	2,065
1999	102	32	n.a.	n.a.	12	7	194	1,490	69	111	118	2,135
2000	106	29	0	n.a.	10	17	204	1,551	49	113	121	2,200
2001	112	30	0	n.a.	10	19	204	1,554	55	125	124	2,233
2002	123	32	0	n.a.	11	20	205	1,559	68	130	126	2,274
2003	129	31	1	n.a.	11	19	204	1,558	70	135	152	2,310
2004	128	31	1	n.a.	11	16	205	1,558	77	140	162	2,329
2005	130	33	1	n.a.	10	16	206	1,558	80	150	164	2,348
2006	138	31	1	n.a.	9	16	206	1,560	90	151	165	2,367
2007	141	31	1	n.a.	9	18	206	1,561	97	156	167	2,387
2008	138	34	2	n.a.	8	18	207	1,561	114	162	171	2,415
2009	145	40	2	n.a.	8	20	207	1,564	129	171	178	2,464
2010	149	41	3	n.a.	8	22	207	1,566	139	172	179	2,486

Fuente: Estadísticas de Transporte de América del Norte, INEGI y SCT 2011.  
n.a.: no aplica

Esta tendencia se confirma en el total de toneladas-km (Cuadro A.1.15) y pasajeros-km (Cuadro A.1.16) por modos de transporte interurbano. En el primer caso, el transporte de carga carretero creció a una tasa media anual de 4.8%, mientras el ferroviario tan sólo en 1.4%. Asimismo, los pasajeros-km del autotransporte (no incluye transporte urbano) tuvieron un crecimiento anual de

3.32%, mientras el ferroviario cayó anualmente en 4.24%. Esto muestra que se promovió el uso del transporte carretero por sobre el ferroviario. Esta decisión tiene implicaciones tanto en el incremento del consumo de combustibles como de las emisiones de GEI, puesto que el transporte ferroviario es más eficiente que el carretero.

CUADRO A.1.15  
Toneladas-km de transporte interurbano  
(miles de millones)

Año	Total	Transporte aéreo	Transporte por agua	Transporte ferroviario	Transporte carretero
1990	153.3	0.1	19.3	25.0	108.9
1995	204.8	0.1	19.9	22.0	162.8
1996	212.3	0.1	20.0	21.4	170.8
1997	198.4	0.1	19.2	25.0	154.1
1998	230.4	0.1	21.6	29.6	179.1
1999	233.9	0.1	21.2	28.0	184.6
2000	241.2	0.1	21.3	25.6	194.1
2001	242.0	0.1	20.5	29.5	191.9
2002	242.9	0.1	21.0	28.9	192.9
2003	245.8	0.1	22.4	28.1	195.2
2004	250.1	0.1	22.5	27.7	199.8
2005	258.7	0.1	24.7	29.7	204.2
2006	264.2	0.1	23.9	30.8	209.4
2007	274.7	0.1	22.2	30.0	222.4
2008	282.7	0.1	22.2	33.1	227.3
2009	267.3	0.1	21.5	34.1	211.6
2010	270.3	0.1	23.2	33.5	213.5
TCMA	3.8%	0.0%	1.0%	1.7%	4.8%

Fuente: Estadísticas de Transporte de América del Norte, INEGI y SCT 2011.

TCA: Tasa de crecimiento anual

CUADRO A.1.16  
Pasajeros-km de transporte interurbano  
(miles de millones)

Año	Aéreo	Autotransporte		Ferroviario		Transporte por agua
		Interurbano	Urbano	Interurbano	Urbano	
1990	9.9	271.5	n.a.	5.3	n.a.	0.2
1995	12.8	383.1	n.a.	1.9	n.a.	0.2
1996	12.2	390.5	n.a.	1.8	n.a.	0.2
1997	13.3	321.6	n.a.	1.5	n.a.	0.2
1998	14.7	365.2	n.a.	0.5	n.a.	0.2
1999	15.7	370.5	n.a.	0.3	n.a.	0.2
2000	15.3	381.7	n.a.	0.1	n.a.	0.2
2001	15.4	389.3	n.a.	0.1	n.a.	0.2
2002	15.2	393.2	n.a.	0.1	n.a.	0.2
2003	15.9	399	n.a.	0.1	n.a.	0.2
2004	16.8	410	n.a.	0.1	n.a.	0.3
2005	17.1	422.9	n.a.	0.1	n.a.	0.3
2006	19.1	437	n.a.	0.1	n.a.	0.3
2007	23.6	449.9	n.a.	0.1	n.a.	0.3
2008	23.8	463.9	n.a.	0.2	n.a.	0.3
2009	24	436.9	n.a.	0.4	n.a.	0.3
2010	24.6	452	n.a.	0.8	n.a.	0.3

Fuente: Estadísticas de Transporte de América del Norte, INEGI y SCT 2011.  
n.a.: no aplica

El Cuadro A.1.17 presenta los vuelos nacionales e internacionales. Esta información es de suma importancia pues es la base para la estimación del

consumo de combustibles y emisiones del transporte aéreo. El detalle de esta metodología se presenta en el Anexo B.

CUADRO A.1.17  
**Vuelos nacionales e internacionales**  
**(Equivalentes a número de operaciones de despegue/aterrizaje)**

<b>Año</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Internacional</b>	<b>Total</b>
1990	422,000	121,500	543,500
1991	490,500	129,000	619,500
1992	358,820	195,802	554,622
1993	402,235	205,361	607,596
1994	485,625	220,317	705,942
1995	489,204	225,257	714,461
1996	433,632	240,478	674,110
1997	442,763	265,641	708,404
1998	470,296	299,849	770,145
1999	495,107	287,964	783,071
2000	473,487	270,068	743,555
2001	474,683	255,740	730,423
2002	430,702	238,220	668,922
2003	427,886	258,842	686,728
2004	445,260	288,250	733,510
2005	434,523	309,742	744,265
2006	457,836	302,561	760,397
2007	541,185	310,551	851,736
2008	471,846	300,924	772,770
2009	400,687	264,189	664,876
2010	383,736	264,777	648,513

**Fuente:** Elaboración con información de la SCT, además del *Anuario estadístico 2002* (SCT, 2002, p. 92) y *Anuario estadístico 2009* (SCT, 2009, p. 95).  
 Indicadores mensuales SCT <<http://www.sct.gob.mx/informacion-general/planeacion/estadistica-del-sector/indicadores-mensuales-sct/>>.



## SECTORES COMERCIAL (1A4A), RESIDENCIAL (1A4B) Y AGROPECUARIO (1A4C)

El consumo de combustibles del sector residencial se muestra en el Cuadro A.1.18 y A.1.19, del comercial y agropecuario en los Cuadros A.1.20 y A.1.21 respectivamente. Existe muy poca información disponible para elaborar una mayor desagregación de estos sectores. Sin embargo, es clara la eliminación del uso de combustóleo como energético para el sector comercial. Éste fue sustituido por: el GLP, que tuvo una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 5.95%, el diesel (TCMA

de 5.40%) y, en menor medida, el gas natural que, de 2006 a la fecha, experimentó un incremento; en este mismo periodo disminuyó el porcentaje del GLP, mientras que el del diesel se mantuvo. En el sector agropecuario, la mayor parte del consumo se sustenta en el diesel, que de 1990 a 2010 tuvo en promedio una participación de 92.56%; en cuanto al GLP, su participación promedio fue de 5.14%.

CUADRO A.1.18  
Estructura del consumo de combustibles del sector residencial

Año	GLP		Querosenos		Gas natural		Leña		Total
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ
1990	252.569	47.59	9.562	1.80	33.921	6.39	234.668	44.22	530.720
1991	250.580	47.19	7.672	1.44	36.328	6.84	236.478	44.53	531.058
1992	270.328	48.81	7.720	1.39	37.467	6.77	238.310	43.03	553.825
1993	289.320	50.42	4.152	0.72	40.153	7.00	240.155	41.85	573.780
1994	300.556	51.62	3.954	0.68	35.698	6.13	242.018	41.57	582.226
1995	301.248	51.89	4.101	0.71	31.336	5.40	243.849	42.00	580.534
1996	311.494	52.12	4.841	0.81	35.948	6.01	245.420	41.06	597.703
1997	307.356	51.95	2.059	0.35	35.193	5.95	246.999	41.75	591.607
1998	322.021	53.27	1.592	0.26	32.263	5.34	248.590	41.13	604.466
1999	286.474	50.81	1.565	0.28	25.585	4.54	250.194	44.37	563.818
2000	292.740	48.79	1.360	0.23	20.980	3.50	284.980	47.49	600.060
2001	285.230	49.49	1.590	0.28	22.470	3.90	267.090	46.34	576.380
2002	285.060	49.34	1.600	0.28	24.890	4.31	266.240	46.08	577.790
2003	290.920	49.51	1.250	0.21	28.450	4.84	267.030	45.44	587.650
2004	293.010	49.54	1.430	0.24	30.390	5.14	266.650	45.08	591.480
2005	274.990	47.97	1.480	0.26	30.350	5.29	266.430	46.48	573.250
2006	272.280	47.92	1.850	0.33	29.610	5.21	264.400	46.54	568.140
2007	298.830	50.24	1.760	0.30	31.020	5.21	263.240	44.25	594.850
2008	297.980	50.37	0.830	0.14	30.710	5.19	262.050	44.30	591.570
2009	285.740	49.58	0.840	0.15	29.080	5.05	260.680	45.23	576.340
2010	291.920	50.12	1.180	0.20	30.040	5.16	259.310	44.52	582.450

Fuente: Elaboración a partir de datos del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).  
Periodo 1990-1999, Balance Nacional de Energía 2002, p. 155. Periodo 2000-2010, Balance Nacional de Energía 2010, p. 110.

CUADRO A.1.19  
Saturación de equipos domésticos

Año	Hogares	Con estufa de GLP	Con estufa de gas natural	Con calentador de GLP	Con calentador de gas natural
	miles	%			
1990	16,203	83.3	11.8	27.8	11.8
1991	16,932	80.9	12.7	28.0	12.7
1992	17,661	80.0	12.2	28.6	12.2
1993	18,390	78.8	12.2	29.1	12.2
1994	19,119	79.3	10.6	30.3	10.6
1995	19,848	79.6	9.4	31.5	9.4
1996	20,332	78.9	10.3	32.3	10.3
1997	20,817	79.3	10.3	33.6	10.3
1998	21,301	80.8	9.1	35.3	9.1
1999	21,785	85.7	8.2	38.1	8.2
2000	22,269	93.2	4.6	42.0	4.6
2001	22,776	87.5	7.3	40.5	7.3
2002	23,283	83.9	8.1	39.8	8.1
2003	23,790	84.1	8.9	40.4	8.9
2004	24,297	84.6	9.4	41.1	9.4
2005	24,804	84.2	9.9	41.2	9.9
2006	25,475	83.9	9.8	41.3	9.8
2007	26,146	81.9	9.4	40.3	9.4
2008	26,817	81.8	9.3	40.3	9.3
2009	27,488	81.8	9.2	40.4	9.2
2010	28,159	83.9	9.3	41.3	9.3

**Fuente:** Estimación a partir de ENIGH 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002, 2004, 2005, 2006, 2008.

**Nota:** Los datos de 2010 no han sido actualizados en la estadística, por lo que éste y los años impares fueron estimados.

CUADRO A.1.20  
Estructura del consumo de combustibles del sector comercial

Año	GLP		Diesel		Combustóleo		Gas natural		Total
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ
1990	20.241	38.67	1.289	2.46	30.817	58.87			52.347
1991	37.221	54.72	1.352	1.99	29.445	43.29			68.018
1992	44.006	56.32	1.663	2.13	32.460	41.55			78.129
1993	43.486	56.33	1.643	2.13	32.074	41.55			77.203
1994	52.067	60.36	2.475	2.87	31.713	36.77			86.255
1995	51.626	64.86	1.601	2.01	26.371	33.13			79.598
1996	53.392	62.22	1.700	1.98	30.716	35.80			85.808
1997	55.218	62.07	1.827	2.05	31.914	35.87			88.959
1998	57.853	61.28	3.439	3.64	33.116	35.08			94.408
1999	56.790	94.15	3.529	5.85					60.319
2000	63.340	85.87	3.560	4.83			6.860	9.30	73.760
2001	62.240	85.84	3.060	4.22			7.210	9.94	72.510
2002	65.640	85.79	3.010	3.93			7.860	10.27	76.510
2003	61.900	86.45	3.170	4.43			6.530	9.12	71.600
2004	61.120	85.52	3.470	4.86			6.880	9.63	71.470
2005	60.540	85.04	3.460	4.86			7.190	10.10	71.190
2006	62.980	85.13	2.850	3.85			8.150	11.02	73.980
2007	64.750	84.77	3.140	4.11			8.490	11.12	76.380
2008	62.120	83.30	3.550	4.76			8.900	11.94	74.570
2009	62.340	83.87	3.330	4.48			8.660	11.65	74.330
2010	64.360	83.17	3.690	4.77			9.330	12.06	77.380

Fuente: Elaboración a partir de datos del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).  
Periodo 1990-1999, Balance Nacional de Energía 2002, p. 155. Periodo 2000-2010, Balance Nacional de Energía 2010, p. 110.

CUADRO A.1.21  
Estructura del consumo de combustibles del sector agropecuario

Año	GLP		Diesel		Gas natural		Total
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ
1990	1.527	2.23	6.758	9.88	60.147	87.89	68.432
1991	1.603	2.27	5.012	7.11	63.870	90.62	70.485
1992	1.050	1.48	4.153	5.87	65.588	92.65	70.791
1993	1.094	1.54	3.381	4.75	66.770	93.72	71.245
1994	1.120	1.66	3.213	4.76	63.131	93.58	67.464
1995	1.122	1.62	3.337	4.80	64.993	93.58	69.452
1996	1.160	1.56	4.061	5.47	69.025	92.97	74.246
1997	1.153	1.45	4.020	5.06	74.201	93.48	79.374
1998	1.258	1.60	0.040	0.05	77.389	98.35	78.687
1999	8.472	9.62	0.053	0.06	79.568	90.32	88.093
2000	7.530	8.65	0.060	0.07	79.480	91.28	87.070
2001	8.340	9.99	0.040	0.05	75.090	89.96	83.470
2002	8.550	10.49	0.040	0.05	72.920	89.46	81.510
2003	7.990	9.25	0.040	0.05	78.320	90.70	86.350
2004	7.870	8.42	0.050	0.05	85.600	91.53	93.520
2005	8.460	9.01	0.040	0.04	85.380	90.95	93.880
2006	5.720	5.83	0.050	0.05	92.260	94.11	98.030
2007	4.970	4.67	0.040	0.04	101.420	95.29	106.430
2008	7.150	5.87	0.040	0.03	114.630	94.10	121.820
2009	5.780	5.09	0.050	0.04	107.790	94.87	113.620
2010	6.290	5.56	0.030	0.03	106.830	94.41	113.150

**Fuente:** Elaboración a partir de datos del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).  
Periodo 1990-1999, Balance Nacional de Energía 2002, p. 154. Periodo 2000-2010, Balance Nacional de  
Energía 2010, p. 111.

## ■ EMISIONES FUGITIVAS (1B)

### ■ MINAS DE CARBÓN (1B1)

Los datos de actividad utilizados en la estimación de las emisiones de metano en esta subcategoría se tomaron de los reportados en el *Minerals Yearbook* para México, publicado por el Departamento del Interior de los Estados Unidos a través del Informe Geológico de EE.UU. Esta información se muestra en el Cuadro A.1.22.

A las minas a cielo abierto le corresponde 40% de la producción del carbón térmico (*steam*) y a las minas subterráneas, la producción total del carbón siderúrgico (*metallurgical*), más 60% de la producción del carbón térmico (*steam*).

CUADRO A.1.22  
Producción de carbón en México (kt)

Año	Producción de carbón térmico ( <i>steam</i> )	Producción de carbón siderúrgico ( <i>metallurgical</i> )	Minas a cielo abierto	Minas subterráneas	Total
1990	4,220.0	5,790.0	1,688.0	8,322.0	10,010.0
1991	4,870.0	4,540.0	1,948.0	7,462.0	9,410.0
1992	5,060.0	3,640.0	2,024.0	6,676.0	8,700.0
1993	5,720.0	4,500.0	2,288.0	7,932.0	10,220.0
1994	6,311.0	4,632.0	2,524.4	8,418.6	10,943.0
1995	7,197.0	4,036.0	2,878.8	8,354.2	11,233.0
1996	8,616.0	5,131.0	3,446.4	10,300.6	13,747.0
1997	8,228.0	4,479.0	3,291.2	9,415.8	12,707.0
1998	7,566.0	4,823.0	3,026.4	9,362.6	12,389.0
1999	8,555.0	4,748.0	3,422.0	9,881.0	13,303.0
2000	7,915.0	6,372.0	3,166.0	11,121.0	14,287.0
2001	6,935.0	5,242.0	2,774.0	9,403.0	12,177.0
2002	6,308.0	5,097.0	2,523.2	8,881.8	11,405.0
2003	6,530.0	6,648.0	2,612.0	10,566.0	13,178.0
2004	5,687.0	5,786.0	2,274.8	9,198.2	11,473.0
2005	7,097.0	4,653.0	2,838.8	8,911.2	11,750.0
2006	6,573.0	4,309.0	2,629.2	8,252.8	10,882.0
2007	7,132.0	4,755.0	2,852.8	9,034.2	11,887.0
2008	10,403.0	5,491.0	4,161.2	11,732.8	15,894.0
2009	9,496.0	13,555.0	3,798.4	19,252.6	23,051.0
2010	11,247.0	16,318.0	4,498.8	23,066.2	27,565.0

Fuente: Informe Geológico de los Estados Unidos, <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2010/myb3-2010-mx.pdf>>.

## INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y GAS NATURAL (1B2)

Los datos de actividad para la estimación de las emisiones de metano de las actividades de la industria del petróleo y gas corresponden a la producción de petróleo crudo, el transporte de petróleo para su exportación, la refinación y almacenamiento de petróleo, la producción de gas natural, el procesamiento, transmisión y distribución de

gas, su consumo industrial (centrales eléctricas, sector energético y sector industrial) y su consumo en los sectores residencial y comercial. Estos datos de actividad fueron tomados del Balance Nacional de Energía 1990 a 2006 y se muestran en el Cuadro A.1.23.

CUADRO A.1.23  
Datos de actividad de las actividades de petróleo y gas natural (PJ)

Año	Petróleo			Gas			
	Producción	Transporte (1)	Refinación y almacenamiento	Producción	Procesamiento transmisión y distribución	Consumo industrial	Consumo residencial y comercial
	<b>PJ</b>						
1990	5,573.46	2,793.50	2,750.11	1585.08	1354.66	453.32	33.92
1991	5,854.58	2,994.60	2,798.68	1539.19	1307.09	488.88	36.33
1992	5,844.32	2,996.50	2,799.01	1519.47	1270.19	473.244	37.47
1993	5,861.20	2,931.50	2,854.52	1510.80	1344.30	487.127	40.15
1994	5,755.28	2,801.40	2,906.63	1538.76	1475.53	535.60	35.70
1995	5,554.09	2,769.40	2,711.96	1513.84	1374.96	592.70	31.34
1996	6,079.18	3,283.40	2,708.36	1719.58	1447.39	545.89	35.95
1997	6,463.79	3,680.60	2,714.42	1780.60	1449.01	505.69	35.19
1998	6,562.91	3,721.80	2,816.87	1863.45	1433.25	522.53	32.26
1999	6,351.47	3,395.30	2,802.08	1893.71	1419.66	456.08	25.59
2000	6,619.79	3,631.11	2,775.71	1846.12	1460.70	498.11	27.43
2001	6,811.69	3,725.49	2,802.80	1784.46	1460.64	406.20	29.26
2002	6,798.98	3,561.89	2,817.26	1750.01	1500.73	459.69	32.75
2003	7,228.47	3,989.11	2,995.30	1794.51	1561.79	467.19	34.98
2004	7,432.56	4,124.06	3,057.63	1770.24	1562.08	493.32	37.06
2005	7,573.79	4,119.80	3,194.41	2080.08	1694.83	473.92	37.31
2006	7,304.39	4,031.67	3,061.26	2339.15	1828.83	501.72	37.76
2007	6,923.36	3,788.08	3,047.43	2482.41	1835.70	523.95	39.19
2008	6,520.85	3,286.29	3,147.24	2797.73	1793.97	525.71	39.62
2009	6,058.73	2,868.55	3,171.63	2912.26	1858.76	478.70	39.74
2010	6,008.64	3,167.72	2,777.60	2819.79	1867.85	542.35	39.370

Fuente: Elaboración a partir de datos del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010). Período 1990-1999: Balance Nacional de Energía 2002, pp. 146, 150, 154, 192. Período 2000-2010: Balance Nacional de Energía 2010, pp. 93, 96, 98.

Nota: (1) Se refiere a la exportación.

## A.2 PROCESOS INDUSTRIALES

### ■ A.2.1 INDUSTRIA DE LOS MINERALES

#### A.2.1.1 CEMENTO (2A1)

Las *Estadísticas históricas de México 2009*<sup>1</sup> (INEGI, 2010) reportan la producción de cemento durante el periodo 1990-2008 y el Banco de Información Económica<sup>2</sup> del INEGI reporta esta-

dísticas del volumen de producción de cemento gris, cemento blanco, mortero para el periodo 1994-2008.

CUADRO A.2.1  
Producción anual de cemento (toneladas)

Año	Cemento gris	Cemento blanco	Mortero	Total
1990	23,840,667	448,345	n.d.	24,289,012
1991	24,383,605	400,997	n.d.	24,784,602
1992	26,137,822	449,171	n.d.	26,586,993
1993	27,568,361	460,844	n.d.	28,029,205
1994	30,243,326	516,684	720,232	31,480,242
1995	24,033,981	441,975	645,663	25,121,619
1996	26,440,746	466,440	1,140,024	28,047,210
1997	27,679,233	530,803	1,316,355	29,526,391
1998	28,608,786	568,795	1,549,994	30,727,575
1999	29,738,734	642,632	1,420,243	31,801,609
2000	31,518,759	613,075	1,096,005	33,227,839
2001	30,177,359	636,394	1,319,868	32,133,621
2002	30,897,412	623,680	1,850,420	33,371,512
2003	31,143,454	632,386	1,817,561	33,593,401
2004	32,374,824	680,380	1,937,238	34,992,442

1. Ver Cuadro 11.12 Plantas, capacidad utilizada y producción de cemento, en *Estadísticas históricas de México 2009*, México: INEGI, 2010.
2. INEGI, Banco de información Económica, <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>>: Series que ya no se actualizan > Sector manufacturero > Encuesta industrial mensual (CMAP) > Cifras absolutas > 205 clases de actividad económica > Volumen y valor de producción por clase de actividad y producto > VI Productos de minerales no metálicos, excepto derivados del petróleo y carbón > 369111 Fabricación de cemento hidráulico > Cemento.

CUADRO A.2.1 (CONTINÚA)  
Producción anual de cemento (toneladas)

Año	Cemento gris	Cemento blanco	Mortero	Total
2005	34,571,534	773,499	2,106,583	37,451,616
2006	37,180,967	843,869	2,337,166	40,362,002
2007	37,757,921	864,999	2,590,337	41,213,257
2008	36,608,126	823,449	2,679,457	40,111,032
2009	35,458,331e	781,899e	2,768,577e	39,008,807
2010	36,180,316e	823,686e	3,123,032e	40,127,034

Fuente: INEGI, Banco de Información Económica y *Estadísticas históricas de México 2009*.

e: Los datos fueron estimados (función polinomial)

n.d.: Datos no disponibles.

Se observa una tendencia de incremento en la producción de 65.2% en el periodo 1990-2010 y una tasa de crecimiento media anual de 2.5%, aunque en los últimos años disminuyó la producción debido a la crisis económica de 2008.

#### A.2.1.2 CAL (2A2)

Las estadísticas nacionales del INEGI proporcionan la siguiente información sobre la producción de los diferentes tipos de cal.<sup>3</sup>

CUADRO A.2.2  
Producción anual de cal por tipo (toneladas)

Año	Cal viva	Cal hidratada(aérea e hidráulica)	Cal siderúrgica y química	Cal dolomítica	Total
1990	484,790	2,844,644	19,094	153,632	3,502,160
1991	492,344	2,839,687	52,127	161,007	3,545,165
1992	499,899	2,834,730	85,159	168,382	3,588,170
1993	479,744	2,906,777	100,266	172,009	3,658,796

3. INEGI, Banco de Información Económica <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>>: Series que ya no se actualizan > Sector manufacturero > Encuesta industrial mensual (CMAP) > Cifras absolutas > 205 clases de actividad económica > Volumen y valor de producción por clase de actividad y producto > VI Productos de minerales no metálicos, excepto derivados del petróleo y carbón > 369112 Elaboración de cal.



CUADRO A.2.2 (CONTINÚA)  
Producción anual de cal por tipo (toneladas)

Año	Cal viva	Cal hidratada(aérea e hidráulica)	Cal siderúrgica y química	Cal dolomítica	Total
1994	459,648	2,978,823	115,372	175,636	3,729,479
1995	556,602	2,649,674	214,924	182,732	3,603,932
1996	613,589	2,580,822	293,298	207,208	3,694,917
1997	571,889	2,783,083	291,790	218,504	3,865,266
1998	514,508	2,803,472	263,434	225,052	3,806,466
1999	532,737	2,762,900	245,031	221,012	3,761,680
2000	592,803	2,812,685	304,660	204,553	3,914,701
2001	631,158	2,805,822	350,975	182,726	3,970,681
2002	545,587	2,825,260	440,020	250,714	4,061,581
2003	606,335	2,743,345	436,956	267,915	4,054,551
2004	580,987	2,665,385	419,573	279,710	3,945,655
2005	525,140	2,587,803	482,505	299,133	3,894,581
2006	636,520	2,729,766	409,436	346,293	4,122,015
2007	660,759	2,560,095	484,171	393,453e	4,098,478
2008	667,669	2,580,038	438,097	440,613e	4,126,417
2009	674,579e	2,599,981e	392,023e	487,773e	4,154,356
2010	652,672e	2,155,220e	621,910e	534,933e	3,964,735

Fuente: INEGI, Banco de Información Económica.  
e: Los datos fueron estimados (función polinomial)

Se puede observar que 54.4% de la cal producida en México en 2010 corresponde a la cal hidratada o apagada, usada principalmente en la industria

de la construcción; la cal viva representa 16.5%; la cal para siderurgia y química, 15.7%, y la cal dolomítica, 13.5%.

### A.2.1.3 USO DE CALIZA Y DOLOMITA (2A3)

Los datos de producción, exportación e importación de caliza y dolomita se obtuvieron de: *The Mineral Industry of Mexico*,<sup>4</sup> de la United States Geological Survey (USGS); el *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*, de 1992 a 2011, elaborado

por la Secretaría de Economía (SE); el “Perfil de mercado de la caliza y sus derivados 2005,”<sup>5</sup>; el “Perfil del mercado de la dolomita 2006,”<sup>6</sup> y “La Minería en México.”<sup>7</sup> (varios años).

4. *The Mineral Industry of Mexico* (varios años). Disponible en: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/latin.html#mx>
5. *Perfil de mercado de la caliza y sus derivados*. Coordinación General de Minería de la Secretaría de Economía, México, 2005.
6. *Perfil del mercado de la dolomita*. Coordinación General de Minería de la Secretaría de Economía, México, 2006.
7. INEGI, *La Minería en México* (varios años).

El consumo aparente se estima como la diferencia de la suma de producción e importaciones menos las exportaciones (Cuadro A.2.3 y A.2.4). Por lo que se obtuvo información sobre el volumen de las importaciones y exportaciones.

El consumo de caliza en la producción de cal y cemento se estimó en función de la producción de cal (Cuadro A.2.2) y la producción de cemento (Cuadro A.2.1). En el caso de la producción de cemento, se asumió que la composición del cemento es 75% de caliza. Para la fabricación de cal,

se consideró que se requieren 1.36 toneladas de caliza para la producción de una tonelada de cal.<sup>8</sup> Para estimar el uso de caliza, se restó el consumo de caliza en la producción de cal y cemento del consumo aparente de caliza (Cuadro A.2.3).

El consumo de dolomita en la producción de cal se estimó de la producción total de cal (Cuadro A.2.2). Se asumió que se requiere 0.10 toneladas de dolomita en la fabricación de cal.<sup>9</sup> El uso de dolomita se estimó de manera similar al uso de caliza (Cuadro A.2.4).

CUADRO A.2.3  
Consumo aparente y estimaciones del uso de la piedra caliza (toneladas)

Año	Producción	Importación	Exportación	Consumo aparente de caliza	Consumo en la producción de cemento	Consumo en la producción de cal	Uso de caliza
1990	27,405,529	3,135	26,247	27,382,417	18,216,759	4,762,938	4,402,720
1991	29,477,115	3,786	27,370	29,453,531	18,588,452	4,821,424	6,043,655
1992	31,766,197	8,256	25,008	31,749,445	19,940,245	4,879,911	6,929,289
1993	33,985,450	5,331	12,118	33,978,663	21,021,904	4,975,963	7,980,796
1994	36,019,852	8,208	11,373	36,016,687	23,610,182	5,072,091	7,334,414
1995	32,872,928	5,916	34,151	32,844,693	18,841,214	4,901,348	9,102,132
1996	37,641,004	4,958	50,823	37,595,139	21,035,408	5,025,087	11,534,644
1997	43,706,616	16,018	16,978	43,705,656	22,144,793	5,256,762	16,304,101
1998	44,372,113	81,311	26,766	44,426,658	23,045,681	5,176,794	16,204,183
1999	52,449,284	10,420	23,291	52,436,414	23,851,207	5,115,885	23,469,322
2000	58,266,781	110,220	47,190	58,329,811	24,920,879	5,323,993	28,084,938
2001	63,346,521	82,939	55,239	63,374,220	24,100,216	5,400,126	33,873,878
2002	59,420,554	105,921	51,929	59,474,547	25,028,634	5,523,750	28,922,162
2003	56,252,905	13,382	47,930	56,218,357	25,195,051	5,514,189	25,509,117
2004	72,921,614	17,652	35,660	72,903,606	26,244,332	5,366,091	41,293,184
2005	57,568,436	14,446	29,017	57,553,865	28,088,712	5,296,630	24,168,523
2006	69,821,775	25,853	26,295	69,821,333	30,271,502	5,605,940	33,943,891
2007	62,600,233	20,355	37,470	62,583,118	30,909,943	5,573,930	26,099,245
2008	64,857,614	10,289	109,282	64,758,621	30,083,274	5,611,927	29,063,420
2009	62,000,135	9,889	36,106	61,973,918	29,256,605	5,649,924	27,067,389
2010	64,678,534	9,133	30,016	64,657,651	30,095,276	5,392,040	27,095,802

Fuente: Producción: USGS, *The Mineral Industry of Mexico* (varios años).  
Exportaciones e importaciones: *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* (varios años).

8. Con base en el *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002*, México, INE-SEMARNAT, 2006, < [http://www.ine.gov.mx/descargas/climatico/mexico\\_nghgi\\_2002.pdf](http://www.ine.gov.mx/descargas/climatico/mexico_nghgi_2002.pdf)>.

9. *Idem*.

CUADRO A.2.4  
Consumo aparente y estimación de uso de dolomita (toneladas)

Año	Producción	Importación	Exportación	Consumo aparente de dolomita	Consumo de dolomita en producción de cal	Uso de dolomita
1990	482,168	4,559	769	485,958	350,216	135,742
1991	470,668	18,156	359	488,465	354,517	133,948
1992	466,490	16,826	360	482,957	358,817	124,140
1993	545,493	6,405	737	551,161	365,880	185,281
1994	601,648	59,386	1,235	659,799	372,948	286,851
1995	931,770	22,374	849	953,295	360,393	592,902
1996	929,933	20,602	35,052	915,484	369,492	545,992
1997	902,710	267,814	364	1,170,159	386,527	783,633
1998	785,516	433,117	5,045	1,213,588	380,647	832,941
1999	415,284	14,261	845	428,699	376,168	52,531
2000	403,664	166,411	4,818	565,257	391,470	173,786
2001	670,797	151,679	2,707	819,769	397,068	422,701
2002	457,665	136,760	4,004	590,421	406,158	184,263
2003	565,896	66,148	1,296	630,748	405,455	225,293
2004	1,158,929	25,769	6,704	1,177,993	394,566	783,428
2005	1,308,977	2,371	1,184	1,310,164	389,458	920,706
2006	1,282,590	29,949	583	1,311,956	412,202	899,755
2007	1,123,225	31,739	1,787	1,153,177	409,848	743,330
2008	1,233,993	34,220	11,582	1,256,631	412,642	843,989
2009	982,650	8,461	35,011	956,100	415,436	540,664
2010	1,499,744	4,422	10,025	1,494,141	396,474	1,097,668

Fuente: Producción. USGS, *The Mineral Industry of Mexico* (varios años).  
Exportaciones e importaciones: *Perfil de mercado de la dolomita y Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* (varios años).

#### A.2.1.4 CARBONATO DE SODIO (2A4)

Los datos de producción de carbonato de sodio se obtuvieron del reporte de *The Mineral Industry of Mexico* de diferentes años de la USGS.

CUADRO A.2.5  
Producción de carbonato de sodio natural y sintético (toneladas)

Año	Carbonato de sodio			Año	Carbonato de sodio		
	Natural	Sintético	Consumo		Natural	Sintético	Consumo
1990	190,000	259,000	449,000	2001		290,000	290,000
1991	190,000	259,000	449,000	2002		290,000	290,000
1992	160,000	280,000	440,000	2003		290,000	290,000
1993	160,000	280,000	440,000	2004		290,000	290,000
1994	160,000	280,000	440,000	2005		290,000	290,000
1995		290,000	290,000	2006		290,000	290,000
1996		290,000	290,000	2007		290,000	290,000
1997		290,000	290,000	2008		290,000	290,000
1998		290,000	290,000	2009		290,000	290,000
1999		290,000	290,000	2010		290,000	290,000
2000		290,000	290,000				

Fuente: USGS, *The Mineral Industry of Mexico* (varios años).

Para estimar las emisiones procedentes del consumo de carbonato de sodio, se consideró la producción de carbonato de sodio natural y sintético.

No se obtuvieron datos sobre las importaciones y exportaciones de estos productos.

#### A.2.1.5 PRODUCCIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO DE TECHOS (2A5)

Las estadísticas nacionales del INEGI<sup>10</sup> proporcionan datos desagregados de producción de dife-

rentes materiales asfálticos (asfalto, impermeabilizante asfáltico y cartón asfáltico impregnado).

10. INEGI, Banco de Información Económica <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>>: Series que ya no se actualizan > Sector manufacturero > Encuesta industrial mensual (CMAP) > Cifras absolutas > 205 clases de actividad económica > Volumen y valor de producción por clase de actividad y producto > V Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plástico > 354003 Fabricación de materiales para pavimentación y techado a base de asfalto.

CUADRO A.2.6  
Producción y uso de material asfáltico para techos (toneladas)

Año	Material asfáltico	Año	Material asfáltico
1990	186,527	2001	169,933
1991	185,675	2002	146,422
1992	184,822	2003	66,271
1993	169,833	2004	97,178
1994	154,844	2005	88,893
1995	164,729	2006	97,622
1996	146,165	2007	136,489
1997	166,391	2008	172,151
1998	143,352	2009	207,813e
1999	164,754	2010	258,308e
2000	157,437		

Fuente: INEGI, Banco de Información Económica (1994-2008).

e: Los datos fueron estimados (función polinomial)

Material asfáltico incluye: asfalto, impermeabilizante asfáltico y cartón asfáltico impregnado.

#### A.2.1.6 PAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA (2A6)

CUADRO A.2.7  
Producción de pavimentación asfáltica (toneladas)

Año	Concreto asfáltico	Año	Concreto asfáltico
1990	900,000	2001	1,103,642
1991	950,000	2002	1,210,904
1992	1,000,000	2003	945,893
1993	1,161,875	2004	1,419,089
1994	1,323,749	2005	1,227,366
1995	668,513	2006	1,025,019
1996	765,872	2007	920,015
1997	548,072	2008	1,088,640
1998	814,711	2009	1,257,265e
1999	1,173,431	2010	1,001,229e
2000	1,483,734		

Fuente: INEGI, Banco de Información Económica

e: Los datos fueron estimados (función polinomial)

Las estadísticas nacionales del INEGI proporcionan información sobre la producción de concreto asfáltico.<sup>11</sup>

### A.2.1.7 VIDRIO (2A7)

Las estadísticas nacionales del INEGI proporcionan la información de este apartado sobre la producción de vidrio, que incluye: fabricación de vidrio plano, liso y labrado; cristal flotado; vidrio templado; fabricación de fibra de vidrio; fabricación de envases y ampollitas de vidrio (botellas, frascos y envases).

Para evitar inexactitud en la conversión de unidades disímiles (cantidad de botellas, ampollitas, envases, copas, jarras, etc.) a toneladas y para desa-

rollar una serie temporal coherente, únicamente se consideró la producción de vidrio plano liso y labrado y la fabricación de fibra, vidrio templado, inastillable y flotado, proporcionadas en toneladas.

A partir de 1999, la Encuesta Mensual Industrial y el Banco de Información Económica del INEGI no proporcionan datos sobre el volumen de producción de vidrio labrado y cristal flotado, ni de vidrio templado para la industria automotriz.

CUADRO A.2.8  
Producción de tipos de vidrio (toneladas)

Año	Vidrio plano liso	Vidrio plano labrado	Vidrio templado	Vidrio flotado	Vidrio recipiente inastillable	Fibra de vidrio	Total
1990	37,009	21,137	14,350	255,744	30,630	4,886	363,756
1991	30,024	24,625	15,475	294,431	35,119	5,347	405,021
1992	40,922e	25,663	16,265	373,917	37,511	6,569	459,925
1993	62,834e	15,590	14,372	438,466	41,614	7,060	517,102
1994	82,699	20,530	56,901	473,905	49,685	6,536	690,256
1995	90,095	15,623	51,230	459,849	40,832	6,875	664,504
1996	90,939	n.d.	57,390	489,478	n.d.	n.d.	637,807
1997	103,820	n.d.	68,990	508,089	n.d.	n.d.	680,899
1998	112,174	n.d.	69,940	549,670	n.d.	n.d.	731,784
1999	124,539	n.d.	72,220	n.d.	n.d.	n.d.	196,759
2000	117,596	n.d.	74,558	n.d.	n.d.	n.d.	192,154
2001	69,710	n.d.	17,621	n.d.	n.d.	n.d.	87,331
2002	79,157	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	79,157

11. INEGI, Banco de Información Económica <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>>: Series que ya no se actualizan > Sector manufacturero > Encuesta industrial mensual (CMAP) > Cifras absolutas > 205 clases de actividad económica > Volumen y valor de producción por clase de actividad y producto > V Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plástico > 354003 Fabricación de materiales para pavimentación y techado a base de asfalto > Productos a base de asfalto.

CUADRO A.2.8 (CONTINÚA)  
Producción de tipos de vidrio (toneladas)

Año	Vidrio plano liso	Vidrio plano labrado	Vidrio templado	Vidrio flotado	Vidrio recipiente inastillable	Fibra de vidrio	Total
2003	72,784	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	72,784
2004	182,647	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	182,647
2005	187,306	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	187,306
2006	189,284	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	189,284
2007	200,825	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	200,825
2008	203,339	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	203,339
2009	205,853e	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	205,853
2010	223,016e	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	223,017

Fuente: *Estadísticas históricas de México 2009*. Cuadro 11.17. Producción de vidrio y productos de vidrio.  
e: Los datos fueron estimados (función polinomial).  
n.d.: Datos no disponibles.

## ■ A.2.2 INDUSTRIA QUÍMICA (2B)

### A.2.2.1 AMONIACO (2B1)

Los datos de producción anual de amoníaco están disponibles en varias publicaciones, no obstante se seleccionaron los del Banco de Información Económica del INEGI.<sup>12</sup>

CUADRO A.2.9  
Producción anual de amoníaco (toneladas)

Año	NH <sub>3</sub>	Año	NH <sub>3</sub>	Año	NH <sub>3</sub>
1990	2,632,000	1997	2,131,000	2004	680,000
1991	2,702,000	1998	1,819,000	2005	513,000
1992	2,678,000	1999	1,220,000	2006	592,000
1993	2,137,000	2000	923,000	2007	760,000
1994	2,468,000	2001	708,000	2008	898,000
1995	2,422,000	2002	679,000	2009	790,000
1996	2,500,000	2003	534,000	2010	899,000

Fuente: INEGI, Banco de Información Económica

12. INEGI, Banco de Información Económica <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bic/>>: Energía > Subsector petrolero > Producción y elaboración > Elaboración de productos petroquímicos > Amoníaco.

### A.2.2.2 ÁCIDO NÍTRICO (2B2)

Los datos de producción anual de ácido nítrico están disponibles en la serie de estadísticas sectoriales: *La industria química en México* (INEGI); sin embargo, se desconocen las tecnologías y condiciones de operación en su producción. La información reportada en dicho documento ofrece datos hasta el año de 2007, por lo que no se tienen valores reales para años posteriores.

CUADRO A.2.10  
Producción anual de ácido nítrico  
(toneladas)

Año	Ácido nítrico
1990	295,000
1991	352,100
1992	182,800
1993	228,000
1994	249,600
1995	470,900
1996	591,800
1997	457,400
1998	416,000
1999	345,700
2000	149,900
2001	125,052
2002	64,782
2003	60,187
2004	59,719
2005	62,860
2006	71,375
2007	71,060
2008	70,745e
2009	70,430e
2010	70,115e

Fuente: INEGI, *La industria química en México* (varios años).  
e: Los datos fueron estimados (función polinomial)

### A.2.2.3 ÁCIDO ADÍPICO (2B3)

Las estadísticas nacionales de la industria química y petroquímica en México (*La industria química en México*, del INEGI, y el *Anuario estadístico de la industria petroquímica*, de la SENER) no reportan datos de volumen de producción, ni de capacidad instalada para el ácido adípico. Los únicos datos que existen de este producto son de exportaciones e importaciones para algunos años.

CUADRO A.2.11  
Volumen de exportaciones e importaciones  
de ácido adípico (toneladas)

Año	Ácido adípico	
	Exportaciones	Importaciones
1990	n.d.	2,200
1991	n.d.	2,900
1992	n.d.	2,400
1993	0	2,800
1994	0	4,300
1995	0.1	3,700
1996	16	3,200
1997	15	3,400
1998	0	4,200
1999	0	3,600
2000	0	3,300
2001	4	4,100
2002	1	4,315
2003	2	4,445
2004	23	4,880
2005	24	5,562
2006	25	4,711
2007	172	4,669

Fuente: INEGI, *La industria química en México* (varios años).  
n.d.: Datos no disponibles.



#### A.2.2.4 CARBURO DE SILICIO Y CARBURO DE CALCIO (2B4)

Se cuenta sólo con información para los años 1998 y 2003 a través de los Censos Económicos de la Industria Manufacturera del INEGI, publicados en 1999 y 2004, respectivamente.

CUADRO A.2.12  
Producción de carburo de calcio y de silicio (toneladas)

Año	Carburo de calcio	Carburo de silicio
1998	28,854	1,109
2003	5,501	405

**Fuente:** Carburo de calcio: INEGI, Censos económicos: Industria manufacturera (1999 y 2004) (clase 325180: Fabricación de otros productos químicos básicos inorgánicos –otros compuestos y sales inorgánicas y clase 325120: Fabricación de gases industriales– productos químicos diversos). Carburo de silicio: INEGI, Censos económicos: Industria manufacturera (1999 y 2004) (clase 327910: Fabricación de productos abrasivos).

#### A.2.2.5 OTROS QUÍMICOS (2B5)

Los volúmenes de producción de los diversos petroquímicos se obtuvieron de diversas fuentes indicadas como notas en el cuadro que se muestra a continuación.

## Producción de petroquímicos en México (toneladas)

Año	Ácido sulfúrico	Acrilonitrilo	Anhidrido ftálico	Bióxido de titanio	Coque de petróleo	Dicloro-etileno	Estireno	Etilbenceno	Etileno
1990	33,000	122,000	79,170	65,544	2,337,159	394,134	157,882	191,992	1,369,844
1991	43,000	155,000	66,893	69,601	2,107,589	189,553	151,927	194,297	1,364,741
1992	43,000	166,000	70,567	71,602	2,033,003	386,144	159,856	186,679	1,481,670
1993	31,000	146,000	62,461	81,600	1,941,832	368,260	163,534	184,838	1,304,202
1994	67,000	161,000	59,400	97,785	1,984,730	356,314	162,018	181,508	1,316,670
1995	176,000	164,000	73,500	86,500	2,147,602	330,397	173,921	198,340	1,358,905
1996	144,000	173,000	63,000	85,998	2,184,363	318,953	154,682	172,098	1,339,560
1997	106,000	161,000	76,500	102,093	2,139,376	355,312	125,196	142,045	1,293,740
1998	57,000	130,000	53,700	111,351	2,202,558	321,024	128,017	142,602	1,255,569
1999	82,000	66,000	69,973	115,337	2,219,845	294,176	117,498	130,655	1,152,843
2000	32,000	124,000	64,752	126,677	2,235,032	302,328	143,532	158,387	1,157,870
2001	89,000	32,000	65,262	124,192	2,065,483	244,874	124,495	139,781	1,062,632
2002	45,000	61,000	61,900	127,000	1,451,091	252,946	127,612	140,431	993,924
2003	36,000	77,000	57,646	n.d.	1,462,106	185,530	100,621	113,861	981,601
2004	34,000	72,000	64,028	n.d.	1,445,052	110,369	162,089	179,075	1,007,059
2005	32,000	63,000	68,938	n.d.	1,491,847	260,465	141,875	155,048	1,084,922
2006	24,000	54,000	65,458	n.d.	1,569,561	352,748	139,024	155,658	1,127,960
2007	20,000	24,000	69,635	n.d.	1,536,325	391,478	133,657	149,361	1,001,291
2008	17,000	10,000	73,812e	n.d.	1,547,391	267,041	119,531	135,739	1,061,611
2009	17,000	12,000	77,989e	n.d.	1,315,444	259,287	91,145	105,084	1,160,117
2010	21,000	55,000	82,166e	n.d.	1,648,439	306,425	64,978	77,172	1,125,800

**Fuente:** Acrilonitrilo, etileno, metanol, polietileno baja densidad, polietileno alta densidad, propileno, polipropileno, estireno y etilbenceno: PEMEX, *Anuario estadístico 2001* (p. 40) y *Anuario estadístico 2011* (p. 50). Anhidrido ftálico: INEGI, *La industria química en México* (varios años).

Bióxido de titanio, polidloruro de vinilo, formaldehído y negro de humo: ANIQ, *Anuario estadístico de la industria química mexicana e INEGI, La industria química en México* (varios años).

n.d.: Datos no disponibles.

CUADRO A.2.13 (CONTINUA)  
Producción de petroquímicos en México (toneladas)

Año	Formaldehído	Metanol	Negro de humo	Policloruro de vinilo	Poliestireno	Poliuretano baja densidad	Poliuretano alta densidad	Poli-propileno	Propileno
1990	118,000	210,000	125,279	309,201	78,853e	348,000	176,000	n.d.	362,665
1991	113,800	213,000	95,372	375,008	89,903e	337,000	213,000	36,045	364,833
1992	103,500	200,000	90,336	401,866	100,953e	355,000	220,000	69,280	344,005
1993	94,185	169,000	66,195	394,511	112,003	308,000	197,000	65,419	283,782
1994	102,190	185,000	84,433	345,897	123,053	341,000	202,000	75,918	323,426
1995	109,200	202,000	95,960	381,596	123,341	346,000	181,000	95,418	419,843
1996	100,573	211,000	107,824	383,061	138,662	336,000	192,000	88,892	402,554
1997	96,550	193,000	114,958	399,990	167,398	333,000	191,000	71,262	336,918
1998	96,000	193,000	119,849	416,431	282,367	313,000	184,000	40,756	258,461
1999	102,861	184,000	120,979	485,602	318,382	291,000	165,000	36,976	183,296
2000	104,471	189,000	114,321	480,193	384,602	272,000	174,000	9,310	311,481
2001	107,016	189,000	87,335	464,394	355,454	276,000	178,000	1,587	285,160
2002	111,339	169,000	88,054	453,759	336,505	284,000	147,000	n.d.	314,514
2003	1,490,773	190,000	120,000	485,457	327,978	271,000	158,000	n.d.	359,984
2004	1,590,773	165,000	120,000	497,710	362,555	262,000	181,000	n.d.	416,213
2005	1,563,500	81,000	120,000	461,842	413,860	296,000	169,000	n.d.	379,550
2006	1,563,500	85,000	120,000	485,246	411,568	352,000	167,000	n.d.	339,883
2007	1,563,500	12,000	130,700	552,559	516,891	358,000	157,000	n.d.	353,359
2008	1,563,500e	44,000	141,400e	619,872e	622,214e	412,000	170,000	n.d.	328,608
2009	1,563,500e	32,710e	152,100e	687,185e	727,537e	495,000	195,000	n.d.	430,820
2010	1,563,500e	16,000	162,800e	754,498e	832,860e	460,000	181,000	n.d.	384,413

**Fuente:** Acrilonitrilo, etileno, metanol, polietileno baja densidad, polietileno alta densidad, propileno, polipropileno, estireno y etilbenceno: PEMEX, *Anuario estadístico 2001* (p. 40) y *Anuario estadístico 2011* (p. 50). Anhidrido ftálico: INEGI, *La industria química en México* (varios años).

Bióxido de titanio, policloruro de vinilo, formaldehído y negro de humo: ANIQ, *Anuario estadístico de la industria química mexicana e INEGI, La industria química en México* (varios años).

n.d.: Datos no disponibles.

## ■ A.2.3 INDUSTRIA DE LOS METALES (2C)

### A.2.3.1 PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO (2C1)

Los datos de la industria siderúrgica están disponibles en las *Estadísticas históricas de México 2009* (INEGI, 2010) y los del coque de carbón en la serie de estadísticas sectoriales: *La industria siderúrgica en México* del INEGI.

CUADRO A.2.14  
Producción anual de hierro, acero y coque de carbón (toneladas)

Año	Producción de hierro	Producción de acero	Coque de carbón
1990	6,189,919	8,734,219	2,337,159
1991	5,372,205	7,964,016	2,107,589
1992	5,724,456	8,459,429	2,033,003
1993	6,160,137	9,198,784	1,941,832
1994	6,717,163	10,260,109	1,984,730
1995	7,842,100	12,147,446	2,147,602
1996	8,023,369	13,196,247	2,184,363
1997	8,889,363	14,245,722	2,139,376
1998	10,115,563	14,218,050	2,202,558
1999	10,878,132	15,274,187	2,227,531
2000	10,444,728	15,631,312	2,235,032
2001	8,044,887	13,300,007	2,065,483
2002	8,736,827	14,010,416	1,451,091
2003	9,656,634	15,158,768	1,462,106
2004	10,622,823	16,737,037	1,445,052
2005	10,020,339	16,282,299	1,491,847
2006	9,956,777	16,446,939	1,569,561
2007	10,343,007	17,572,676	1,536,325
2008	10,461,858	17,209,000	1,547,391
2009	8,065,305	13,957,000	1,315,444
2010	10,074,620	17,041,000	1,648,709

Fuente: INEGI, *Estadísticas históricas de México 2009* y *La industria siderúrgica en México*.

### A.2.3.2. PRODUCCIÓN DE FERROALEACIONES (2C2)

Los datos fueron tomados del *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2010* y *La industria siderúrgica en México* (varios años) del INEGI.

CUADRO A.2.15  
Producción anual de hierro, acero y coque de carbón (toneladas)

Año	Ferro manganeso	Silico manganeso
1990	186,329	70,685
1991	147,259	67,090
1992	131,203	58,631
1993	119,016	62,828
1994	117,062	72,094
1995	57,961	67,713
1996	69,341	92,611
1997	69,977	105,381
1998	86,701	104,650
1999	79,567	113,916
2000	90,501	107,922
2001	60,014	74,290
2002	38,532	73,263
2003	55,903	81,223
2004	72,471	103,206
2005	91,826	104,479
2006	64,318	97,457
2007	74,578	109,286
2008	97,366	114,320
2009	42,094	85,463
2010	81,019	134,471

Fuente: INEGI, *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2010*. INEGI, *La industria siderúrgica en México* (varios años)

### A.2.3.3 PRODUCCIÓN DE ALUMINIO (2C3)

Los datos de producción de aluminio se obtuvieron del *Anuario estadístico de la minería mexicana* de la Secretaría de Economía (SE) en sus reportes de varios años.

CUADRO A.2.16  
Producción anual de aluminio primario (toneladas)

Año	Aluminio	Año	Aluminio
1990	65,146	2001	51,500
1991	47,739	2002	39,000
1992	42,201	2003	25,000
1993	25,774	2004	20,000
1994		2005	20,000
1995	10,413	2006	20,000
1996	61,418	2007	20,000
1997	66,356	2008	20,000
1998	67,351	2009	20,000
1999	77,656	2010	20,000e
2000	84,614		

Fuente: SE, *Anuario estadístico de la minería mexicana* (varios años).  
e: Los datos fueron estimados (función polinomial)

## ■ A.2.4 OTRAS INDUSTRIAS (2D)

### A.2.4.1 CELULOSA Y PAPEL (2D1)

Los datos sobre la producción de papel elaborado con el método Kraft (al sulfato) fueron tomados del Banco de Información Económica del INEGI.<sup>13</sup>

CUADRO A.2.17  
Producción anual de papel (método Kraft) (toneladas)

Año	Pulpa y papel	Año	Pulpa y papel
1990	391,991	2001	138,558
1991	359,444	2002	148,000
1992	280,272	2003	142,000
1993	208,799	2004	145,000
1994	159,581	2005	145,000
1995	278,356	2006	142,000
1996	324,124	2007	121,000
1997	302,337	2008	134,000
1998	330,185	2009	135,000
1999	300,819	2010	145,000
2000	299,502		

Fuente: INEGI, Banco de Información Económica.

### A.2.4.2 ALIMENTOS Y BEBIDAS (2D2)

Los datos sobre la producción total anual de alimentos y bebidas se obtuvieron del Banco de Información Económica del INEGI<sup>14</sup> y de las *Estadísticas históricas de México 2009* (INEGI, 2010).

13. INEGI, Banco de Información Económica <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>>: Series que ya no se actualizan > Sector manufacturero > Encuesta industrial mensual (CMAP) > Cifras absolutas > 205 clases de actividad económica > Volumen y valor de producción por clase de actividad y producto > IV Papel, productos de papel, imprentas y editoriales > 341021 Fabricación de celulosa y papel > Papel kraft y semi-kraft para empaque y embalaje.

14. INEGI, Banco de Información Económica <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>>: Series que ya no se actualizan > Sector manufacturero > Encuesta industrial mensual (CMAP) > Cifras absolutas > 205 clases de actividad económica > Volumen y valor de producción por clase de actividad y producto > I Productos alimenticios, bebidas y tabaco.

CUADRO A.2.18  
Producción anual de alimentos (toneladas)

Año	Carnes y aves	Pescado	Azúcar	Margarinas	Pan	Comida para animales	Tostado de café	Pasteles, bizcochos, cereales
1990	271,349	54,335	3,174,000	313,665	255,559e	3,231,184	19,105	253,279e
1991	297,598	63,298	3,661,000	327,771	273,618e	3,396,041	20,193	263,410e
1992	336,236	53,969	3,291,000	389,135	291,677e	3,476,716	24,344	273,541e
1993	344,737	41,403	4,077,000	394,040	309,736e	3,511,850	20,564	283,672e
1994	947,729	96,576	3,549,000	422,149	327,795	3,623,516	48,223	293,803
1995	986,622	86,632	4,278,000	375,935	345,854	3,323,480	40,816	303,934
1996	997,857	98,869	4,378,000	374,285	334,862	6,441,571	42,655	324,680
1997	1,038,324	108,353	4,544,000	403,178	342,387	6,572,064	42,325	347,972
1998	1,142,033	87,664	4,693,245	399,724	359,081	7,348,214	42,621	389,998
1999	1,292,374	97,849	4,503,384	369,843	366,378	7,856,129	42,239	390,782
2000	1,380,261	100,742	4,240,682	380,115	386,597	7,972,466	45,695	389,682
2001	1,455,354	100,282	5,082,832	479,543	427,211	8,479,900	49,256	403,913
2002	1,544,651	113,906	4,565,157	507,377	455,816	8,529,853	47,119	427,771
2003	1,628,589	115,726	4,814,838	478,798	504,153	8,342,681	52,606	455,017
2004	1,633,365	117,532	5,099,605	500,373	382,593	7,977,676	62,301	537,139
2005	1,693,486	122,633	5,215,216	492,725	412,897	8,354,914	58,515	538,765
2006	1,728,158	130,888	4,966,631	494,428	415,544	8,591,611	56,076	495,431
2007	1,745,520	116,913	5,087,666	553,673	471,937	8,527,907	55,151	487,746
2008	1,825,063	123,340	5,465,459	553,198	453,270	8,344,162	56,643	475,990
2009	1,904,606e	129,767e	5,843,252e	566,124	433,589	8,160,417e	57,161	474,058
2010	1,984,149e	136,194e	6,221,045e	539,740	465,737	7,976,672e	70,099	504,657

Fuente: INEGI, Banco de Información Económica y Estadísticas históricas de México 2009  
e: Los datos fueron estimados (función polinomial)

CUADRO A.2.19  
Producción anual de bebidas alcohólicas (hectolitros)

Año	Vino blanco	Vino tinto	Vino espumoso	Cerveza	Bebidas*
1990	95,667	275,572	397,720e	38,734,050	1,321,430
1991	180,981	812,483	353,870e	41,092,500	1,441,550
1992	179,575	452,694	310,020e	42,262,350	1,369,630
1993	150,383	361,487	266,170e	43,780,380	1,284,740
1994	117,620	117,070	222,320	45,059,570	1,561,480
1995	133,510	84,620	178,470	44,204,830	1,437,970
1996	158,410	109,750	208,010	48,111,450	1,603,180
1997	175,680	130,990	251,410	51,315,040	1,766,230
1998	171,980	125,330	237,600	54,569,030	1,888,850
1999	198,260	99,390	260,610	57,904,780	1,936,140
2000	242,160	110,950	281,240	59,851,230	1,419,930
2001	78,760	60,440	300,360	61,631,880	1,213,990
2002	38,800	53,880	236,570	63,529,920	1,453,630
2003	40,110	51,440	264,450	65,461,560	1,209,550
2004	31,540	38,330	260,400	67,574,830	1,204,240
2005	48,440	52,690	240,290	72,029,540	1,336,320
2006	27,730	64,660	250,940	78,039,460	1,501,390
2007	15,420	38,030	94,031	80,509,850	1,667,680
2008	30,250	92,160	233,310	81,957,490	1,796,010
2009	30,340	93,240	229,020	83,405,130e	1,746,990
2010	36,520	81,410	235,110	84,863,715e	1,845,930

Fuente: INEGI, Banco de Información Económica.  
e: Los datos fueron estimados (función polinomial)  
\*: Bebidas alcohólicas sin especificar.

## ■ A.2.5 PRODUCCIÓN DE HALOCARBONOS(2E)

### A.2.5.1 EMISIONES COMO RESIDUOS O SUBPRODUCTOS (2E1)

Los datos de producción de HCFC-22 se obtuvieron del Sistema de Información y Seguimiento de Sustancias Agotadores de la Capa de Ozono

(SISSAO) de la SEMARNAT (ver Cuadro A.2.20).<sup>15</sup>

15. Ver <[http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet5e6c.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet5e6c.html)>.



De acuerdo con la información del proyecto Quimobásicos HFC Recovery and Destruction Project (plant 2), la proporción en la que se genera

HFC-23, a partir de la producción de HCFC-22, es de 2.44%.<sup>16</sup>

#### A.2.5.2 EMISIONES FUGITIVAS (2E2)

Los datos de actividad sobre la producción de HFC y PFC se obtuvieron de la información reportada al INE por las empresas Dupont México y Qui-

mobásicos. Para el periodo 1990-2010, ambas empresas reportaron no tener producción de HFC ni de PFC.

CUADRO A.2.20  
Producción de HFC-23 como subproducto de la producción de HCFC-22 (toneladas)

Año	Producción de HCFC-22	Producción de HFC-23	Año	Producción de HCFC-22	Producción de HFC-23
1990	2,514	66.4	2001	3,204	84.6
1991	2,918	77.0	2002	4,947	130.6
1992	1,872	49.4	2003	5,117	135.1
1993	2,875	75.9	2004	7,548	199.3
1994	2,298	60.7	2005	8,776	231.7
1995	2,141	56.5	2006	12,506	330.2
1996	5,394	142.4	2007	14,151	373.6
1997	5,515	145.6	2008	14,022	370.2
1998	4,337	114.5	2009	12,725	335.9
1999	5,981	157.9	2010	12,619 <sup>e</sup>	333.1
2000	4,311	113.8			

**Fuente:** SEMARNAT, Sistema de Información y Seguimiento de Sustancias Agotadores de la Capa de Ozono (SISSAO).  
**e:** Los datos fueron estimados (función polinomial)

16. *Quimobásicos HFC Recovery and Decomposition Project, Version 4.0 May 2006.* (Documento de diseño de proyecto para el Mecanismo por un Desarrollo Limpio). [http://cdm.unfccc.int/filestorage/C/R/F/CRFVZP3HKZRLQGI9TRPXWMK7OPFNRE.1/PDD\\_Quimobasicos\\_19Dec05bis.pdf?t=NEJ8bWphejVtfDDIKutx7j1vKIVqDtq6EJ5U](http://cdm.unfccc.int/filestorage/C/R/F/CRFVZP3HKZRLQGI9TRPXWMK7OPFNRE.1/PDD_Quimobasicos_19Dec05bis.pdf?t=NEJ8bWphejVtfDDIKutx7j1vKIVqDtq6EJ5U)

## ■ A.2.6 CONSUMO DE HALOCARBONOS Y HEXAFLUORURO DE AZUFRE (2F)

### A.2.6.1 CONSUMO DE HALOCARBONOS (2F1)

Los datos se obtuvieron de la información reportada al INECC por las empresas Dupont México y Quimobásicos. Ambas empresas reportaron no tener producción de HFC ni de PFC. Las impor-

taciones y exportaciones de HFC de estas empresas se muestran en los cuadros A.2.21 y A.2.22. Cabe señalar que estas empresas no importan ni exportan PFC.

CUADRO A.2.21  
Importaciones de HFC (toneladas)

Año	HFC -23	HFC -32	HFC -43-10	HFC -43-10 -mee	HFC -125	HFC -134a	HFC -143	HFC -143a	HFC -152a	HFC -227ea	HFC -236fa	HFC -245ea
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	294.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	378.61	0.00	0.00	1.77	0.00	0.00	0.00
1995	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	827.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,157.61	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00
1997	0.00	0.00	0.00	0.00	20.68	1,607.25	0.00	24.44	35.00	0.00	0.00	0.00
1998	0.06	0.00	0.00	0.00	27.88	2,047.50	0.00	32.04	28.00	0.00	0.00	0.00
1999	0.59	2.30	0.00	0.00	31.28	2,468.89	0.00	33.74	27.00	0.00	0.00	0.00
2000	0.33	5.57	0.00	0.00	44.20	3,451.19	0.00	44.35	21.00	0.00	0.00	0.00
2001	0.31	8.56	0.00	0.00	75.21	2,966.98	0.00	76.96	15.00	0.00	0.00	0.00
2002	0.08	11.73	0.00	0.00	98.90	3,225.38	0.00	100.35	48.00	0.00	0.00	0.00
2003	0.43	9.43	0.00	0.00	88.66	3,261.28	0.00	102.72	33.00	0.00	0.00	0.00
2004	0.49	13.24	0.00	0.00	114.69	3,034.94	3.01	119.62	27.33	0.54	0.54	0.00
2005	0.70	17.79	0.25	0.00	140.59	4,032.02	3.21	148.02	53.56	2.79	0.68	0.00
2006	0.98	107.37	0.00	0.38	273.44	5,879.40	4.81	191.59	76.58	0.54	0.00	0.00
2007	1.20	41.91	0.00	0.35	243.80	6,657.01	0.00	236.88	133.28	1.09	0.00	56.95
2008	0.95	94.14	0.00	0.33	334.72	7,299.02	0.00	281.15	120.50	4.36	0.00	26.83
2009	1.63	328.56	0.00	0.25	541.17	6,996.92	0.00	249.30	91.20	4.36	0.00	50.13
2010	1.09	928.32	0.00	0.71	1,181.58	7,986.71	0.00	298.12	58.13	3.27	0.00	43.86

Fuente: Dupont México y Quimobásicos.

CUADRO A.2.22  
Exportaciones de HFC (toneladas)

Año	HFC-23	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-152a
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	21.95	0.00	0.00
1995	0.00	0.00	0.00	11.08	0.00	0.00
1996	0.00	0.00	0.00	28.09	0.00	0.00
1997	0.00	0.00	1.41	65.79	1.66	4.70
1998	0.00	0.00	0.70	94.92	0.83	10.10
1999	0.00	0.00	2.95	144.08	3.48	4.40
2000	0.02	0.00	5.28	302.92	6.24	15.00
2001	0.00	0.05	6.57	306.40	7.69	9.00
2002	0.00	0.00	7.85	391.21	9.25	30.78
2003	0.00	0.09	4.72	386.04	5.33	26.80
2004	0.00	0.20	5.54	485.57	5.97	15.62
2005	0.01	0.39	11.95	394.28	12.92	18.07
2006	0.07	0.43	8.53	410.29	9.55	27.52
2007	0.02	0.24	10.36	421.24	11.95	22.82
2008	0.06	1.41	12.57	510.39	13.15	20.57
2009	0.00	0.23	6.40	631.84	7.30	21.22
2010	0.00	2.37	9.14	483.44	7.95	20.70

Fuente: Dupont México y Quimobásicos.

### A.2.6.2 CONSUMO DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE (2F2)

Los datos se obtuvieron de la información reportada al INE por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). El Cuadro A.2.23 muestra la carga de SF<sub>6</sub> en los equipos de la subdirección de transmisión de la CFE para el periodo 1990-2010.

CUADRO A.2.23  
Carga de SF<sub>6</sub> en equipos de la CFE (toneladas)

Año	Carga total de gas SF <sub>6</sub> en equipos que están en operación	Carga total de gas SF <sub>6</sub> en equipos nuevos	Total de SF <sub>6</sub>
1990	59	3	62
1991	63	4	67
1992	70	5	75
1993	77	7	84
1994	83	3	86
1995	86	3	89
1996	101	4	105
1997	105	3	108
1998	107	4	111
1999	110	5	115
2000	115	4	119
2001	120	5	125
2002	136	10	146
2003	153	10	163
2004	169	7	176
2005	180	11	191
2006	185	5	190
2007	217	17	234
2008	222	8	230
2009	223	3	226
2010	248	12	260

Fuente: CFE, Subdirección de Transmisión.

## A.3 AGRICULTURA

### ■ A.3.1 NÚMERO DE CABEZAS DE ANIMALES EN MÉXICO EN EL PERIODO DE 1990-2010\*

CUADRO A.3.1  
Número de cabezas de animales en México en el periodo de 1990-2010\*

Año	Bovino (lechero)	Bovino (carne)	Ovino	Caprino	Caballos <sup>#</sup>	Mulas y asnos <sup>#</sup>	Porcino	Aves
1990	1,486,825	32,054,300	5,846,000	10,438,999	2,868,812	2,465,998	15,203,000	123,593,562
1991	1,510,299	31,822,776	6,071,182	10,051,386	2,904,594	2,276,126	13,959,197	126,600,606
1992	1,540,036	31,158,115	6,118,516	9,736,191	2,806,090	2,184,831	13,770,337	125,798,945
1993	1,632,552	30,341,688	6,367,116	10,377,844	2,707,585	2,093,536	16,191,641	181,847,427
1994	1,618,376	30,150,788	6,457,565	10,259,292	2,609,081	2,002,242	16,293,588	175,399,961
1995	1,682,708	29,637,220	6,194,762	10,133,013	2,510,577	1,910,947	15,923,343	200,513,108
1996	1,693,556	28,601,344	6,183,610	9,566,691	2,412,072	1,819,652	15,405,296	203,546,336
1997	1,720,568	29,051,098	6,272,018	8,923,300	2,313,568	1,728,357	15,734,863	222,332,323
1998	1,813,588	29,245,912	5,804,405	9,039,907	2,215,063	1,637,062	14,971,532	215,005,302
1999	1,863,977	28,313,158	5,948,764	9,068,435	2,116,559	1,545,768	15,360,833	226,875,033
2000	2,074,517	28,449,218	6,045,999	8,704,231	2,018,055	1,454,473	15,390,507	229,408,582
2001	2,140,130	28,480,803	6,164,757	8,701,861	1,919,550	1,363,178	15,269,363	242,268,043
2002	2,182,672	29,224,283	6,417,080	9,130,350	1,821,046	1,271,883	15,122,885	251,795,413
2003	2,169,669	29,306,931	6,819,771	8,991,752	1,722,542	1,180,588	14,625,199	264,178,375
2004	2,234,246	29,013,488	7,082,776	8,852,564	1,624,037	1,089,293	15,176,822	275,859,463
2005	2,197,346	28,792,622	7,207,406	8,870,312	1,525,533	997,999	15,206,310	298,062,673
2006	2,221,686	28,941,438	7,287,446	8,890,384	1,427,028	906,704	15,257,386	303,639,371
2007	2,304,605	29,091,311	7,478,493	8,885,115	1,328,524	815,409	15,273,731	310,249,280
2008	2,340,903	29,420,059	7,757,267	8,952,144	1,230,020	724,114	15,230,631	316,165,536
2009	2,344,475	29,962,595	8,018,411	8,989,262	1,131,515	632,819	15,267,985	319,689,599
2010	2,374,623	30,267,511	8,105,562	8,993,221	1,033,011	541,525	15,435,412	324,457,193

Fuente: SIACON, 1990 al 2010.

\*: La metodología del PICC solicita información sobre el número de camellos y búfalos de agua, en México la presencia de estas especies es poco representativa, por tanto no se incluyen en el Inventario.

#: El número de caballos mulas y asnos corresponde a los censos ejidal, agrícola y pecuario de 1991 y 2007 del INEGI. Los valores para años distintos a los de los censos se estimaron a partir de los resultados de los censos agropecuarios de 1991 y 2007 (ver Anexo A.3.2).

### ■ A.3.2 ESTIMACIÓN DE LAS POBLACIONES DE GANADO EQUINO EN EL PERIODO 1990-2010

Debido a la carencia de información en cuanto al número de caballos, mulas y asnos en la base de datos del SIACON, se tomaron como referencia los censos agrícola, ganadero y forestal de 1991 y

2007 del INEGI. Con dichas cifras se realizó una extrapolación de datos, mediante una regresión lineal, a fin de obtener los valores intermedios para el periodo 1990-2010.

FIGURA A.3.1  
Número de caballos reportados por los censos ganaderos en México (INEGI, 2009)

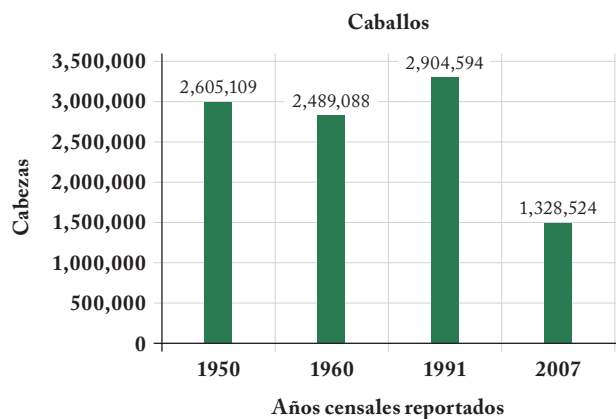
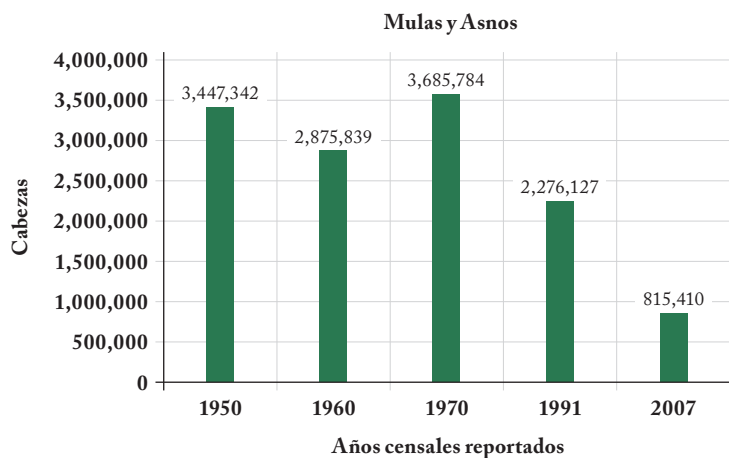


FIGURA A.3.2  
Número de mulas y asnos reportados por los censos ganaderos en México (INEGI, 2009)



### ■ A.3.3 SUPERFICIE (HA) DE ARROZ COSECHADA PARA EL PERIODO 1990-2010 EN MÉXICO

CUADRO A.3.2  
Superficie (ha) de arroz cosechada para el periodo 1990-2010 en México

Año	Superficie de arroz cosechada (ha)		
	Riego	Temporal	Total
1990	52,781	52,621	105,402
1991	44,353	40,437	84,790
1992	56,657	33,763	90,420
1993	26,690	32,249	58,939
1994	39,720	48,081	87,801
1995	41,889	36,552	78,441
1996	38,319	48,478	86,797
1997	52,324	61,174	113,498
1998	38,330	63,236	101,567
1999	33,361	46,367	79,728
2000	33,159	50,909	84,068
2001	18,801	34,430	53,231
2002	18,388	32,068	50,457
2003	23,509	36,534	60,043
2004	24,725	37,664	62,389
2005	29,183	28,295	57,479
2006	27,540	42,929	70,469
2007	25,709	45,239	70,948
2008	19,840	30,445	50,285
2009	26,080	28,169	54,250
2010	26,831	14,916	41,747

Fuente: SIACON (SIAP-SAGARPA, 2011).

### ■ A.3.4 CONSUMO NACIONAL DE FERTILIZANTES SINTÉTICOS DURANTE EL PERIODO 1990-2010 EN MÉXICO

Cuantificar el consumo de fertilizantes nitrogenado es necesario para estimar las emisiones de óxido nítrico; se presentan los valores de FAOSTAT,

adaptados a las unidades requeridas por la metodología del PICC, 1996.

CUADRO A.3.3  
Consumo nacional de fertilizantes sintéticos durante el periodo 1990-2010 en México

Año	Consumo en t métricas	Conversión a kg	kg de N*
1990	1,484,026	1,484,026,490	511,989,139
1991	1,273,377	1,273,376,960	439,315,051
1992	1,355,829	1,355,829,000	467,761,005
1993	1,315,043	1,315,043,900	453,690,145
1994	1,303,359	1,303,359,520	449,659,034
1995	1,156,312	1,156,312,700	398,927,881
1996	1,330,917	1,330,917,020	459,166,371
1997	1,319,453	1,319,453,100	455,211,319
1998	1,472,672	1,472,672,800	508,072,116
1999	1,432,990	1,432,990,000	494,381,550
2000	1,479,286	1,479,286,600	510,353,877
2001	1,514,670	1,514,670,430	522,561,298
2002	1,296,745	1,296,745,720	447,377,273
2003	1,356,707	1,356,707,373	468,064,043
2004	1,390,131	1,390,130,966	479,595,183
2005	1,369,822	1,369,822,087	472,588,620
2006	1,300,197	1,300,197,624	448,568,180
2007	1,317,984	1,317,984,285	454,704,578
2008	1,222,835	1,222,835,402	421,878,213
2009	1,424,609	1,424,609,045	491,490,120
2010	1,423,155	1,423,155,636	490,988,694

\* Se calculó el contenido de nitrógeno por kilogramo de fertilizante, tomando como referencia el valor de 34.5% de nitrógeno por kg de fertilizante, que es el valor de la media nacional.



### A.3.5 PRODUCCIÓN DE CULTIVOS FIJADORES DE NITRÓGENO EN EL PERIODO 1990-2010 EN MÉXICO

Se tomaron los datos de 14 especies fijadoras de nitrógeno con la serie completa de datos del año 1990 al 2010.

CUADRO A.3.4  
Producción de cultivos fijadores de nitrógeno en el periodo 1990-2010 en México

Nombre común	Nombre científico	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Alfalfa achicalada	( <i>Medicago sativa</i> L.)	873,251	956,305	1,131,047	975,874	1,046,474	858,834	782,532
Alfalfa verde	( <i>Medicago sativa</i> L.)	14,281,661	14,176,891	12,377,915	13,895,757	15,889,711	15,574,253	16,232,939
Arvejón	( <i>Pisum sativum</i> L.)	2,662	2,310	2,772	2,484	2,557	2,082	2,474
Cacahuete	( <i>Arachis hypogaea</i> L.)	99,258	115,300	119,121	82,600	80,136	91,453	112,317
Chicharo	( <i>Pisum sativum</i> L.)	45,413	39,939	45,258	36,265	35,734	39,894	56,766
Ejote	( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	38,674	47,993	50,418	36,898	41,594	55,083	63,039
Frijol (total)	( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	1,287,364	1,378,519	718,574	1,287,573	1,364,239	1,270,915	1,349,202
Garbanzo forrajero	( <i>Cicer arietinum</i> L.)	18,014	51,443	64,427	75,472	60,034	51,167	55,637
Garbanzo grano blanco	( <i>Cicer arietinum</i> L.)	162,133	143,138	48,560	107,421	79,644	116,077	223,112
Haba grano	( <i>Vicia faba</i> L.)	17,437	25,773	22,041	7,805	7,510	16,850	8,564
Haba verde	( <i>Vicia faba</i> L.)	31,865	22,778	33,290	46,628	42,463	40,297	55,674
Lenteja	( <i>Lens culinaris</i> Medik.)	20,217	12,225	6,737	9,706	10,109	11,509	8,243
Soya	( <i>Glycine max</i> (L.) Merr.)	575,366	724,969	593,540	497,566	522,583	189,774	56,074
Trébol	( <i>Trifolium pratense</i> L.)	24,059	25,424	14,864	16,155	7,579	20,632	4,101
	<b>Total</b>	<b>17,477,374</b>	<b>17,723,007</b>	<b>15,228,564</b>	<b>17,078,204</b>	<b>19,190,367</b>	<b>18,338,820</b>	<b>19,010,673</b>

CUADRO A.3.4 (CONTINUA)  
Producción de cultivos fijadores de nitrógeno en el periodo 1990-2010 en México

Nombre común	Nombre científico	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Alfalfa achicalada	( <i>Medicago sativa</i> L.)	1,095,722	1,053,988	1,112,611	1,222,068	1,310,017	1,343,904	1,391,345
Alfalfa verde	( <i>Medicago sativa</i> L.)	15,991,893	14,864,781	15,913,516	17,039,349	18,397,464	19,508,355	19,355,612
Arvefón	( <i>Pisum sativum</i> L.)	2,377	1,330	2,678	3,293	4,166	3,626	8,212
Cacahuete	( <i>Arachis hypogaea</i> L.)	137,200	130,603	131,626	142,216	119,520	74,643	91,616
Chicharo	( <i>Pisum sativum</i> L.)	45,711	40,471	51,211	46,716	48,015	43,850	44,472
Ejote	( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	67,305	49,941	78,174	77,677	91,697	104,988	96,387
Frijol (total)	( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	965,056	1,260,658	1,059,156	887,868	1,062,973	1,549,091	1,414,904
Garbanzo forrajero	( <i>Cicer arietinum</i> L.)	42,594	41,705	59,542	70,355	78,642	60,589	93,749
Garbanzo grano blanco	( <i>Cicer arietinum</i> L.)	201,118	98,469	197,626	226,739	323,566	235,053	142,782
Haba grano	( <i>Vicia faba</i> L.)	5,962	3,233	9,019	17,422	19,719	27,779	26,730
Haba verde	( <i>Vicia faba</i> L.)	53,536	49,925	58,277	53,207	52,564	58,226	53,793
Lenteja	( <i>Lens culinaris</i> Medik.)	8,087	2,954	8,641	9,241	2,873	8,518	4,008
Soya	( <i>Glycine max</i> (L.) Merr.)	184,526	150,296	132,824	102,314	121,671	86,500	126,006
Trébol	( <i>Trifolium pratense</i> L.)	2,556	4,327	3,678	2,830	3,475	5,546	12,573
	<b>Total</b>	<b>18,803,642</b>	<b>17,752,680</b>	<b>18,818,577</b>	<b>19,901,297</b>	<b>21,636,363</b>	<b>23,110,668</b>	<b>22,862,190</b>

CUADRO A.3.4 (CONTINUÁ)  
Producción de cultivos fijadores de nitrógeno en el periodo 1990-2010 en México

Nombre común	Nombre científico	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alfalfa achicalada	( <i>Medicago sativa</i> L.)	1,520,868	1,536,884	1,635,643	2,033,974	2,132,430	2,269,183	2,178,083
Alfalfa verde	( <i>Medicago sativa</i> L.)	18,591,341	19,615,494	19,841,603	18,737,756	18,679,578	18,148,772	18,220,147
Arvejo	( <i>Pisum sativum</i> L.)	4,210	1,811	3,803	4,010	1,800	2,033	1,970
Cacahuete	( <i>Arachis hypogaea</i> L.)	98,940	72,853	68,243	82,809	80,735	85,502	81,485
Chicharo	( <i>Pisum sativum</i> L.)	53,717	53,392	64,694	52,052	52,112	47,652	51,642
Ejote	( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	110,236	97,447	99,147	96,939	100,911	76,254	84,287
Frijol (total)	( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	1,163,434	826,892	1,385,965	994,603	1,111,797	1,041,769	1,157,195
Garbanzo forrajero	( <i>Cicer arietinum</i> L.)	43,698	58,317	37,674	49,103	42,353	27,731	34,857
Garbanzo grano blanco	( <i>Cicer arietinum</i> L.)	104,527	133,976	162,382	148,495	164,605	132,496	131,895
Haba grano	( <i>Vicia faba</i> L.)	20,262	21,224	22,669	25,439	27,363	18,476	20,485
Haba verde	( <i>Vicia faba</i> L.)	56,737	50,587	50,612	61,881	55,175	63,284	57,782
Lenteja	( <i>Lens culinaris</i> Medik.)	6,632	7,711	7,008	9,037	8,162	6,495	2,712
Soya	( <i>Glycine max</i> (L.) Merr.)	133,347	187,016	81,113	88,371	153,022	120,942	167,666
Trebol	( <i>Trifolium pratense</i> L.)	20,006	8,078	7,105	3,150	2,234	1,710	1,850
	<b>Total</b>	<b>21,927,956</b>	<b>22,671,682</b>	<b>23,467,660</b>	<b>22,387,619</b>	<b>22,612,276</b>	<b>22,042,300</b>	<b>22,192,055</b>

### ■ A.3.6 SUPERFICIES SEMBRADAS, COSECHADAS Y VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL PERIODO 1990-2010 EN MÉXICO

CUADRO A.3.5  
Superficies sembradas, cosechadas y volumen de producción de caña de azúcar en el periodo 1990-2010 en México

Año	Hectáreas		Toneladas
	Superficie cultivada	Superficie cosechada	Volúmen de producción
1990	678,307	571,340	39,919,367
1991	642,782	546,994	38,433,992
1992	641,048	558,179	41,696,601
1993	621,172	561,686	42,930,960
1994	629,079	587,544	40,586,770
1995	632,982	573,049	44,452,954
1996	688,423	633,614	45,080,648
1997	680,509	624,891	45,219,512
1998	709,392	647,088	47,951,361
1999	709,719	659,826	45,799,575
2000	684,860	635,475	42,866,623
2001	667,064	643,593	46,329,203
2002	681,542	649,514	46,309,336
2003	700,579	662,235	48,158,511
2004	717,752	668,437	49,249,942
2005	728,521	690,017	52,519,027
2006	737,092	682,514	50,890,852
2007	745,745	709,222	52,876,430
2008	758,580	710,584	51,931,329
2009	737,629	710,585	49,492,695
2010	756,258	725,003	51,296,910

FIGURA A.3.3  
**Superficies sembradas y cosechadas de producción de caña de azúcar  
 en el período 1990-2010 en México**

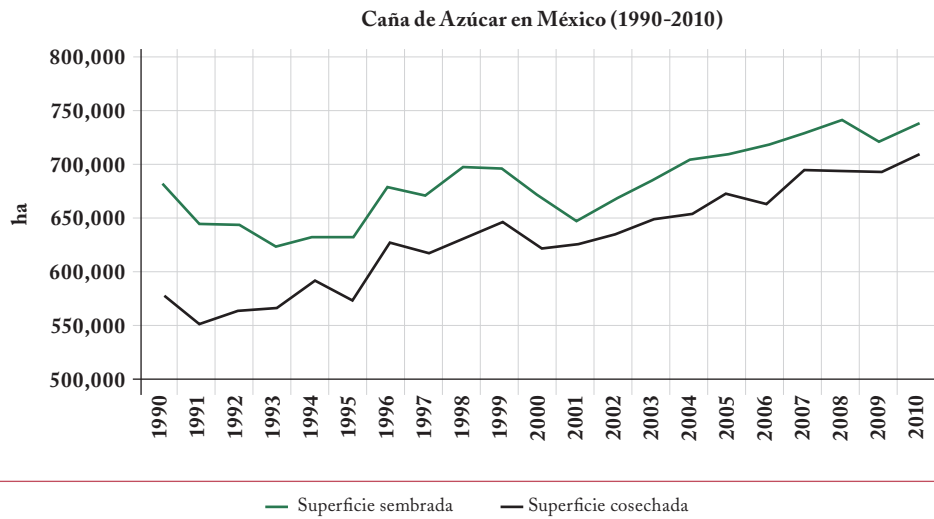
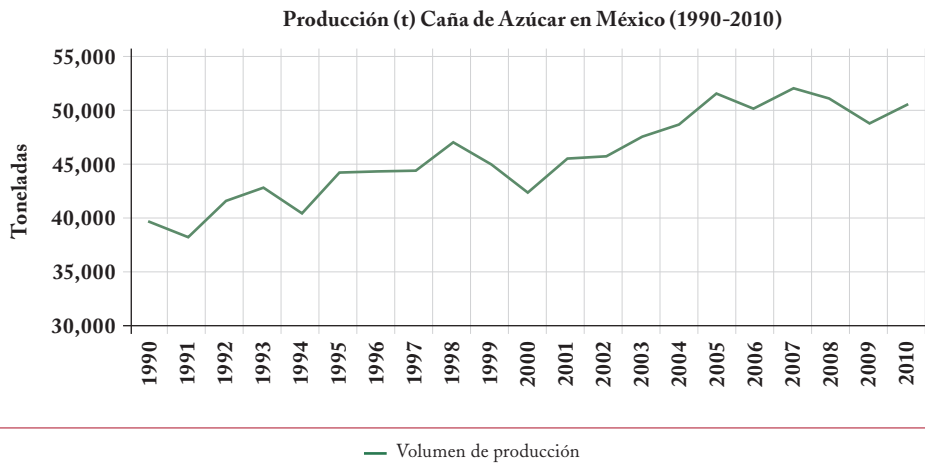


FIGURA A.3.4  
**Volumen de producción de caña de azúcar en el período 1990-2010 en México**



## A.4 USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA

### ■ CLASIFICACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

CUADRO A.4.1  
Principales clases de cobertura vegetal de México

Acuícola	Matorral Rosetófilo Costero	Selva Baja Caducifolia
Agricultura	Matorral Sarcocaula	Selva Baja Espinoza Caducifolia
Áreas desprovistas de Vegetación	Matorral Sarco-Crasicaula	Selva Baja Perennifolia
Bosque de Ayarín	Matorral Sarco-Crasicaula de Neblina	Selva Baja Subcaducifolia
Bosque de Cedro	Matorral Submontano	Selva Baja Subperennifolia
Bosque de Encino	Matorral Subtropical	Selva de Galería
Bosque de Encino-Pino	Mezquital	Selva Espinoza Subperennifolia
Bosque de Galería	Países Extranjeros	Selva Mediana Caducifolia
Bosque de Oyamel	Palmar	Selva Mediana Perennifolia
Bosque de Pino	Pastizal Gipsófilo	Selva Mediana Subcaducifolia
Bosque de Pino-Encino	Pastizal Halófilo	Selva Mediana Subperennifolia
Bosque de Tásate	Pastizal Inducido	Tular
Bosque Inducido	Pastizal Natural	Vegetación de Desiertos Arenosos
Cuerpo de Agua	Popal	Vegetación de Dunas Costeras
Matorral Crasicaula	Pradera de Alta Montaña	Vegetación de Galería
Matorral de Coníferas	Sabana	Vegetación de Peten
Matorral Desértico Micrófilo	Sabanoide	Vegetación Gipsófila
Matorral Desértico Rosetófilo	Selva Alta Perennifolia	Vegetación Halófila
Matorral Espinoso Tamaulipeco	Selva Alta Subperennifolia	Zona Urbana y Asentamientos

## ■ DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA

La densidad básica de la madera se utiliza para estimar la biomasa de cada tipo de vegetación.

CUADRO A.4.2  
Densidad básica de la madera por ecosistema en México

Tipo de Vegetación	Promedio de Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Tipo de Vegetación	Promedio de Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Bosque de coníferas	0.512	Matorral xerófilo	0.691
Bosque de Quercus	0.685	Otros Tipos de Vegetación	0.607
Bosque espinoso	0.666	Pastizal	0.695
Bosque mesófilo de montaña	0.611	Vegetación acuática y subacuática/ bosque de galería	0.577
Bosque Tropical Caducifolio	0.620	Vegetación acuática y subacuática/manglar	0.820
Bosque Tropical perennifolio	0.599	Vegetación acuática y subacuática/popal	0.460
Bosque Tropical Subcaducifolio	0.578		

Fuente: INE-SEMARNAT, 2006.

## ■ SUPERFICIE BAJO MANEJO FORESTAL

CUADRO A.4.3  
Superficie bajo manejo forestal por tipo de vegetación para el periodo comprendido de 1990 al 2010

Tipo de Vegetación	Superficie en K ha	Tipo de Vegetación	Superficie en K ha
Bosque de coníferas-primario	2,050.0	Selva espinosa-secundario	18.55
Bosque de coníferas-secundario	620.51	Selva perennifolia-primario	194.30
Bosque de encino-primario	1,622.06	Selva perennifolia-secundario	361.08
Bosque de encino-secundario	561.44	Selva subcaducifolia-primario	29.49
Selva caducifolia-primario	115.79	Selva subcaducifolia-secundario	156.13
Selva caducifolia-secundario	157.30	Matorral xerófilo s-primario	289.64
Selva espinosa-primario	11.21	Matorral xerófilo s-secundario	51.51
	<b>Total</b>		<b>6,239.01</b>

Fuente: de Jong *et al.*, 2009.

■ CRECIMIENTO MEDIO ANUAL DE BIOMASA POR REGENERACIÓN NATURAL EN CADA CLASE REGISTRADA

CUADRO A.4.4

Crecimiento medio anual de biomasa en  $t\ ms\ ha^{-1}$ , por regeneración natural y por clase o tipo de vegetación adecuado para el inventario

Tipo de Vegetación	Rango medio anual de crecimiento ( $t\ ms\ ha^{-1}$ )
Bosque de coníferas	1.4
Bosque de coníferas secundarios	1.4
Bosque de encino Primario	2.2
Bosque de encino Secundario	2.2
Selva caducifolia Primario	1.7
Selva caducifolia Secundario	1.7
Selva Espinoza Primario	1.7
Selva Espinoza Secundario	1.7
Selva perennifolia Primario	1.7
Selva perennifolia Secundario	1.7
Selva Subcaducifolia Primario	2.0
Selva Subcaducifolia Secundario	2.0
Matorral Xerófilo Primario	1.5
Matorral Xerófilo Secundario	1.5

Fuente: Masera *et al.*, 1995; De Jong *et al.*, 2010.

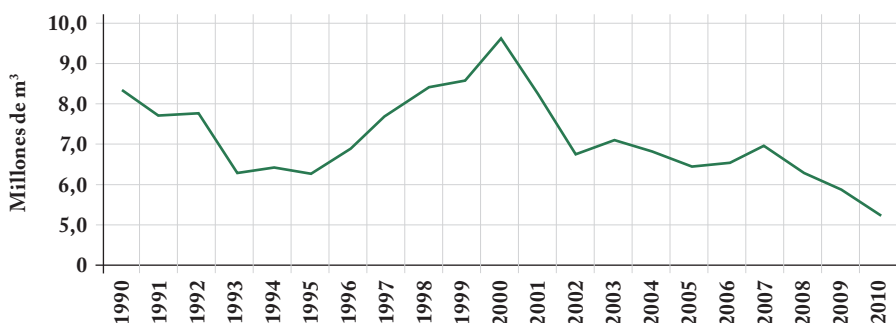


## ■ PRODUCCIÓN FORESTAL EN MÉXICO

La producción forestal de los bosques bajo manejo, es un dato clave en el balance de emisiones y captura de carbono en los INEGEI. Se revisó la

información proveniente de los Anuarios Estadísticos de la Producción Forestal de 1990 a 2009 (Figura A.4.1).

FIGURA A.4.1  
Producción Forestal en Millones de m<sup>3</sup>



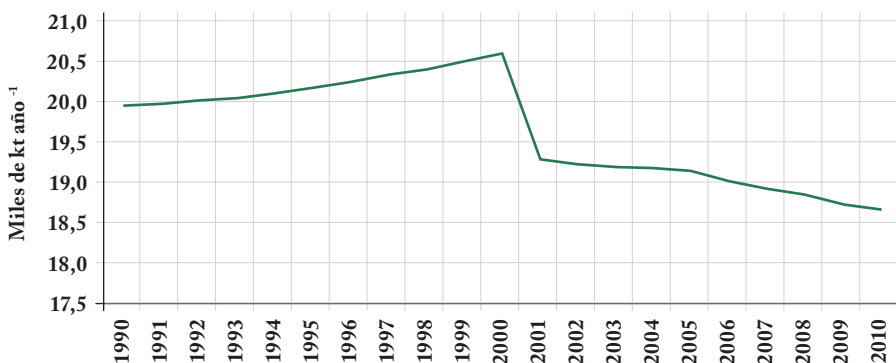
Fuente: Elaboración propia con información de los Anuarios Estadísticos de la producción forestal (SEMARNAT, 2011).

## ■ CONSUMO TRADICIONAL DE LEÑA

La leña es todavía el principal combustible residencial, ya que suministra aproximadamente el 40% de la energía total utilizada, y aporta el 80% de la energía usada en los hogares rurales. Se toma

como base la información de SENER (2011), donde se reporta un consumo promedio de leña para el periodo 1990-2010 de 19,596 kt dm (Figura A.4.2).

FIGURA A.4.2  
Consumo tradicional de leña



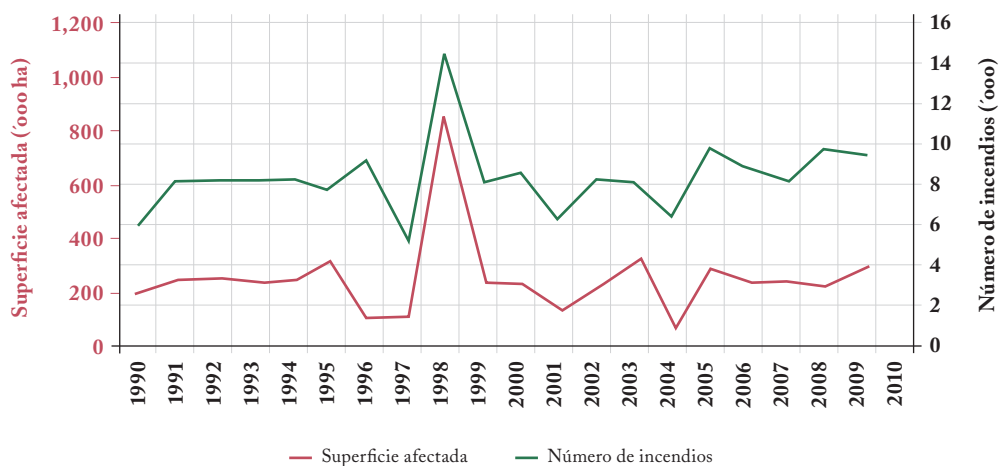
Fuente: SENER, 2011.

## ■ INCENDIOS FORESTALES

A partir de la revisión histórica de los datos de incendios forestales (CONAFOR, 2012), se presentan mapas señalando el número de incendios anuales por entidad federativa desde el año de 1970 hasta 2009.

En México cada año se presentan incendios forestales de diversas magnitudes, de acuerdo con las condiciones climáticas y meteorológicas.

FIGURA A.4.3  
Incendios registrados para el período 1990-2010



Fuente: CONAFOR, 2012.

## A.5 DESECHOS

### ■ A.5.1 ELIMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS [A]

Los datos de generación, disposición final y composición de los desechos sólidos fueron proporcionados por la Sedesol.

La cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) depositados en cada uno, de acuerdo a la información de la Sedesol, es:

Los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS) considerados fueron:

- Rellenos sanitarios.
- Sitios controlados, que sin ser rellenos sanitarios, cuentan con algún tipo de control.
- Sitios no controlados o tiraderos a cielo abierto.

CUADRO A.5.1  
Disposición final de residuos sólidos

Año	Total de RSU generados	Disposición final	Rellenos sanitarios	Rellenos de tierra controlado	Sitios no controlados (tiraderos a cielo abierto)
	Gg de residuos				
1992	21,967.5	21,450.1	4,641.8	2,710.1	14,098.1
1993	28,089.5	27,427.6	4,935.2	2,833.3	19,659.1
1994	29,472.4	28,777.9	5,058.6	2,915.4	20,803.9
1995	30,509.6	29,790.6	5,952.0	2,555.0	21,283.6
1996	31,959.4	31,206.2	8,573.0	2,606.0	20,027.2
1997	29,272.4	28,582.6	10,270.0	1,657.5	16,655.1
1998	30,550.5	29,830.6	15,877.1	1,007.5	12,945.9
1999	30,952.0	30,222.6	16,428.7	507.5	13,286.4
2000	30,733.0	30,008.7	14,490.5	2,421.8	13,096.5

CUADRO A.5.1 (CONTINUA)  
**Disposición final de residuos sólidos**

Año	Total de RSU generados	Disposición final	Rellenos sanitarios	Rellenos de tierra controlado	Sitios no controlados (tiraderos a cielo abierto)
	Gg de residuos				
2001	31,488.6	30,746.5	15,252.7	3,351.9	12,141.9
2002	32,173.6	31,393.1	15,579.9	3,630.9	12,182.4
2003	32,915.7	32,095.1	17,431.0	3,709.3	10,954.8
2004	34,602.0	33,706.8	18,586.3	3,718.7	11,401.8
2005	35,405.0	34,255.0	18,832.4	4,078.6	11,344.0
2006	36,135.0	34,959.0	19,772.1	3,763.5	11,423.4
2007	36,865.0	35,662.8	20,846.6	3,844.9	10,971.3
2008	37,595.0	36,248.2	21,822.6	3,545.6	10,880.0
2009	38,325.0	36,825.0	22,175.1	3,924.9	10,725.0
2010	40,058.8	38,363.8	24,910.4	3,330.0	10,123.4

Fuente: Información proporcionada por la Sedesol, 2012.

Los datos de composición de los RSU para el mismo intervalo de tiempo se observan en el Cuadro A.5.2.

El modelo de descomposición de primer orden (FOD) requiere que la información sobre la composición de los residuos sea la siguiente:

- Residuos de alimentos
- Residuos de jardín
- Papel
- Madera
- Textiles
- Pañales
- Plásticos y otros inertes

A fin de homologar la clasificación de los residuos de la Sedesol y la de la metodología, se hicieron las consideraciones siguientes:

La clasificación de la Sedesol tiene 7 categorías, como se observa en el Cuadro A.5.3, las cuales son:

- Papel, cartón, productos de papel
- Textiles
- Plásticos
- Vidrios
- Metales
- Basura de comida, jardines y otros orgánicos
- Otros (material de demolición, pañales, etc.)

CUADRO A.5.2  
Composición de los RSU para la serie 1992-2010

Año	Total de RSU generados (Gg)	Generación anual per cápita (kg)	Papel, cartón, productos de papel	Textiles	Plásticos	Vidrios	Metales	Basura de comida, jardines y otros materiales orgánicos	Otro tipo de basura (material de demoliciones, pañal desechable, etc.)
1992	21,967.5	250.2	3,090.8	327.3	962.2	1,296.1	636.0	11,512.0	4,143.2
1993	28,089.5	320.0	3,952.2	418.5	1,230.3	1,657.3	814.6	14,718.9	5,297.7
1994	29,472.4	325.7	4,146.8	439.1	1,290.9	1,738.9	854.7	15,443.6	5,558.5
1995	30,509.6	334.8	4,292.7	454.6	1,336.3	1,800.1	884.8	15,987.0	5,754.1
1996	31,959.4	342.8	4,496.7	476.2	1,399.8	1,885.6	926.8	16,746.7	6,027.5
1997	29,272.4	305.8	4,118.6	436.2	1,282.1	1,727.1	848.9	15,338.8	5,520.8
1998	30,550.5	310.9	4,298.5	455.2	1,338.1	1,802.5	886.0	16,008.5	5,761.8
1999	30,952.0	306.8	4,354.9	461.2	1,355.7	1,826.2	897.6	16,218.8	5,837.5
2000	30,733.0	315.7	4,324.1	457.9	1,346.1	1,813.2	891.3	16,104.1	5,796.2
2001	31,488.6	319.0	4,430.4	469.2	1,379.2	1,857.8	913.2	16,500.0	5,938.7
2002	32,173.6	321.4	4,526.8	479.4	1,409.2	1,898.2	933.0	16,859.0	6,067.9
2003	32,915.7	324.1	4,904.5	497.0	2,014.4	2,156.0	1,046.7	16,592.8	5,704.3
2004	34,602.0	328.5	5,160.0	520.1	2,115.8	2,210.0	1,160.0	17,440.0	5,996.1
2005	35,405.0	332.6	5,275.0	530.0	2,161.8	2,262.0	1,186.1	17,968.0	6,022.0
2006	36,135.0	336.0	5,388.0	542.0	2,208.0	2,309.0	1,210.0	18,335.0	6,143.0
2007	36,865.0	348.6	5,489.3	552.0	2,223.0	2,341.0	1,298.0	18,576.0	6,385.7
2008	37,595.0	352.4	5,199.4	537.6	4,094.1	2,210.6	1,293.2	19,707.3	4,552.8
2009	38,325.0	356.3	5,300.4	548.0	4,173.6	2,253.5	1,318.3	20,090.0	4,641.2
2010	40,058.8	356.6	5,540.2	572.8	4,362.4	2,355.5	1,377.9	20,998.8	4,851.2

Fuente: Información proporcionada por la Sedesol, 2012.

La clasificación de la Sedesol de basura de comida, jardines y otros orgánicos, se dividió en una relación 79% para residuos de alimentos, 20% para residuos de jardines y 1% como residuos de madera. Los textiles se consideraron de igual manera en ambas clasificaciones. Los plásticos, vidrios y metales de la clasificación de la Sedesol, se consideraron en plásticos y otros inertes de la metodología, y se agregó la mitad de los residuos clasificados como otro tipo de basura por la Sedesol, el resto se consideraron dentro de pañales para ho-

mologar con la metodología. Papel, cartón y productos de papel se consideraron en su totalidad como papel.

La metodología requiere información para una serie de tiempo mayor, por lo que se realizaron estimaciones para determinar la disposición de RSU para la serie de tiempo 1950-1991, con datos por defecto del PICC para la región de América del Norte; la serie de tiempo 1950-2010 se encuentra en el Cuadro A.5.3.

CUADRO A.5.3  
**Datos de actividad de los RSU para ser usado en el software del PICC 2006**

Año	Población		Residuos per cápita		Total de RSU		% a SEDS		Comida		Jardín		Papel		Madera		Textil		Pañales		Plásticos, otros inertes		Total	
	millones	kg/cap/año	Gg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	(=100%)
1950	25.791	135.0	3,481.79	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1951	26.585	138.0	3,668.70	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1952	27.403	140.0	3,836.41	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1953	28.246	143.0	4,039.22	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1954	29.116	146.0	4,250.88	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1955	30.012	149.0	4,471.75	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1956	30.935	152.0	4,702.18	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1957	31.887	155.0	4,942.55	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1958	32.869	158.0	5,193.27	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1959	33.880	161.0	5,454.75	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1960	34.923	164.0	5,727.39	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1961	36.069	167.0	6,023.46	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1962	37.252	170.0	6,332.78	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1963	38.473	173.0	6,655.91	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1964	39.735	177.0	7,033.17	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1965	41.039	180.0	7,386.97	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1966	42.385	184.0	7,798.80	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1967	43.775	187.0	8,185.92	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1968	45.211	191.0	8,635.26	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1969	46.694	195.0	9,105.27	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						
1970	48.225	199.0	9,596.82	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	23%	6%	4%	0%	0%	33%	100%						

Fuente: Elaboración propia empleando el software del PICC 2006.

CUADRO A.5.3 (CONTINUA)  
**Datos de actividad de los RSU para ser usado en el software del PICC 2006**

Año	Residuos		Total de RSU	% a SEDS	Comida	Jardín	Papel	Madera	Textil	Pañales	Plásticos, otros inertes		Total (=100%)
	Población millones	kg/cap/año									Gg	%	
1971	49.826	202.0	10,064.83	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1972	51.480	206.0	10,604.81	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1973	53.188	210.0	11,169.55	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1974	54.954	214.0	11,760.09	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1975	56.778	219.0	12,434.31	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1976	58.662	223.0	13,081.67	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1977	60.609	227.0	13,758.30	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1978	62.621	232.0	14,528.06	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1979	64.699	236.0	15,269.06	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1980	66.847	241.0	16,110.09	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1981	68.164	245.0	16,700.17	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1982	69.507	250.0	17,376.77	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1983	70.877	250.0	17,719.16	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1984	72.273	250.0	18,068.29	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1985	73.697	250.0	18,424.31	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1986	75.149	250.0	18,787.34	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1987	76.630	250.0	19,157.52	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1988	78.140	250.0	19,535.00	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1989	79.680	250.0	19,919.91	58%	34%	0%	23%	6%	4%	0%	33%	100%	
1990	81.250	260.2	21,141.16	33%	34%	8%	12%	1%	1%	4%	41%	100%	

Fuente: Elaboración propia empleando el software del PICC 2006.

CUADRO A.5.3 (CONTINUA)  
**Datos de actividad de los RSU para ser usado en el software del PICC 2006**

Año	Población millones	Residuos per cápita kg/cap/año	Total de RSU Gg	% a SEDS	Comida	Jardín	Papel	Madera	Textil	Pañales	Plásticos, otros inertes	Total (=100%)
1991	83.141	255.1	21,209.33	33%	34%	8%	14%	1%	1%	4%	41%	100%
1992	85.077	250.2	21,286.23	33%	42%	11%	14%	1%	2%	3%	28%	100%
1993	87.058	320.0	27,858.41	28%	42%	11%	14%	1%	2%	3%	28%	100%
1994	89.084	325.7	29,014.76	27%	42%	11%	14%	1%	2%	3%	28%	100%
1995	91.158	334.8	30,519.80	28%	42%	11%	14%	1%	2%	3%	28%	100%
1996	92.390	342.8	31,671.15	35%	42%	11%	14%	1%	2%	3%	28%	100%
1997	93.638	305.8	28,634.36	41%	42%	11%	14%	1%	2%	3%	28%	100%
1998	94.902	310.9	29,505.14	55%	42%	11%	14%	1%	2%	6%	26%	100%
1999	96.184	306.8	29,509.32	55%	42%	11%	14%	1%	2%	6%	26%	100%
2000	97.483	315.7	30,775.51	55%	42%	11%	14%	1%	2%	6%	26%	100%
2001	98.613	319.0	31,457.52	59%	42%	11%	14%	1%	2%	6%	26%	100%
2002	99.756	321.4	32,061.43	60%	42%	11%	15%	1%	2%	6%	26%	100%
2003	100.911	324.1	32,705.38	64%	40%	10%	15%	1%	2%	6%	27%	100%
2004	102.081	328.5	33,533.48	64%	40%	10%	15%	1%	2%	6%	27%	100%
2005	103.263	332.6	34,345.40	65%	41%	10%	15%	1%	2%	6%	26%	100%
2006	105.017	336.0	35,285.85	65%	41%	10%	15%	1%	2%	6%	26%	100%
2007	106.801	348.6	37,230.91	67%	41%	10%	14%	1%	2%	6%	27%	100%
2008	108.615	352.4	38,276.05	67%	42%	11%	14%	1%	1%	6%	26%	100%
2009	110.460	356.3	39,356.99	68%	42%	11%	14%	1%	1%	6%	26%	100%
2010	112.337	356.6	40,059.21	70%	42%	11%	14%	1%	1%	6%	26%	100%

Fuente: Elaboración propia empleando el software del PICC 2006.



## ■ A.5.2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS [B]

Los datos de actividad de esta subcategoría son los valores en Gg/año de residuos tratados en las ciudades de México (247.5 Gg/año), Zapopan (198.0 Gg/año), Tonalá (132 Gg/año), Oaxaca (66.0 Gg/año) y Monterrey (39.6 Gg/año); se consideró que esta capacidad de tratamiento permaneció constante en el periodo 1990-2010.

Y para el tratamiento de lodos de las aguas residuales municipales e industriales, por falta de información se determinó que 35% de la materia orgánica tratada en lagunas anaeróbicas para el caso de aguas residuales municipales (ARM) es removida en forma de lodos, los cuales serán tratados; así se obtuvo el valor empleado para esta subcategoría (Cuadro A.5.4).

CUADRO A.5.4  
Datos de actividad para el tratamiento biológico de desechos sólidos

Año	Composteo RS Urbanos DF	Composteo RS Urbanos Zapopan	Composteo RS Urbanos Tonalá	Composteo RS Urbanos Monterrey	Composteo RS Urbanos Oaxaca	T. Anaeróbico Lodos ARI	T. Anaeróbico Lodos ARM
	Gg						
1990	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	47.15	648.73
1991	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	47.74	663.83
1992	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	48.33	679.29
1993	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	104.92	695.10
1994	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	110.21	711.28
1995	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	110.63	727.84
1996	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	111.04	737.67
1997	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	104.52	747.64
1998	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	136.17	757.74
1999	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	138.19	767.97
2000	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	138.19	778.34
2001	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	128.01	787.36
2002	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	203.47	796.49
2003	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	213.41	805.71
2004	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	187.85	815.05
2005	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	186.60	824.49
2006	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	198.28	838.50
2007	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	208.23	852.74
2008	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	216.37	876.23
2009	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	331.65	881.96
2010	247.5	198.0	132.0	39.6	66.0	367.90	896.94

Fuente: Tejeda, 1990.

En el caso de las aguas residuales industriales (ARI), el porcentaje de lodo retirado se estimó con la siguiente consideración para toda la serie de tiempo del INEGEI.

CUADRO A.5.5  
Lodo retirado de las ARI para tratarse anaeróbicamente

Sector industrial	Tipo de tratamiento	Porcentaje de lodo removido	Sector industrial	Tipo de tratamiento	Porcentaje de lodo removido
Alimenticia	Primario	30%	Celulosa y papel	Primario	30%
Ingenios azucareros	Primario	30%	Cervecera	Primario	30%
Bebidas alcohólicas	Secundario	40%	Lácteos	Secundario	40%
Bebidas no alcohólicas	Secundario	40%	Petrolera	Primario	40%
Beneficio del café	Primario	30%	No tratada		0%

### ■ A.5.3 INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE DESECHOS [C]

La estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, derivadas de la incineración e incineración abierta de desechos sólidos y desechos líquidos fósiles, requiere de información referente a las cantidades de residuos sólidos municipales, residuos sólidos peligrosos, residuos hospitalarios y residuos líquidos fósiles. En el periodo considerado existe información oficial sobre residuos sólidos municipales y residuos sólidos hospitalarios, no así de los residuos sólidos peligrosos y desechos líquidos fósiles, por lo que éstos no son considerados.

En el caso de los residuos hospitalarios se utilizó información de la SEMARNAT –misma que se resume en el Cuadro A.5.6–, junto con factores de emisión por defecto para obtener las emisiones correspondientes de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O.

CUADRO A.5.6  
Cantidad de residuos hospitalarios incinerados

Año	Gg	Año	Gg
1996	2	2004	82
1997	7	2005	71
1998	18	2006	71
1999	15	2007	71
2000	15	2008	71
2001	16	2009	71
2002	72	2010	71
2003	83		

Fuente: Elaboración propia con información de la SEMARNAT.

Es una práctica común la incineración de los residuos sólidos municipales depositados en sitios no controlados o a cielo abierto, sobre todo en el medio rural. De la información oficial (Sedesol, INEGI), se emplearon los datos de población del año correspondiente a los censos y/o conteos, los

años intermedios; la población se estimó con una tasa de crecimiento de la población del periodo. Se hizo la consideración de que la incineración a cielo abierto de desechos ocurre en las zonas rurales en un 40% de los casos.

CUADRO A.5.7  
Residuos sólidos municipales incinerados a cielo abierto

Año	Cantidad total de RSU quemados a cielo abierto	Papel	Textiles	Plásticos	Comida	Otros
	Gg/año					
1990	1,868.336	263.809	37.180	127.981	843.927	595.252
1991	1,911.832	268.995	28.486	83.738	1,001.800	528.622
1992	2,365.373	332.808	35.244	103.603	1,239.455	654.262
1993	3,097.811	435.862	46.157	135.684	1,623.253	856.855
1994	3,121.888	439.250	46.516	136.739	1,635.869	863.514
1995	3,284.072	462.069	48.933	143.842	1,720.854	908.374
1996	3,319.214	467.013	49.456	145.382	1,739.268	918.095
1997	3,000.851	422.220	44.713	131.437	1,572.446	830.035
1998	3,092.208	435.176	46.085	135.471	1,620.697	855.506
1999	3,045.188	428.458	45.373	133.379	1,595.678	842.299
2000	3,126.678	439.924	46.588	136.949	1,638.379	864.839
2001	3,196.476	449.744	47.627	140.006	1,674.954	884.145
2002	3,180.320	447.471	47.387	139.298	1,666.488	879.677
2003	3,244.208	483.387	48.988	198.546	1,635.405	877.883
2004	3,246.041	483.985	48.691	198.008	1,636.005	878.703
2005	3,324.515	495.319	49.768	202.995	1,687.191	889.241
2006	3,359.038	500.866	50.386	205.237	1,704.376	898.173
2007	3,544.499	527.776	53.061	213.733	1,786.038	963.856
2008	3,484.725	481.938	49.832	379.487	1,826.693	746.777
2009	3,540.684	489.677	50.632	385.581	1,856.027	758.769
2010	3,605.379	498.624	51.557	392.265	1,889.940	772.633

## ■ A.5.4 TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES [D]

Para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> de esta subcategoría se utilizan datos de distintas fuentes. En el manejo y tratamiento de las aguas residuales municipales, la metodología requiere:

1. Los datos de población.
2. La cantidad de materia orgánica generada por persona (kg de DBO/cápita/año).
3. El factor de corrección por descarga de DBO industrial en drenaje.

Estos datos son necesarios para calcular los kilogramos de DBO por año. Los datos de población se obtuvieron de los censos del INEGI, cuya información se reporta cada 5 años (para años intermedios se interpoló por el método de *Splines cúbicos*).

No existe información nacional para la materia orgánica generada, en su lugar se empleó el valor de 50 (g/persona/día), que es equivalente a 18.25 (kg de DBO/cápita/año). El factor de corrección por descarga de DBO industrial en el drenaje es el valor por defecto para aguas residuales recolectadas, igual a 1.25.

Para el cálculo del factor de emisión se requieren datos de actividad, la capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub> por kg de DBO (que fue tomado de los valores por defecto de las directrices del PICC 2006 (PICC, 2006) y el MCF del sistema de tratamiento (aeróbico o anaeróbico).

Los valores correspondientes a la fracción del grupo poblacional rural o urbano se obtuvieron del INEGI.

CUADRO A.5.8  
Datos de población y materia orgánica degradable en el agua residual

Año	Población (personas)	Material orgánico degradable (kg DBO/año)	Año	Población (personas)	Material orgánico degradable (kg DBO/año)
1990	81,249,645	1,853,507,527	2001	98,612,927	2,249,607,397
1991	83,141,224	1,896,659,173	2002	99,755,530	2,275,673,028
1992	85,076,840	1,940,815,413	2003	100,911,372	2,302,040,674
1993	87,057,520	1,985,999,675	2004	102,080,606	2,328,713,824
1994	89,084,312	2,032,235,868	2005	103,263,388	2,355,696,039
1995	91,158,290	2,079,548,491	2006	105,017,410	2,395,709,666
1996	92,389,599	2,107,637,727	2007	106,801,226	2,436,402,968
1997	93,637,539	2,136,106,358	2008	108,615,341	2,477,787,467
1998	94,902,336	2,164,959,540	2009	110,460,271	2,519,874,932
1999	96,184,216	2,194,202,428	2010	112,336,538	2,562,677,273
2000	97,483,412	2,223,840,336			

Fuente: INEGI (datos de población) y otros años por interpolaciones.

CUADRO A.5.9  
Capacidad máxima de producción de metano y MCF asociado a los sistemas de tratamiento

Tipo de sistema de tratamiento	Capacidad máxima de producción de metano ( $B_0$ ) (kg $CH_4$ /kg DBO)	Factor de corrección para el metano (MCF <sub>j</sub> )
Planta aeróbica	0.6	0.3
Laguna anaeróbica	0.6	0.5
Eliminación en río, lago y mar	0.6	0.1
Pozo séptico	0.6	0.7

Fuente: PICC, 2006.

CUADRO A.5.10  
Grado de utilización por sistema de tratamiento y fracción del tipo de población (urbana y rural)

Año	Población rural	Población urbana	Grado de utilización por sistema de tratamiento			
	Fracción	Fracción	Planta aeróbica	Laguna anaeróbica	Mar, río, lago	Pozo séptico
1990	0.287	0.713	0.058	0.024	0.831	0.087
1991	0.287	0.713	0.058	0.024	0.831	0.087
1992	0.278	0.722	0.079	0.034	0.797	0.090
1993	0.278	0.722	0.079	0.034	0.797	0.090
1994	0.269	0.731	0.081	0.033	0.791	0.095
1995	0.269	0.731	0.081	0.033	0.791	0.095
1996	0.262	0.738	0.079	0.034	0.768	0.119
1997	0.262	0.738	0.079	0.034	0.768	0.119
1998	0.258	0.720	0.089	0.044	0.747	0.120
1999	0.258	0.720	0.089	0.044	0.747	0.120
2000	0.254	0.746	0.109	0.036	0.741	0.114
2001	0.254	0.746	0.109	0.036	0.741	0.114
2002	0.248	0.752	0.136	0.049	0.686	0.129
2003	0.248	0.752	0.136	0.049	0.686	0.129
2004	0.242	0.758	0.215	0.073	0.592	0.120
2005	0.242	0.758	0.215	0.073	0.592	0.120
2006	0.238	0.762	0.233	0.074	0.536	0.157
2007	0.238	0.762	0.233	0.074	0.536	0.157
2008	0.235	0.765	0.248	0.075	0.516	0.161
2009	0.235	0.765	0.248	0.075	0.516	0.161
2010	0.233	0.767	0.299	0.071	0.466	0.164

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, varios años, e INEGI.

CUADRO A.5.11  
**Agua residual industrial generada por tipo de industria y DBO correspondiente**

Año	Alimenticia	Ingenios azucareros	Bebidas alcohólicas	Bebidas no alcohólicas	Beneficio del café	Celulosa y papel	Cervecería	Lácteos	Petrolera	No tratada	kg DBO / m <sup>3</sup>										
											2.216	1.078	17.058	2.216	4.116	0.651	2.461	2.216	2.955	2.955	
<b>Agua residual generada (m<sup>3</sup> / año)</b>																					
1990	15,328,300	60,755,503	159,376	1,951,762	390,298	20,334,728	4,255,559	508,852	7,276,462	1,378,266,000											
1991	15,518,854	61,510,785	161,357	1,976,025	395,150	20,587,519	4,308,462	515,178	7,366,919	1,399,955,865											
1992	15,711,508	62,274,391	163,360	2,000,556	400,056	20,843,095	4,361,948	521,574	7,458,374	1,417,343,066											
1993	34,105,468	135,180,994	354,612	4,342,670	868,414	45,244,768	9,468,618	1,132,196	16,190,128	3,076,671,535											
1994	34,232,504	135,684,516	355,933	4,358,845	871,648	45,413,296	9,503,887	1,136,413	16,250,433	3,088,131,509											
1995	34,360,590	136,192,199	357,264	4,375,155	874,909	45,583,217	9,539,447	1,140,665	16,311,237	3,099,668,880											
1996	34,488,675	136,699,881	358,596	4,391,464	878,171	45,753,137	9,575,007	1,144,917	16,372,040	3,111,240,878											
1997	630,720,000	2,044,478,880	196,784,640	86,724,000	423,213,120	142,227,360	21,759,840	39,104,640	42,888,960	2,913,974,395											
1998	39,180,011	155,302,816	407,445	4,985,526	999,060	51,966,283	10,884,020	1,306,852	18,597,410	2,713,227,386											
1999	39,051,552	155,536,030	422,765	4,881,444	1,022,041	51,695,484	10,988,704	1,355,957	18,506,721	2,793,695,532											
2000	39,180,011	155,302,816	407,445	4,985,526	999,060	51,966,282	10,884,020	1,306,852	18,597,410	2,904,886,969											
2001	46,601,063	155,253,620	1,069,386	3,798,827	880,170	50,017,673	9,627,941	1,324,827	1,908,874	2,482,283,941											
2002	39,460,997	234,291,982	1,324,197	3,698,857	1,009,152	48,257,333	10,489,504	1,324,827	49,484,084	2,329,025,459											
2003	45,079,451	234,291,982	1,417,859	3,831,309	1,009,467	66,937,683	11,280,743	1,296,760	49,483,453	2,363,946,937											
2004	44,196,443	213,040,817	1,435,203	5,557,274	1,009,152	62,741,818	18,435,946	1,879,861	26,320,261	2,433,626,041											
2005	49,041,318	203,370,303	1,463,270	4,567,990	1,009,152	56,941,717	18,435,946	1,502,375	27,146,504	2,336,069,314											
2006	29,303,567	265,243,620	776,732	4,633,269	1,011,360	64,303,796	19,727,029	6,638,013	28,038,658	3,062,088,709											
2007	24,520,501	285,874,471	561,972	9,600,820	1,011,360	66,747,836	22,382,676	7,611,529	27,754,834	3,297,112,926											
2008	31,282,766	290,753,090	778,308	10,662,322	1,042,896	73,474,465	19,394,955	7,528,589	27,754,834	3,246,076,888											
2009	94,871,641	325,136,475	2,694,436	19,371,934	2,131,203	80,490,594	19,383,602	7,006,668	58,734,539	2,325,459,174											
2010	45,222,939	330,500,118	2,670,784	23,499,681	2,137,510	76,844,717	15,126,242	68,141,097	84,595,320	2,038,796,578											

Fuente: Información proporcionada por CONAGUA, varios años.

Estas emisiones, por lo tanto, dependen en gran medida de los factores por defecto y de la serie derivada de los datos del censo de población y vivienda y conteos correspondientes a este periodo, a fin de obtener los balances de agua para cada año.

En la estimación de las emisiones del tratamiento de aguas residuales industriales, se necesita conocer la cantidad de agua residual generada, así como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de la misma.

Debido a la falta de datos específicos del país respecto al tratamiento de agua residual en el sector industrial, se emplea el factor del DQO por defecto del PICC (0.25 kg de CH<sub>4</sub> / kg de DQO) como valor de B<sub>0</sub>.

En lo que se refiere a las emisiones de N<sub>2</sub>O de este sector, la metodología requiere información relacionada con el número de habitantes en el país y el consumo de proteína en la dieta por persona.

Los datos de población fueron consultados de los censos de población del INEGI y los datos de ingesta de proteína por persona, de la FAO, a través de su portal estadístico FAOSTAT (<<http://faostat.fao.org>>). Otra información, como la fracción de nitrógeno en la proteína, la cantidad de proteína industrial, la deducción del nitrógeno removido en las plantas de tratamiento, fueron obtenidos de las directrices del PICC, por lo que se trata de datos por defecto.

CUADRO A.5.12  
Consumo de proteína en México

Consumo de proteína		Consumo de proteína	
Año	kg/persona/año	Año	kg/persona/año
1990	29.018	2001	33.288
1991	29.492	2002	33.434
1992	29.857	2003	33.142
1993	30.113	2004	33.142
1994	30.368	2005	33.033
1995	30.149	2006	33.434
1996	30.186	2007	33.471
1997	30.843	2008	33.215
1998	31.171	2009	32.741
1999	31.755	2010	32.266
2000	32.668		

Fuente: FAO, 2012

# ANEXO B

## METODOLOGÍA

### B.1 ENERGÍA

#### LAS MATERIAS PRIMAS Y LOS USOS NO ENERGÉTICOS DE LOS COMBUSTIBLES

CUADRO B.1.1  
Consumo no energético (PJ)

Año	Gasolinas y naftas	Gas natural	GLP	Productos no energéticos	Querosenos
	(PJ)				
1990	69.28	105.79	0.00	183.44	0.15
1991	67.69	102.85	0.00	199.17	0.23
1992	60.87	97.38	0.00	234.54	0.23
1993	59.07	53.32	0.00	188.95	0.24
1994	81.62	55.36	0.00	225.62	0.25
1995	81.48	57.24	0.00	116.16	0.08
1996	83.73	55.45	0.00	156.63	0.07
1997	49.34	48.77	0.00	171.99	0.08
1998	45.27	45.13	0.11	159.29	0.08
1999	38.42	37.79	0.04	229.80	0.08
2000	34.01	31.47	0.83	164.18	0.00
2001	40.40	26.61	1.11	149.53	0.02
2002	41.44	24.79	1.17	147.62	0.01
2003	49.51	24.01	0.90	151.28	0.01
2004	54.40	24.89	0.94	147.69	0.00
2005	51.49	22.17	0.99	181.66	0.00
2006	47.91	24.62	1.03	159.28	0.00
2007	16.49	27.23	1.36	170.46	0.00
2008	13.67	26.97	1.45	178.68	0.00
2009	13.16	26.64	1.23	184.17	0.00
2010	76.29	17.18	1.39	167.21	0.00

**Fuente:** Elaboración a partir de datos del Balance Nacional de Energía (SENER, 2002 y 2010).  
 Periodo 1990-1999, Balance Nacional de Energía 2002, p. 59.  
 Periodo 2000-2010, Balance Nacional de Energía 2010, p. 35.



El consumo energético analizado por el método de referencia no considera los usos no energéticos de los combustibles primarios. El Balance Nacional de Energía (BNE) proporciona el consumo no energético de combustibles en sus respectivos balances.

En el Cuadro B.1.1 se muestran los consumos no energéticos publicados en el BNE para distintos combustibles.

## METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Las emisiones de bióxido de carbono en la categoría de Energía se estimaron mediante el método sectorial, conforme a la ecuación B.1.1.

ECUACIÓN B.1.1

$$CO_2 = \sum_{j=1}^n \left( Combustible_j \times FE_j \times FO_j \times \frac{44}{12} \right)$$

Donde:

$CO_2$  = Emisiones de bióxido de carbono en unidades de masa

$j$  = Tipo de combustible  $j$

$FE$  = Factor de emisión del combustible  $j$

$FO$  = Fracción oxidada del combustible  $j$

Los factores de oxidación se presentan en el Cuadro B.1.2. Por su parte, los factores de emisión se

muestran en el Cuadro B.1.3, los cuales incluyen los factores de oxidación.

CUADRO B.1.2

### Fracción de carbono oxidado

Combustible	Fracción
Carbón	0.98
Petróleo y productos	0.99
Gas	0.995
Turba para generación de electricidad	0.99

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1.6, p. 1.29.

CUADRO B.1.3  
Fracción de carbono oxidado

Combustible	(A)	(B)	AXBX (44/12) tCO <sub>2</sub> /TJ
	tC/TJ	Fracción oxidable	
Carbón	25.8	0.98	92.708
Petróleo crudo	20	0.99	72.600
Consensados	17.2	0.995	62.751
Gas asociado	15.3	0.995	55.820
Coque carbón	25.8	0.98	92.708
Coque petróleo	27.5	0.99	99.825
GLP	17.2	0.99	62.436
Gasolinas	18.9	0.99	68.607
Querosinas	19.5	0.99	70.785
Diesel	20.2	0.99	73.326
Combustóleo	21.1	0.99	76.593
Gas natural	15.3	0.995	55.820
Leña	29.9		109.633
Bagazo	29.9		109.633

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1.6, p. 1.29.

## EMISIONES DE GASES DISTINTOS AL CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> y COVCM se calcularon con base en una combinación de los factores de emisión sugeridos por el PICC, de acuerdo con el método Tier 2; y en el caso donde no estuvieran disponibles, se utilizaron los factores

de emisión del método Tier 1. Este último caso se presenta principalmente para los COVDM. Las emisiones de estos gases, con excepción del SO<sub>2</sub>, se calculan de acuerdo con la siguiente ecuación.

ECUACIÓN B.1.2

$$gas_i = \sum_{j=1}^n (Combustible_j \times FE_{ji})$$

Donde:

$j$  = Tipo de combustible

$i$  = GEI diferente al CO<sub>2</sub>

$FE_{ji}$  = Factor de emisión del gas para el combustible  $j$

## INDUSTRIAS ENERGÉTICAS (1A1)

### FACTORES DE EMISIÓN PARA INDUSTRIAS ENERGÉTICAS Y MANUFACTURA E INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN CON EXCEPCIÓN DEL CEMENTO

Tanto para las industrias de la energía como para el sector industrial con excepción del cemento, los factores de emisión para CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y COVDM se seleccionan de los proporcionados por el PICC para “boilers industriales” del método Tier 2, mientras que para donde no hay disponible información se utilizan los proporcionados por el método Tier 1.

El Cuadro B.1.4 muestra los factores de emisión para estimar las emisiones de CO, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y COVDM utilizados para los diversos combustibles: consumo propio, coque para siderurgia y

sector industrial con excepción del cemento. Para el caso del GLP se asume una proporción de 60% propano y 40% butano (que es la estructura de la mezcla mexicana de acuerdo con la información de la hoja de datos de seguridad de gas licuado de PEMEX).<sup>1</sup>

Para la generación eléctrica, por su parte, se utiliza un procedimiento similar, así como los factores de emisión empleados para los gases mencionados anteriormente, los cuales se muestran en la Cuadro B.1.5.

CUADRO B.1.4  
Factores de emisión de CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y COVDM para consumo propio, y sector industrial con excepción del cemento (kg/TJ)

Combustible	CO	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub> (industrias de la energía)	COVDM (industrias de la energía)	COVDM (Industrial)
Carbón	9 (**)	0.7 (**)	1.6 (**)	1 (*)	5 (*)	20 (*)
Petróleo crudo	15 (**)	3 (**)	0.3 (**)	3 (*)	5 (*)	5 (*)
Condensados	16 (**)	0.2 (**)	0.4 (**)	3 (*)	5 (*)	5 (*)
Gas asociado	17 (**)	1.4 (**)	0.1 (*)	1 (*)	5 (*)	(*)
Coque carbón	9 (**)	0.7 (**)	1.6 (**)	1 (*)	5 (*)	20 (*)
Coque petróleo	15 (**)	3 (**)	0.3 (**)	3 (*)	5 (*)	5 (*)
GLP	16.6 (**)	2 (**)	0.6 (*)	3 (*)	5 (*)	5 (*)
Gasolinas	27 (**)	2 (**)	0.6 (*)	3 (*)	5 (*)	5 (*)
Querosinas	27 (**)	2 (**)	0.6 (*)	3 (*)	5 (*)	5 (*)
Diesel	0.4 (**)	2 (**)	0.6 (*)	3 (*)	5 (*)	5 (*)
Combustóleo	15 (**)	2 (**)	0.6 (*)	3 (*)	5 (*)	5 (*)
Gas natural	17 (**)	1.4 (**)	0.1 (*)	1 (*)	5 (*)	5 (*)
Leña						
Bagazo	22 (**)	30 (*)	4 (*)	30 (*)	50 (*)	50 (*)

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1-7, p. 1.35; Tabla 1-8, p. 1.36; Tabla 1-11, p. 1.42; Tabla 1-16, p. 1.54.

Nota: (\*) Tier 1, (\*\*) Tier 2.

1. Ver <<http://www.gas.pemex.com/PGPB/Productos+y+servicios/Gas+licuado/>>.

CUADRO B.1.5  
Factores de emisión de CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y COVDM para industrias energéticas y sector industrial con excepción del cemento (kg/TJ)

Combustible	CO	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	COVDM
Carbón	9 (**)	0.7 (**)	1.6 (**)	5 (*)
Diesel	16 (**)	0.9 (**)	0.4 (**)	5 (*)
Combustóleo	15 (**)	0.9 (**)	0.3 (**)	5 (*)
Gas natural	46 (**)	6 (**)	0.1 (*)	5 (*)

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1-8, p. 1.36; Tabla 1-11, p. 1.42; Tabla 1-15, p. 1.53.

Nota: (\*) Tier 1, (\*\*) Tier 2.

Para los NO<sub>x</sub> emitidos tanto para las industrias energéticas (consumo propio, generación eléctrica, coque para siderurgia) como para el sector industrial con excepción del cemento, se utiliza el método Tier 3, empleando un promedio de la Norma Oficial Mexicana (NOM) 085, publicada en 1994 y emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). De esta forma, se asumen los valores establecidos por la norma de 1994-1997 para los años de 1990 a 1997 y los establecidos por la NOM-085 a partir de 1998 para los años de 1998 a 2010. Puesto que no se conoce con detalle el tamaño de los equipos

ni el número de industrias por regiones (a nivel de este estudio), se evalúa un promedio para todas las regiones y todos los tamaños de equipos. Los valores se convierten de calorías a joule. Para el bagazo se utiliza el factor de emisión proporcionado por el PICC (Tier 2).

El Cuadro B.1.6 muestra la NOM-085 y los promedios utilizados como factores de emisión para la emisión de los NO<sub>x</sub>, correspondientes a las industrias de la energía y el sector industrial con excepción del cemento.

CUADRO B.1.6  
Adecuación de la NOM-085-ECOL-1994 para estimar factores de emisión promedio para industrias energéticas y sector industrial con excepción del cemento (kg/TJ)

NO <sub>x</sub>	1990-1997				1998-2010			
	ZMCM	ZC	RP	Promedio	ZMCM	ZC	RP	Promedio
MJ/hora								
<b>Hasta 5250 (5 Mbtu)</b>								
Líquidos								
Gas								
<b>5250 a 43000 (hasta 40.8 Mbtu)</b>								
Líquidos	141	191	288		121	121	239	
Gas	135	183	245		116	116	229	

CUADRO B.1.6 (CONTINÚA)

**Adecuación de la NOM-085-ECOL-1994 para estimar factores de emisión promedio para industrias energéticas y sector industrial con excepción del cemento (kg/TJ)**

NO <sub>x</sub>	1990-1997				1998-2010			
	ZMCM	ZC	RP	Promedio	ZMCM	ZC	RP	Promedio
<b>43000 a 110000 (hasta 10<sup>4</sup> Mbtu)</b>								
Líquidos	115	191	255		70	70	239	
Gas	110	183	245		67	67	229	
<b>Mayor de 110000 (mayor a 10<sup>4</sup> Mbtu)</b>								
Sólidos	107	188	268		74	74	251	
Líquidos	102	179	255		70	70	239	
Gas	98	171	245		67	67	229	
<b>Promedio</b>								
Sólidos	107	188	268	187.67	74	74	251	133
Líquidos	119.33	187	266	190.78	87	87	239	137.67
Gas	114.33	179	245	179.44	83.33	83.33	229	131.89

Fuente: Elaboración a partir de NOM-085-ECOL-1994 y NOM-085-SEMARNAT-2011 para combustibles.

## ■ MANUFACTURA E INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2)

Para la manufactura e industria de la construcción con excepción del cemento consultar la sección 1A1.

Para el caso de la industria del cemento, dada la característica especial de los hornos de clínker, el PICC sugiere factores de emisión específicos. El Cuadro B.1.7. muestra los factores de emisión utilizados para la industria del cemento de acuerdo con el PICC (1996).

CUADRO B.1.7

**Factores de emisión de CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> y COVDM para la industria del cemento (kg/TJ)**

Combustible	CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	N <sub>2</sub> O	COVDM
Coque carbón	79 (**)	1 (**)	527 (**)	1.4 (*)	20 (*)
Coque petróleo	79 (**)	1 (**)	527 (**)	0.6 (*)	5 (*)
Diesel	79 (**)	1 (**)	527 (**)	0.6 (*)	5 (*)
Combustóleo	79 (**)	1 (**)	527 (*)	0.6 (*)	5 (*)
Gas natural	83 (**)	1.1 (**)	1.111 (**)	0.1 (*)	5 (*)

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1-8, p. 1.36; Tabla 1-11, p. 1.42; Tabla 1-17, p. 1.55.

Nota: (\*) Tier 1, (\*\*) Tier 2.

## ■ TRANSPORTE (1A3)

La Cuadro B.1.8. muestra los factores de emisión utilizados para el sector transporte. Para el caso del transporte marítimo, ferroviario y el autotransporte se utilizan los factores de emisión sugeridos por elPICC (método Tier 1) para diesel, GLP y gas natural, puesto que no existe mayor información que permita la desagregación del parque vehicular por tecnología y año.

Para el autotransporte de gasolina se estima el porcentaje de vehículos con convertidor catalítico de tres vías y el porcentaje de los vehículos sin

control y se calcula un factor de emisión ponderando la tecnología. En el Cuadro B.1.8 se muestran los vehículos de gasolina por tecnología por año, de acuerdo con una adecuación de la información proporcionada por INEGI-SCT (2011). El Cuadro B.1.9 presenta los factores de emisión para cada año utilizando como base los factores promedio de emisión para vehículos americanos con convertidor catalítico presentados por el PICC en el *Manual de referencia*. El cuadro B.1.10. muestra los factores base utilizados de acuerdo con el PICC.

CUADRO B.1.8  
Factores de emisión para transporte diferente al autotransporte de gasolina  
(g/MJ)

	CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	N <sub>2</sub> O	COVDM
<b>Autotransporte</b>					
<b>Gasolina</b>	8000	20	600	0.6	1500
<b>Diesel</b>	1000	5	800	0.6	200
<b>Gas</b>	400	50	600	0.1	5
<b>Ferrovionario</b>					
<b>Diesel</b>	1000	5	1200	0.6	200
<b>Combustóleo</b>	1000	5	1200	0.6	200
<b>Marítimo</b>					
<b>Diesel</b>	1000	5	1500	0.6	200
<b>Combustóleo</b>	1000	5	1500	0.6	200

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1-8, p. 1.36; Tabla 1-9, p. 1.38; Tabla 1-10, p. 1.40; Tabla 1-11, p. 1.42; Tabla 1-17, p. 1.55.

CUADRO B.1.9  
**Proporción de vehículos a gasolina con y sin convertidor catalítico de tres vías**

Año	Sin convertidor (%)	Con convertidor (%)	Año	Sin convertidor (%)	Con convertidor (%)
1990	100.0	0.0	2001	61.2	38.8
1991	100.0	0.0	2002	56.4	43.6
1992	100.0	0.0	2003	54.0	46.0
1993	97.8	2.2	2004	51.2	48.8
1994	95.7	4.3	2005	46.6	53.4
1995	93.7	6.3	2006	44.5	55.5
1996	88.9	11.1	2007	42.0	58.0
1997	83.0	17.0	2008	41.5	58.5
1998	76.5	23.5	2009	41.0	59.0
1999	72.3	27.7	2010	40.5	59.5
2000	68.0	32.0			

Fuente: Estimación a partir de información de INEGI-SCT.

CUADRO B.1.10  
**Factores de emisión para vehículos a gasolina (g/MJ)**

Año	CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	N <sub>2</sub> O	COVDM
	g/MJ				
1990	4.833	0.020	0.222	0.003	0.932
1991	4.833	0.020	0.222	0.003	0.932
1992	4.833	0.020	0.222	0.003	0.932
1993	4.757	0.019	0.220	0.004	0.915
1994	4.683	0.019	0.217	0.005	0.899
1995	4.613	0.019	0.215	0.006	0.883
1996	4.446	0.018	0.210	0.007	0.846
1997	4.238	0.017	0.204	0.010	0.800
1998	4.011	0.017	0.197	0.012	0.750
1999	3.864	0.016	0.193	0.014	0.718
2000	3.713	0.016	0.188	0.016	0.684
2001	3.475	0.015	0.181	0.019	0.632
2002	3.307	0.014	0.176	0.020	0.595
2003	3.223	0.014	0.173	0.021	0.576
2004	3.125	0.014	0.170	0.023	0.555

CUADRO B.1.10 (CONTINÚA)  
Factores de emisión para vehículos a gasolina (g/MJ)

Año	CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	N <sub>2</sub> O	COVDM
	g/MJ				
2005	2.965	0.013	0.165	0.024	0.519
2006	2.888	0.013	0.163	0.025	0.502
2007	2.802	0.013	0.161	0.026	0.483
2008	2.785	0.012	0.160	0.026	0.480
2009	2.767	0.012	0.159	0.027	0.476
2010	2.750	0.012	0.159	0.027	0.472

Fuente: Adecuación de acuerdo con el porcentaje de vehículos con convertidor catalítico de tres vías.

CUADRO B.1.11  
Factores de emisión promedio para vehículos a gasolina de origen americano propuestos por el PICC (g/MJ)

Estado de vehículo	Factores de emisión (g/MJ)	Estado de vehículo	Factores de emisión (g/MJ)
<b>Sin control</b>		<b>Convertidor de tres vías</b>	
CO	4.833 ^	CO	1.3315 ^
CH <sub>4</sub>	0.0195 ^	CH <sub>4</sub>	0.0075 ^
NO <sub>x</sub>	0.222	NO <sub>x</sub>	0.116 ^
N <sub>2</sub> O	0.003	N <sub>2</sub> O	0.043
COVDM	0.9315 ^	COVDM	0.159 ^

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1-27, p. 1.70.

^: Valor medio.

En el caso de la aviación se utiliza la metodología Tier 2 sugerida por el PICC en el *Manual de referencia*. A fin de estimar el consumo de energía para vuelos nacionales e internacionales, se asume que esta proporción es equivalente a la de los vuelos nacionales e internacionales. Cabe mencionar, sin embargo, que esta suposición es sumamente gruesa, debido a que los vuelos internacionales recorren mayor distancia y, por lo tanto, utilizan más combustible. Sin embargo, se utiliza esta

misma suposición para dar continuidad a los inventarios previos. El Cuadro B.1.12. muestra los factores de emisión para la aviación, utilizando la metodología mencionada previamente.

Las emisiones de GEI para el transporte aéreo se estimaron utilizando la metodología Tier 2, recomendada en las directrices del PICC de 1996. Esta metodología incluye cuatro subactividades:



- a) Tráfico aeroportuario doméstico (ciclos LTO a menos de 914 m de altitud)
- b) Tráfico aeroportuario internacional (ciclos LTO a menos de 914 m de altitud)
- c) Tráfico en crucero doméstico (a más de 914 m de altitud)
- d) Tráfico en crucero internacional (a más de 914 m de altitud)

Las actividades incluyen todo uso comercial de aeronaves en tráfico regular y chárter de pasajeros y carga.

Las operaciones de la aviación se dividen en dos partes:

- El ciclo de aterrizaje/despegue (*landing/take-off (LTO) cycle*) que incluye todas las actividades cerca del aeropuerto que tienen lugar por debajo de los 914 m de altitud.
- Crucero. Se define como todas las actividades que ocurren por encima de los 914 m de altitud.

Las actividades aéreas se dividen en:

- Aviación doméstica (1A 3a ii). Incluye todo tráfico civil doméstico de pasajeros y de carga dentro de un país.
- Aviación internacional (1A 3a i). Incluye todo tráfico aéreo civil que llega o parte de un país.

Los ciclos LTO se clasifican en domésticos e internacionales.

La presente metodología sólo es aplicable a la querosina usada en motores de propulsión a chorro.

### FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión utilizados en la estimación de las emisiones de GEI en transporte aéreo, se muestran en la Cuadro B.1.12. y corresponden a los factores de emisión por defecto de la tabla 1-52 del *Manual de referencia* de las directrices del PICC de 1996. Este cuadro incluye los consumos de combustible de las aeronaves.

CUADRO B.1.12  
Factores de emisión por defecto para transporte aéreo

Doméstico								
	Consumo de combustible	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub> (~)
LTO flota promedio (kg/LTO)	850	2680	0.3	0.1	10.2	8.1	2.6	4.8
Crucero (kg/ t comb)		3150	0	0.1	11	7	0.7	6.0
Internacional								
LTO flota promedio (kg/LTO)	2500	7900	1.5	0.2	41	50	15	15.0
Crucero (kg/ t comb)		3150	0	0.1	17	5	2.7	6.0

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1-52, p. 1.98.

(~): Los factores de emisión de SO<sub>2</sub> de la tabla 1-52 del *Manual de referencia* fueron multiplicados por el factor (0.3/0.05), que es la relación entre el contenido de azufre de la querosina mexicana y el contenido de azufre supuesto en dicha tabla.

Cabe señalar que los factores de emisión de SO<sub>2</sub> de la tabla 1-52 del *Manual de referencia* fueron multiplicados por el factor (0.3/0.05), que es la

relación entre el contenido de azufre de la querosina mexicana y el contenido de azufre supuesto en dicha tabla.

## EMISIONES

Los pasos seguidos en la estimación de las emisiones de GEI en el transporte aéreo son:

El consumo de querosina se divide en consumo doméstico y consumo internacional (Cuadro B.1.13.) a partir del número de ciclos LTO domésticos e internacionales, los cuales se derivaron del número de vuelos nacionales e internacionales reportados por la Secretaría de Comunicaciones y Trans-

portes (Cuadro B.1.14.). Como ya se mencionó, esta estimación del consumo de querosina es un tanto burda puesto que los vuelos internacionales consumen mucho más combustible que los nacionales debido a las distancias más grandes recorridas en los primeros. Sin embargo, ante la falta de información precisa sobre el combustible empleado en vuelos nacionales e internacionales, se optó por hacer la estimación de esta manera.

CUADRO B.1.13  
Consumo de querosina en aviación (t)

Año	Total doméstico	Total internacional	Total
	Toneladas		
1990	1,264,412	363,038	1,627,450
1991	1,341,908	352,918	1,694,826
1992	1,537,914	354,938	1,892,853
1993	1,667,498	338,354	2,005,852
1994	1,797,603	396,897	2,194,500
1995	1,665,242	396,230	2,061,472
1996	1,637,613	427,752	2,065,365
1997	1,706,622	455,225	2,161,847
1998	1,889,199	514,913	2,404,112
1999	2,008,936	527,522	2,536,457
2000	2,009,518	542,815	2,552,333
2001	2,055,263	478,911	2,534,174
2002	1,969,656	471,891	2,441,547
2003	2,001,818	484,307	2,486,124
2004	2,103,395	552,003	2,655,398
2005	2,093,021	596,423	2,689,444
2006	2,223,101	581,540	2,804,641
2007	2,510,640	602,039	3,112,679
2008	2,408,469	577,822	2,986,291
2009	2,039,212	480,557	2,519,768
2010	2,050,210	508,947	2,559,157

Fuente: Adaptado del Balance Nacional de Energía 1996-2010.

CUADRO B.1.14  
Ciclos LTO en aviación

Año	Operaciones de las llegadas y salidas de la aviación			Ciclos LTO en aviación		
	Doméstico	Internacional	Total	Doméstico	Internacional	Total
1990	844,454	242,460	1,087,000	422,227	121,230	543,500
1991	981,000	258,000	1,239,000	490,500	129,000	619,500
1992	1,036,739	239,271	1,276,010	518,370	119,636	638,005
1993	1,186,654	240,785	1,427,439	593,327	120,393	713,720
1994	1,228,435	271,229	1,499,664	614,218	135,615	749,832
1995	1,086,822	258,600	1,345,422	543,411	129,300	672,711
1996	1,067,536	278,845	1,346,381	533,768	139,423	673,191
1997	1,089,663	290,657	1,380,320	544,832	145,329	690,160
1998	1,115,858	304,134	1,419,992	557,929	152,067	709,996
1999	1,156,936	303,797	1,460,733	578,468	151,899	730,367
2000	1,158,088	312,825	1,470,913	579,044	156,413	735,457
2001	1,188,722	276,992	1,465,714	594,361	138,496	732,857
2002	1,175,410	281,605	1,457,015	587,705	140,803	728,508
2003	1,174,641	284,185	1,458,826	587,321	142,093	729,413
2004	1,208,970	317,275	1,526,245	604,485	158,638	763,123
2005	1,221,205	347,992	1,569,197	610,603	173,996	784,599
2006	1,344,828	351,793	1,696,621	672,414	175,897	848,311
2007	1,531,995	367,365	1,899,360	765,998	183,683	949,680
2008	1,474,716	353,803	1,828,519	737,358	176,902	914,260
2009	1,316,399	310,220	1,626,619	658,200	155,110	813,310
2010	1,322,100	328,200	1,650,310	661,050	164,100	825,150

Fuente: Elaboración con información de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.  
*Anuario estadístico 2002*, SCT, p. 92; *Anuario estadístico 2009*, SCT, p. 95; Indicadores mensuales SCT:  
 <<http://www.sct.gob.mx/informacion-general/planeacion/estadistica-del-sector/indicadores-mensuales-sct/>>.

Se estima el consumo de querosina en las operaciones LTO y en crucero tanto para tráfico doméstico como internacional (Cuadro B.1.15).

CUADRO B.1.15  
Consumo de querosina en LTO/crucero (t)

Año	Doméstico			Internacional		
	LTO	Crucero	Total	LTO	Crucero	Total
Toneladas						
1990	358,892.95	905,518.6347	<b>1,264,412</b>	303,075	59,963	<b>363,038</b>
1991	416,925	924,983.0559	<b>1,341,908</b>	322,500	30,418	<b>352,918</b>
1992	440,614.075	1,097,300.389	<b>1,537,914</b>	299,089	55,850	<b>354,938</b>
1993	504,327.95	1,163,170.26	<b>1,667,498</b>	300,981	37,372	<b>338,354</b>
1994	522,084.875	1,275,518.341	<b>1,797,603</b>	339,036	57,861	<b>396,897</b>
1995	461,899.35	1,203,342.972	<b>1,665,242</b>	323,250	72,980	<b>396,230</b>
1996	453,702.8	1,183,910.49	<b>1,637,613</b>	348,556	79,195	<b>427,752</b>
1997	463,106.775	1,243,515.16	<b>1,706,622</b>	363,321	91,904	<b>455,225</b>
1998	474,239.65	1,414,959.297	<b>1,889,199</b>	380,168	134,745	<b>514,913</b>
1999	491,697.8	1,517,237.925	<b>2,008,936</b>	379,746	147,775	<b>527,522</b>
2000	492,187.4	1,517,330.738	<b>2,009,518</b>	391,031	151,784	<b>542,815</b>
2001	505,206.85	1,550,056.502	<b>2,055,263</b>	346,240	132,671	<b>478,911</b>
2002	499,549.25	1,470,107.183	<b>1,969,656</b>	352,006	119,884	<b>471,891</b>
2003	499,222.425	1,502,595.106	<b>2,001,818</b>	355,231	129,075	<b>484,307</b>
2004	513,812.25	1,589,582.762	<b>2,103,395</b>	396,594	155,409	<b>552,003</b>
2005	519,012.125	1,574,009.036	<b>2,093,021</b>	434,990	161,433	<b>596,423</b>
2006	571,551.9	1,651,548.78	<b>2,223,101</b>	439,741	141,799	<b>581,540</b>
2007	651,097.875	1,859,542.133	<b>2,510,640</b>	459,206	142,833	<b>602,039</b>
2008	626,754.3	1,781,714.845	<b>2,408,469</b>	442,254	135,568	<b>577,822</b>
2009	559,469.575	1,479,742.068	<b>2,039,212</b>	387,775	92,782	<b>480,557</b>
2010	561,892.5	1,488,317.451	<b>2,050,210</b>	410,250	98,697	<b>508,947</b>

Las emisiones de GEI para la aviación doméstica e internacional se estiman a partir de las expresiones:

ECUACIÓN A.1

$$\text{Emisiones (LTO) (Gg)} = \text{Número de LTO} \times \text{Factor de emisión (kg/LTO)} / 1,000,000$$

$$\text{Emisiones (crucero) (Gg)} = \frac{\text{Consumo de combustible (crucero) (t)} \times \text{Factor de emisión (kg/t combustible)}}{1,000,000} \times \frac{\text{Factor de emisión (kg/LTO)}}{1,000,000}$$

SECTOR COMERCIAL (1A4A), RESIDENCIAL (1A4B) Y AGROPECUARIO (1A4C)

En el caso del sector comercial se utilizan factores de emisión del método Tier 1 y 2, y en el sector agropecuario, los factores de emisión del Tier 1.

Los primeros se presentan en el Cuadro B.1.16 y los segundos en el Cuadro B.1.17.

CUADRO B.1.16  
Factores de emisión del sector comercial (Kg/TJ)

Combustible	CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	N <sub>2</sub> O	COVDM
GLP	9.84 (°)(**)	10 (*)	70.6 (°) (**)	0.6 (*)	5 (*)
Diesel	16 (**)	0.7 (**)	65 (**)	0.4 (**)	5 (*)
Combustóleo	15 (**)	1.4 (**)	170 (**)	0.3 (**)	5 (*)
Gas natural	9.4 (**)	1.2 (**)	45 (**)	2.3 (**)	5 (*)

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1-19, p. 1.57; Tabla 1-7, p. 1.35; Tabla 1-8, p. 1.36; Tabla 1-11, p. 1.42.  
Nota: (°) Mezcla mexicana 60% propano y 40% butano, (\*\*) Tier 2, (\*) Tier 1.

CUADRO B.1.17  
Factores de emisión del sector agropecuario (Kg/TJ)

Combustible	CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	N <sub>2</sub> O	COVDM
GLP	20 (*)	10 (*)	100 (*)	0.6 (*)	5 (*)
Gasolinas	20 (*)	10 (*)	100 (*)	0.6 (*)	5 (*)
Querosinas	20 (*)	10 (*)	100 (*)	0.6 (*)	5 (*)
Diesel	20 (*)	10 (*)	100 (*)	0.6 (*)	5 (*)
Combustóleo	20 (*)	10 (*)	100 (*)	0.6 (*)	5 (*)
Gas natural	50 (*)	5 (*)	50 (*)	0.1 (*)	5 (*)

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1-7, p. 1.35; Tabla 1-8, p. 1.36; Tabla 1-9, p. 1.38; Tabla 1-10, p. 1.40; Tabla 1-11, p. 1.42.

En el sector residencial se utilizan los factores de emisión del método Tier 1 y 2, asumiendo la desagregación de usos finales presentada en este anexo. El Cuadro B.1.18 muestra dichos factores, considerando una proporción del GLP de 60%

propano y 40% butano (que es la estructura de la mezcla mexicana de GLP de acuerdo con la información de la hoja de datos de seguridad del gas licuado elaborada por PEMEX).<sup>2</sup>

CUADRO B.1.18  
Factores de emisión del sector residencial (Kg/TJ)

Combustible	CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	N <sub>2</sub> O	COVDM
Cocción GLP (hornos)	10 (*)	1.1 (*)	47 (*)	0.6 (*)	5 (*)
Calentamiento de agua GLP	10 (*)	1.1 (*)	47 (*)	0.6 (*)	5 (*)
Cocción GN (hornos)	18 (*)	1 (*)	43 (*)	0.1 (*)	5 (*)
Calentamiento de agua GN (gas heaters)	10 (*)	1 (*)	47 (*)	0.1 (*)	5 (*)
Querosinas	16 (*)	0.7 (*)	65 (*)	0.6 (*)	5 (*)
Leña (wood pits)	4900 (*)	200 (*)	150 (*)	4 (*)	600 (*)

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1-8, p. 1.36; Tabla 1-11, p. 1.42; Tabla 1-18, p. 1.56.

Nota: (\*) Tier 1, (\*\*) Tier 2.

## METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL USO DE COMBUSTIBLES EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Para el sector residencial se divide el consumo de combustibles (con excepción de la leña) en dos usos: cocción de alimentos y calentamiento de agua, de acuerdo con la simulación siguiente:

1. **Número de hogares.** Se toma el número de hogares de las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) para los años 1992 a 2006 (del agregado histórico que presenta datos bianuales). Para 1990 se calcula considerando el cre-

cimiento anual de los hogares de 1992 a 1994. Se interpolan linealmente datos intermedios.

2. **Hogares con estufa de gas.** Se toma el número de los hogares que tienen estufas de gas (incluyen GLP y gas natural) de las ENIGH de 1996, 1998, 2000, 2002, 2004, 2006 y 2008. Posteriormente, se hace una extrapolación lineal para estimar los hogares con estufa y calentador de gas, considerando el promedio de crecimiento anual de 1996 a 2006.

2. [http://www.gas.pemex.com/NR/rdonlyres/D3D851A9-FDE6-4F68-8FD1-3CC6E50163E4/0/HojaSeguridadGasLP\\_v2007.pdf](http://www.gas.pemex.com/NR/rdonlyres/D3D851A9-FDE6-4F68-8FD1-3CC6E50163E4/0/HojaSeguridadGasLP_v2007.pdf)

3. **Hogares con estufa de gas natural.** Se considera que la proporción del consumo de energía de gas natural para el sector residencial (incluyendo GLP y gas natural), tomada del Balance Nacional de Energía, es la misma que el número de hogares que tienen estufa de gas natural.
4. **Hogares con estufa de GLP.** Es el resultado de la resta entre el número de hogares con estufa de gas menos el número de hogares con estufa de gas natural.
5. **Hogares con calentador de gas.** El número de los hogares que tienen calentador de gas (incluyendo GLP y gas natural) se estima de las ENIGH de 1996, 1998, 2000, 2002, 2004 y 2006. Se hace una extrapolación lineal para estimar los hogares con estufa y calentador de gas, considerando el promedio de crecimiento anual de 1996 a 2006.
6. **Hogares con calentador de gas natural.** Se asume que es la misma diferencia porcentual entre los hogares que tienen estufa y los que tienen calentador de gas (para hogares con estufa y calentador de gas que incluye GLP y gas natural).
7. **Hogares con calentador de GLP.** Resulta de la diferencia entre hogares con calentador de gas menos hogares con calentador de gas natural.
8. **Consumo de gas para cocción por hogar.** Se estima el consumo unitario de GLP y gas natural para cocción de alimentos en 12.3 GJ/hogar (Sheinbaum, 1996) para 1990 y una disminución lineal hasta llegar a una eficiencia de 15% menor en el año 2006.
9. **Consumo de GLP y gas natural para calentamiento de agua por hogar.** Se estima como la diferencia entre el consumo total de cada combustible y el consumo para cocción de alimentos dividido entre el número de hogares con cada equipo (Cuadro B.1.19.).
10. **Consumo de querosenos.** No se diferencia entre cada uso, dado que el factor de emisión estimado por el PICC es el mismo.
11. **Consumo de leña.** No se diferencia entre cada uso, dado que el factor de emisión estimado por el PICC es el mismo.
12. **Factores de emisión.** Los factores de emisión se consideran sin control, de acuerdo con el Cuadro B.1.20, que contiene los factores del *Manual de referencia* del PICC (1996). Para los factores de emisión no disponibles se consideran los proporcionados por el Nivel Tier 1.

CUADRO B.1.19  
Saturación de combustibles en el sector residencial por uso final

Año	Hogares	Con estufa de GLP (%)	Con estufa de gas natural (%)	Con calentador de GLP (%)	Con calentador de gas natural (%)
1990	16,203	83.3	11.8	27.8	11.8
1991	16,932	80.9	12.7	28.0	12.7
1992	17,661	80.0	12.2	28.6	12.2
1993	18,390	78.8	12.2	29.1	12.2
1994	19,119	79.3	10.6	30.3	10.6

CUADRO B.1.19 (CONTINÚA)  
**Saturación de combustibles en el sector residencial por uso final**

Año	Hogares	Con estufa de GLP (%)	Con estufa de gas natural (%)	Con calentador de GLP (%)	Con calentador de gas natural (%)
1995	19,848	79.6	9.4	31.5	9.4
1996	20,332	78.9	10.3	32.3	10.3
1997	20,817	79.3	10.3	33.6	10.3
1998	21,301	80.8	9.1	35.3	9.1
1999	21,785	85.7	8.2	38.1	8.2
2000	22,269	93.2	4.6	42.0	4.6
2001	22,776	87.5	7.3	40.5	7.3
2002	23,283	83.9	8.1	39.8	8.1
2003	23,790	84.1	8.9	40.4	8.9
2004	24,297	84.6	9.4	41.1	9.4
2005	24,804	84.2	9.9	41.2	9.9
2006	25,475	83.9	9.8	41.3	9.8
2007	26,146	81.9	9.4	40.3	9.4
2008	26,817	81.8	9.3	40.3	9.3
2009	27,488	81.8	9.2	40.4	9.2
2010	28,159	83.9	9.3	41.3	9.3

Fuente: Estimación propia a partir del BNE y la ENIGH.

CUADRO B.1.20  
**Factores de emisión: sector residencial Tier 2 (Kg/TJ)**

Combustible	CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>
<b>Cocción GLP</b> ( <i>fumaces</i> )	10	1.1	47
<b>Calentamiento de agua GLP</b> ( <i>gas heaters</i> )	10	1.1	47
<b>Cocción GN</b> ( <i>fumaces</i> )	18	1	43
<b>Calentamiento de agua GN</b> ( <i>gas heaters</i> )	10	1	47
<b>Cocción querosenos</b>	16	0.07	65
<b>Calentamiento de agua querosenos</b> ( <i>gas heaters</i> )	16	0.07	65
<b>Leña</b> ( <i>wood pits</i> )	4,900	200	150

Fuente: Manual de referencia, vol. III, PICC, 1996.



## EMISIONES DE SO<sub>2</sub>

La metodología propuesta por el PICC en la sección 1.4.2.6 del *Manual de referencia* para el cálculo de este gas considera el porcentaje en peso del azufre contenido en los combustibles empleados.

El método general del PICC para calcular las emisiones de SO<sub>2</sub> es el siguiente:

ECUACIÓN B.1.3

$$\text{Emisiones} = \Sigma (\text{FE}_{ab} * \text{Actividad}_{ab})$$

Donde:

*FE* = Factor de emisión en kg/TJ

*Actividad* = Energía de entrada (TJ)

*a* = Tipo de combustible

*b* = Sector-actividad

El factor de emisión para el SO<sub>2</sub> se determina de la manera siguiente:

ECUACIÓN B.1.4

$$\text{FE}_{\text{SO}_2} = 2 \times \frac{s}{100} \times \frac{1}{Q} \times 10^6 \times \frac{100 - r}{100} \times \frac{100 - n}{100}$$

Donde:

*FE* = Factor de emisión (kg/TJ)

*2* = SO<sub>2</sub> / S (kg/kg)

*s* = Contenido de azufre en el combustible (%)

*r* = Retención de azufre en las cenizas (%)

*Q* = Poder calorífico neto (TJ/kt)

*10<sup>6</sup>* = Factor de conversión

*n* = Eficiencia para abatir y/o reducir (%)

El contenido de azufre en el combustible se calcula para todos los años de acuerdo con la NOM-086-ECOL-1994 (Cuadro B.1.21). Los poderes caloríficos pueden consultarse en el Balance Nacional de Energía (SENER, 2002, 2010). Con base en ello, los factores de emisión promedio por

combustible se presentan en el Cuadro B.1.22 para las industrias de la energía; en el Cuadro B.1.23 para el sector industrial; en el Cuadro B.1.24 para el transporte, y en el Cuadro B.1.25 para el residencial, comercial y público.

CUADRO B.1.21  
**Contenido promedio de azufre en los combustibles (%)**

Contenido de azufre	%	G/m <sup>3</sup>	Contenido de azufre	%	G/m <sup>3</sup>
Carbón	1.000		Nova	0.150	
Combustóleo	4.000		Magna ZMVM	0.050	
Diesel	0.500		Magna RP	0.100	
GLP	0.014		Premium	0.050	
Gas natural		0.150	Diesel		
Querosina	0.300		Nacional	1.000	
Gasolina	0.100		Desulfurado	0.500	
Gasolina			SIN	0.050	

Fuente: NOM-086-ECOL-1994, SEMARNAT.

CUADRO B.1.22  
Factores de emisión de SO<sub>2</sub> para industrias de la energía (kg/TJ)

Año	Carbón	Petróleo crudo	Condensados	Gas asociado	Coque carbón	Coque petróleo	GLP	Gasolinas	Querosinas	Diesel	Combust-óleo	Gas natural
1990	1,099.082	1,941.273	1,941.273	14.119	1,099.082	5.395	5.395	43.562	139.308	222.172	1,941.273	14.119
1991	1,099.082	1,932.139	1,932.139	14.048	1,099.082	5.519	5.519	43.578	139.837	222.864	1,932.139	14.048
1992	1,099.082	1,938.524	1,938.524	14.132	1,099.082	5.527	5.527	43.503	139.787	223.406	1,938.524	14.132
1993	1,099.082	1,938.524	1,938.524	14.132	1,099.082	5.527	5.527	43.503	139.787	223.406	1,938.524	14.132
1994	1,044.114	1,927.001	1,927.001	14.132	1,044.114	5.391	5.391	42.560	136.599	222.210	1,927.001	14.132
1995	1,077.586	1,918.001	1,918.001	15.034	1,077.586	5.396	5.396	42.496	138.558	222.172	1,918.001	15.034
1996	1,053.630	1,926.700	1,926.700	14.314	1,053.630	5.441	5.441	42.908	139.509	224.928	1,926.700	14.314
1997	1,032.098	1,925.796	1,925.796	14.652	1,032.098	5.646	5.646	42.965	135.735	224.614	1,925.796	14.652
1998	1,061.289	1,927.303	1,927.303	14.734	1,061.289	5.646	5.646	42.891	136.792	224.693	1,927.303	14.734
1999	1,059.771	1,927.303	1,927.303	15.437	1,059.771	6.043	6.043	44.046	136.406	224.693	1,927.303	15.437
2000	1,045.151	1,927.303	1,927.303	15.437	1,045.151	6.043	6.043	44.046	13.637	224.693	1,927.303	15.437
2001	1,064.056	1,927.303	1,927.303	15.215	1,064.056	6.043	6.043	44.700	137.940	231.481	1,927.303	15.215
2002	1,030.662	1,927.303	1,927.303	15.215	1,030.662	6.043	6.043	44.700	137.940	231.481	1,927.303	15.215
2003	1,030.662	1,990.519	1,990.519	15.215	1,030.662	5.919	5.919	46.476	144.518	230.775	1,990.519	15.215
2004	1,030.662	1,928.510	1,928.510	15.215	1,030.662	5.919	5.919	42.352	139.610	223.600	1,928.510	15.215
2005	1,030.662	1,859.187	1,859.187	15.215	1,030.662	5.993	5.993	46.342	147.949	237.240	1,859.187	15.215
2006	1,030.662	1,882.778	1,882.778	15.215	1,030.662	5.993	5.993	46.342	147.949	237.240	1,882.778	15.215
2007	1,030.662	1,882.778	1,882.778	15.215	1,030.662	5.993	5.919	46.342	147.949	237.240	1,882.778	15.215
2008	1,030.662	1,813.734	1,813.734	15.215	1,030.662	5.993	5.919	42.560	144.518	222.172	1,813.734	15.215
2009	1,030.662	1,813.734	1,813.734	15.215	1,030.662	5.993	5.919	44.700	144.518	237.240	1,813.734	15.215
2010	1,030.662	1,813.734	1,813.734	15.215	1,030.662	5.900	5.919	44.046	139.610	237.240	1,813.734	15.215

Fuente: Elaboración a partir de la metodología del PICC, poderes caloríficos del BNE, y contenido de azufre de la NOM-086-ECOL-1994.

CUADRO B.1.23  
Factores de emisión de SO<sub>2</sub> para el sector industrial (kg/TJ)

Año	Coque carbón	Coque Petróleo	GLP	Gasolinas	Querosinas	Diesel	Combust- óleo	Gas natural
1990	1,099.08	5.40	5.40	43.56	139.31	222.17	1,941.27	14.12
1991	1,099.08	5.52	5.52	43.58	139.84	222.86	1,932.14	14.05
1992	1,099.08	5.53	5.53	43.50	139.79	223.41	1,938.52	14.13
1993	1,099.08	5.53	5.53	43.50	139.79	223.41	1,938.52	14.13
1994	1,044.11	5.39	5.39	42.56	136.60	222.21	1,927.00	14.13
1995	1,077.59	5.40	5.40	42.50	138.56	222.17	1,918.00	15.03
1996	1,053.63	5.44	5.44	42.91	139.51	224.93	1,926.70	14.31
1997	1,032.10	5.65	5.65	42.96	135.74	224.61	1,925.80	14.65
1998	1,061.29	5.65	5.65	42.89	136.79	224.69	1,927.30	14.73
1999	1,059.77	6.04	6.04	44.05	136.41	224.69	1,927.30	15.44
2000	1,045.15	6.04	6.04	44.05	13.64	224.69	1,927.30	15.44
2001	1,064.06	6.04	6.04	44.70	137.94	231.48	1,927.30	15.22
2002	1,030.66	6.04	6.04	44.70	137.94	231.48	1,927.30	15.22
2003	1,030.66	5.92	5.92	46.48	144.52	230.78	1,990.52	15.22
2004	1,030.66	5.92	5.92	42.35	139.61	223.60	1,928.51	15.22
2005	1,030.66	5.99	5.99	46.34	147.95	237.24	2,046.74	15.22
2006	1,030.66	5.99	5.99	46.34	147.95	237.24	2,046.74	15.22
2007	1,030.66	5.99	5.99	46.34	147.95	237.24	2,046.74	15.22
2008	1,030.66	5.99	5.99	46.34	147.95	237.24	2,046.74	15.22
2009	1,030.66	5.99	5.99	46.34	147.95	237.24	2,046.74	15.22
2010	1,030.66	5.99	5.99	46.34	147.95	237.24	2,046.74	15.22

Fuente: Elaboración a partir de la metodología del PICC, poderes caloríficos del BNE y contenido de azufre de la NOM-086-ECOL-1994.

CUADRO B.1.24  
Factores de emisión de SO<sub>2</sub> para el sector transporte (kg/TJ)

Año	GLP	Gasolinas	Querosinas	Diesel	Combustóleo	Gas natural
1990	5.395	62.745	139.308	408.180	1,941.273	14.119
1991	5.519	63.156	139.837	397.758	1,932.139	14.048
1992	5.527	60.702	139.787	305.453	1,938.524	14.132
1993	5.527	57.898	139.787	218.140	1,938.524	14.132
1994	5.391	50.908	136.599	155.019	1,927.001	14.132
1995	5.396	48.483	138.558	88.845	1,918.001	15.034
1996	5.441	47.202	139.509	41.965	1,926.700	14.314
1997	5.646	39.983	135.735	23.213	1,925.796	14.652
1998	5.646	35.036	136.792	22.469	1,927.303	14.734
1999	6.043	35.532	136.406	22.469	1,927.303	15.437

CUADRO B.1.24 (CONTINÚA)  
Factores de emisión de SO<sub>2</sub> para el sector transporte (kg/TJ)

Año	GLP	Gasolinas	Querosinas	Diesel	Combustóleo	Gas natural
2000	6.043	35.044	136.637	22.469	1,927.303	15.437
2001	6.043	35.217	137.940	23.148	1,927.303	15.215
2002	6.043	34.886	137.940	23.148	1,927.303	15.215
2003	5.919	36.272	144.518	23.078	1,990.519	15.215
2004	5.919	33.053	139.610	22.360	1,928.510	15.215
2005	5.993	36.167	147.949	23.724	2,046.739	15.215
2006	5.993	36.167	147.949	23.724	2,046.739	15.215
2007	5.993	36.167	147.949	23.724	2,046.739	15.215
2008	5.993	36.167	147.949	23.724	2,046.739	15.215
2009	5.993	36.167	147.949	23.724	2,046.739	15.215
2010	5.993	36.167	147.949	23.724	2,046.739	15.215

Fuente: Elaboración a partir de la metodología del PICC, poderes caloríficos del BNE y contenido de azufre de la NOM-086-ECOL-1994.

CUADRO B.1.25  
Factores de emisión de SO<sub>2</sub> para los sectores comercial, residencial y agropecuario (kg/TJ)

Año	GLP	Gasolinas	Querosinas	Diesel	Combustóleo	Gas natural
1990	5.40	0.00	139.31	222.17	1,941.27	14.12
1991	5.52	0.00	139.84	222.86	1,932.14	14.05
1992	5.53	0.00	139.79	223.41	1,938.52	14.13
1993	5.53	0.00	139.79	223.41	1,938.52	14.13
1994	5.39	0.00	136.60	222.21	1,927.00	14.13
1995	5.40	0.00	138.56	222.17	1,918.00	15.03
1996	5.44	0.00	139.51	224.93	1,926.70	14.31
1997	5.65	0.00	135.74	224.61	1,925.80	14.65
1998	5.65	0.00	136.79	224.69	1,927.30	14.73
1999	6.04	0.00	136.41	224.69	1,927.30	15.44
2000	6.04	0.00	136.41	224.69	1,927.30	15.44
2001	6.04	0.00	137.94	231.48	1,927.30	15.22
2002	6.04	0.00	137.94	231.48	1,927.30	15.22
2003	5.92	0.00	144.52	230.78	1,990.52	15.22
2004	5.92	0.00	139.61	223.60	1,928.51	15.22
2005	5.99	0.00	147.95	237.24	2,046.74	15.22
2006	5.99	0.00	147.95	237.24	2,046.74	15.22
2007	5.99	0.00	147.95	237.24	2,046.74	15.22
2008	5.99	0.00	147.95	237.24	2,046.74	15.22
2009	5.99	0.00	147.95	237.24	2,046.74	15.22
2010	5.99	0.00	147.95	237.24	2,046.74	15.22

Fuente: Elaboración a partir de la metodología del PICC, poderes caloríficos del BNE y contenido de azufre de la NOM-086-ECOL-1994.

## ■ EMISIONES FUGITIVAS (1B)

### MINAS DE CARBÓN (1B1)

La estimación de las emisiones fugitivas de metano ( $\text{CH}_4$ ) debe hacerse para tres fuentes:

- En minas subterráneas, el carbón se libera por ventilación de grandes cantidades de aire expulsado a la atmósfera. Cuando existen sistemas de recuperación de  $\text{CH}_4$ , este gas puede usarse como fuente de energía o liberarse a la atmósfera.
- En minas a cielo abierto, el carbón se encuentra a muy baja profundidad o está expuesto a la atmósfera. Debido a esto, la presión sobre el carbón es menor y su contenido de carbón es mucho menor que el de las minas subterráneas.
- Parte del carbón que se emite del minado del mismo proviene de actividades posteriores al minado, tales como su procesamiento, transportación y uso.

#### *Minas subterráneas*

Las emisiones de  $\text{CH}_4$  de minas subterráneas deben incluir las emisiones de los sistemas de ventilación y de los sistemas de gasificación cuando sean empleados. El PICC recomienda usar tres métodos para la estimación de estas emisiones. La elección del método depende de la disponibilidad de los datos y del grado en el que la actividad de minado sea una fuente significativa de emisiones.

El método de estimación de emisiones de  $\text{CH}_4$  utilizado en este trabajo es de Tier 1 o nivel 1, debido a la poca información que se tiene acerca de la explotación del carbón. Las emisiones de  $\text{CH}_4$  se estiman multiplicando la producción de carbón en la extracción subterránea por un factor de emisión que representa las emisiones globales promedio del minado subterráneo, incluyendo sistemas de ventilación y degasificación. La ecuación a utilizar es:

ECUACIÓN B.1.5

$$Emisiones_{s-\text{CH}_4} = P_{sC} \times F_{\text{CH}_4} \times F_{\text{conv}} \text{ [Gg]}$$

Donde:

$P_{sC}$  = Producción subterránea de carbón (MT)

$F_{s-\text{CH}_4}$  = Factor de emisión de metano ( $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{t}$ )

$F_{\text{conv}}$  = Factor de conversión (Gg/millones  $\text{m}^3$  de metano)

El factor de emisión debe elegirse del intervalo 10-25  $\text{m}^3/\text{tonelada}$  recomendado por el PICC. El factor de conversión representa la densidad del  $\text{CH}_4$  a 20°C y 1 atmósfera (0.67 Gg/millones de  $\text{m}^3$ ).

#### *Minas a cielo abierto*

El PICC recomienda dos métodos para la estimación de emisiones de  $\text{CH}_4$  en minas a cielo abierto. Estas emisiones provienen del minado de carbón y de los estratos circundantes expuestos a la atmósfera durante el proceso de minado. En el método

de Tier 1 la separación de estas fuentes de emisión no se toma en cuenta. El método Tier 2 requiere factores de emisión para cada una de estas fuentes.

Debido a la escasa información disponible sobre el minado de carbón a cielo abierto, se eligió el método de Tier 1 para la estimación de las emi-

siones de CH<sub>4</sub> provenientes de la explotación de carbón en minas a cielo abierto. El método es similar al del caso de minas subterráneas y consiste en multiplicar la producción superficial de carbón por un factor de emisión que se selecciona de un intervalo global:

ECUACIÓN B.1.6

$$Emisiones_{sp-CH_4} = P_{spC} \times F_{CH_4} \times F_{conv} [Gg]$$

Donde:

$P_{spC}$  = Producción superficial de carbón (Mt)

$F_{sp-CH_4}$  = Factor de emisión de metano (m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t)

$F_{conv}$  = Factor de conversión (Gg/millones m<sup>3</sup> de metano)

El factor de emisión recomendado por el PICC debe seleccionarse del intervalo 0.3-2.0 m<sup>3</sup>/t. Dada la falta de información y mediciones de las emisiones de CH<sub>4</sub> de minas superficiales, este intervalo es considerado altamente incierto.

#### **Actividades posteriores al minado**

Existe escasa información relativa a las emisiones de CH<sub>4</sub> de actividades posteriores al minado. El

PICC recomienda dos métodos de estimación de estas emisiones. Dada la poca información que se tiene respecto a las emisiones de CH<sub>4</sub> en estas actividades, se decidió utilizar el método de Tier 1, que es el más simple y que utiliza un factor de emisión promedio multiplicado por la producción de carbón subterránea y superficial:

ECUACIÓN B.1.7

$$Emisiones_{pm-CH_4} = (P_{spC} + P_{sC}) \times \left( \frac{F_{s-CH_4} + F_{sp-CH_4}}{2} \right) \times F_{conv} [Gg]$$

El PICC sugiere utilizar el intervalo de 0.9 a 4 m<sup>3</sup>/t para el minado de carbón subterráneo y de 0 a 0.2 m<sup>3</sup>/t para la explotación superficial de carbón.

Las emisiones totales de CH<sub>4</sub> provenientes de la explotación del carbón serán la suma de las emisiones del minado subterráneo, minado superfi-

cial y de las actividades posteriores al mismo. Si existe alguna cantidad de CH<sub>4</sub> recuperado y usado como combustible debe ser restada del total de emisiones.

Siguiendo la metodología sugerida por el PICC a continuación se hace la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes del minado de carbón.

ECUACIÓN B.1.8

$$Emisiones_{CH_4} = Emisiones_{s-CH_4} + Emisiones_{sp-CH_4} + Emisiones_{pm-CH_4}$$

### Factores de emisión

Los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes del minado de carbón se eligieron como el promedio de los intervalos recomendados por el PICC, dada la inexistente información que se tiene al respecto con relación a nuestro país. Estos factores de emisión se muestran en el Cuadro B.1.26.

### Factor de conversión

El factor de conversión representa la densidad del metano a 20°C y 1 atmósfera (0.67 Gg/millones de m<sup>3</sup>).

CUADRO B.1.26

### Factores de emisión de CH<sub>4</sub> en el minado de carbón

Minas subterráneas		Minas a cielo abierto	
Actividades de extracción	Actividades posteriores	Actividades de extracción	Actividades posteriores
m <sup>3</sup> / t			
17.5 <sup>(1)</sup>	2.45 <sup>(2)</sup>	1.2 <sup>(3)</sup>	0.1 <sup>(2)</sup>

Fuente: Manual de referencia, vol. III, PICC, 1996, (1) Ec. 1, (2) Ec. 4, (3) Ec. 3., pp. 1.105, 1.108 y 1.110.

## INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y GAS NATURAL (1B2)

Las emisiones de CH<sub>4</sub> son el componente más importante en la producción de petróleo y gas natural. También son importantes las emisiones de precursores de ozono y de bióxido de carbono provenientes de la refinación de petróleo crudo.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> de las actividades de petróleo y gas natural pueden clasificarse en:

- **Emisiones durante la operación normal.** Están relacionadas con el venteo y la quema de gas en antorcha y las descargas de venteo y fugas, etc.
- **Mantenimiento.** Incluye actividades periódicas en la operación de las instalaciones.
- **Problemas del sistema y accidentes.** Incluye eventos imprevistos y accidentes en el sistema, siendo el más común un incremento excesivo de presión como resultado de una falla en algún regulador de presión.



### Metodología

El PICC recomienda tres metodologías para la estimación de las emisiones provenientes del petróleo y gas natural. La elección del método dependerá de la calidad de la información disponible.

El método de Tier 1 es el más sencillo de todos y se puede usar como un punto de inicio. Para ello, los sistemas de producción de petróleo y gas se dividen en regiones que tienen un factor de emisión característico. Se deben conocer los niveles de actividad y ser multiplicados por el factor de emisión correspondiente. Este método es utilizado en la estimación de emisiones de CH<sub>4</sub> debido a la poca información con que se dispone.

### Factores de emisión

Los factores de emisión usados para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> en actividades de petróleo y gas se tomaron del Cuadro B.1.27 de las directrices del PICC de 1996, correspondientes a la región (otros países exportadores de petróleo), y se muestran en el Cuadro B.1.27. Representan promedios de los intervalos mostrados en la tabla debido a que no se cuenta con valores propios para el país.

CUADRO B.1.27  
Factores de emisión de CH<sub>4</sub> en la industria del petróleo y gas natural (kg/PJ)

Petróleo		
Producción	2,650	Petróleo producido
Transporte	745	Petróleo exportado
Refinación	745	Petróleo refinado
Almacenamiento	135	Petróleo refinado
Gas natural		
Producción	288,000	Gas producido
Procesamiento, transmisión, distribución	118,000	Gas consumido
Fugas industriales	87,500	Gas consumido
Fugas residenciales y comerciales	43,500	Gas consumido
Venteo y quema en antorcha		
	902,000	Gas producido

Fuente: *Manual de referencia*, vol. III, PICC, 1996. Tabla 1.58, p. 121.

## B.2 PROCESOS INDUSTRIALES

### ■ B.2.1 INDUSTRIA DE LOS MINERALES (2A)

#### B.2.1.1 CEMENTO (2A1)

##### *Factores de emisión*

El factor de emisión para el CO<sub>2</sub> es de 0.4985 t CO<sub>2</sub>/tonelada de cemento producido, considerando el valor de fracción de cal por defecto.<sup>1</sup>

El factor de emisión para el SO<sub>2</sub> es de 0.3 kg SO<sub>2</sub>/tonelada de cemento, siguiendo los pasos indicados para llenar la hoja de trabajo.

#### B.2.1.2 CAL (2A2)

##### *Factores de emisión*

Las normas mexicanas sobre las especificaciones y métodos de prueba para la fabricación de cal mencionan los valores mínimos o máximos del contenido de óxidos de calcio y de magnesio.

CUADRO B.2.1  
Especificaciones de las normas mexicanas para la fabricación de cal

Tipo de cal	Norma	Contenido de CaO	Contenido de MgO
Cal viva	NMX-C-004-1991-ONNCEE	60% mínimo de CaO y MgO sobre la muestra calcinada	
Cal hidratada	NMX-C-003-1996-ONNCCE	80% mínimo	5% máximo
Cal hidráulica	NMX-C-005-1996-ONNCCE	60% mínimo de CaO y MgO 3% máximo de CaO libre	

Los factores de emisión para los diferentes tipos de cal fueron calculados con base en las ecuaciones<sup>2</sup> B.2.1 y B.2.2 y los valores por defecto recomen-

dados por la GBP para la producción de cal; estos valores se encuentran dentro del rango de valores mínimos o máximos establecidos en estas normas:

1. *Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, p.2.6.
2. *Orientación del PICC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, PICC, 2000, p.3.21.

ECUACIÓN B.2.1

$$FE1 = \text{Razón estequiométrica (CO}_2\text{/CaO)} \times \text{Contenido de CaO}$$

Donde:

*FE1* = Factor de emisión para la cal viva

ECUACIÓN B.2.2

$$FE2 = \text{Razón estequiométrica (CO}_2\text{/CaOMgO)} \times \text{Contenido de CaOMgO}$$

Donde:

*FE2* = Factor de emisión para la cal viva dolomítica

CUADRO B.2.2

Factores de emisión para la producción de cal y los parámetros básicos para calcularlos

Tipo de cal	Razón estequiométrica	Rango de contenido de CaO	Rango de contenido de MgO	Contenido de CaO / CaO MgO	Factor de emisión (tonelada CO <sub>2</sub> /tonelada de cal producida)
Cal grasa	0.79	93%-98%	0.3%-2.5%	0.95	0.75
Cal dolomítica	0.91	55%-57%	38%-41%	0.85	0.77
Cal hidráulica	0.79	65%-92%		0.75	0.59
Cal siderúrgica y química <sup>a</sup>	0.79			1.0	0.79

**Fuente:** Orientación del PICC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, PICC, 2000, cuadro 3.4, p. 3.23.

**a:** Suponiendo que la cal siderúrgica se obtiene con caliza de alto contenido de CaO y empleando los valores por defecto de las directrices del PICC de 1996.

**Emisiones**

Con base en los datos de actividad y los factores de emisión, se estimaron las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de cal para el periodo 1990-2010.

CUADRO B.2.3  
Emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de cal (Gg de CO<sub>2</sub>)

Año	Cal viva	Cal hidratada (aérea e hidráulica)	Cal siderúrgica y química	Cal dolomítica	Total
1990	363.593	1,678.340	15.084	118.297	2,175.313
1991	369.258	1,675.415	41.180	123.975	2,209.829
1992	374.924	1,672.491	67.276	129.654	2,244.345
1993	359.808	1,714.998	79.210	132.447	2,286.464
1994	344.736	1,757.506	91.144	135.240	2,328.625
1995	417.452	1,563.308	169.790	140.704	2,291.253
1996	460.192	1,522.685	231.705	159.550	2,374.132
1997	428.917	1,642.019	230.514	168.248	2,469.698
1998	385.881	1,654.048	208.113	173.290	2,421.332
1999	399.553	1,630.111	193.574	170.179	2,393.417
2000	444.602	1,659.484	240.681	157.506	2,502.274
2001	473.369	1,655.435	277.270	140.699	2,546.773
2002	409.190	1,666.903	347.616	193.050	2,616.759
2003	454.751	1,618.574	345.195	206.295	2,624.815
2004	435.740	1,572.577	331.463	215.377	2,555.157
2005	393.855	1,526.804	381.179	230.332	2,532.170
2006	477.390	1,610.562	323.454	266.646	2,678.052
2007	495.569	1,510.456	382.495	302.959	2,691.479
2008	500.752	1,522.222	346.097	339.272	2,708.343
2009	505.934	1,533.989	309.698	375.585	2,725.206
2010	489.504	1,271.580	491.309	411.898	2,664.291

### B.2.1.3 USO DE CALIZA Y DOLOMITA (2A3)

#### *Factores de emisión*

Se emplearon los siguientes factores de emisión recomendados en las directrices del PICC de 1996.

CUADRO B.2.4  
Factores de emisión por el uso de caliza y dolomita

Producto	Factores de emisión
Consumo de caliza	440 kg CO <sub>2</sub> /tonelada de caliza utilizada
Consumo de dolomita	477 kg CO <sub>2</sub> /tonelada de dolomita utilizada

Fuente: Libro de trabajo, volumen II, PICC, 1996, p. 2.6 y 2.7.

### Emisiones

Con base en los datos de actividad y los factores de emisión, se estimaron las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la utilización de caliza y dolomita para el periodo 1990-2010.

CUADRO B.2.5  
Emisiones de CO<sub>2</sub> por la utilización de caliza y dolomita (Gg de CO<sub>2</sub>)

Año	Uso de caliza	Uso de dolomita	Total	Año	Uso de caliza	Uso de dolomita	Total
1990	1,937.2	64.7	2,001.9	2001	14,904.5	201.6	15,106.1
1991	2,659.2	63.9	2,723.1	2002	12,725.8	87.9	12,813.6
1992	3,048.9	59.2	3,108.1	2003	11,224.0	107.5	11,331.5
1993	3,511.6	88.4	3,599.9	2004	18,169.0	373.7	18,542.7
1994	3,227.1	136.8	3,364.0	2005	10,634.2	439.2	11,073.3
1995	4,004.9	282.8	4,287.8	2006	14,935.3	429.2	15,364.5
1996	5,075.2	260.4	5,335.7	2007	11,483.7	354.6	11,838.2
1997	7,173.8	373.8	7,547.6	2008	12,787.9	402.6	13,190.5
1998	7,129.8	397.3	7,527.2	2009	11,909.7	257.9	12,167.5
1999	10,326.5	25.1	10,351.6	2010	11,922.2	523.6	12,445.7
2000	12,357.4	82.9	12,440.3				

Fuente: Elaboración a partir de datos de producción de caliza y dolomita

### B.2.1.4 CARBONATO DE SODIO (2A4)

#### Factores de emisión

Las directrices del PICC de 1996 proporcionan los siguientes factores de emisión de CO<sub>2</sub> para la producción y uso de carbonato de sodio.

CUADRO B.2.6  
Factores de emisión para el carbonato de sodio

Producción (Producto)	Factores de emisión kg CO <sub>2</sub> /tonelada de producto
Producción de carbonato de sodio natural (por entrada de trona) <sup>a</sup>	0.097
Uso de carbonato de sodio <sup>a</sup> (utilizado)	415

Fuente: a: Libro de trabajo, volumen II, PICC, 1996, p. 2.8.

### B.2.1.5 PRODUCCIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO DE TECHOS (2A5)

#### **Factores de emisión**

Las directrices del PICC de 1996 proporcionan los siguientes factores de emisión de COVDM y CO para la producción de material asfáltico para techos y para el proceso de soplado del asfalto.

CUADRO B.2.7  
Factores de emisión de COVDM y CO para la producción de material asfáltico y proceso de soplado del asfalto

Producto	Factor de emisión	
	kg COVDM/ tonelada de producto	kg CO/ tonelada de producto
<b>Producción de material asfáltico</b>		
Proceso de saturación con rociado	0.13 – 0.16	n.d.
Proceso de saturación sin rociado	0.046 – 0.049	0.0095
<b>Proceso de soplado del asfalto</b>		
Proceso de soplado con postquemador	0.1	n.d.
Proceso de soplado sin ningún control	2.4	n.d.

Fuente: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2-3, p.2.13.  
n.d.: Datos no disponibles.

Debido a que se desconocen los procesos específicos de saturación y de soplado de asfalto empleados en el país, se consideraron los factores de emisión de COVDM más altos, es decir, 0.16 kg COVDM/tonelada para la producción de material asfáltico y 2.4 kg COVDM/tonelada para el proceso de soplado. Esto podría dar lugar a una ligera

subestimación de las emisiones de COVDM, pero la selección del factor de emisión se realiza considerando el desconocimiento sobre cuáles son las prácticas más comunes o la proporción en el uso de métodos para la producción de material asfáltico y el soplado de asfalto.

### B.2.1.6 PAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA (2A6)

#### **Factores de emisión**

Las directrices del PICC de 1996 proporcionan los siguientes factores de emisión de precursores de ozono y SO<sub>2</sub> para la cantidad de asfalto utilizado en los pavimentos.

CUADRO B.2.8

## Factores de emisión para la pavimentación de superficies con asfalto

	Factores de emisión
Planta de asfalto	0.12 kg SO <sub>2</sub> /tonelada de asfalto
	0.084 kg NO <sub>x</sub> /tonelada de asfalto
	0.035 kg CO/tonelada de asfalto
	0.023 kg COVDM/tonelada de asfalto
Superficie pavimentada	320 kg COVDM/tonelada de producto

Fuente: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2-4, p.2.14.

## B.2.1.7 VIDRIO (2A7)

*Factores de emisión*

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, el factor de emisión de COVDM por la producción de vidrio es de 4.5 kg COVDM por tonelada de vidrio producido.<sup>3</sup>

## ■ B.2.2 INDUSTRIA QUÍMICA (2B)

## B.2.2.1 AMONIACO (2B1)

*Factores de emisión*

CUADRO B.2.9

## Factores de emisión para la producción de amoníaco

Gas	Proceso	Factor de emisión
<b>Gases de efecto invernadero</b>		
<b>Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	Producción de amoníaco producido a partir del gas natural como materia prima principal <sup>a</sup>	1.5 toneladas CO <sub>2</sub> /tonelada de amoníaco
<b>Precursores de ozono y SO<sub>2</sub></b>		
<b>Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	Producción de amoníaco (sin tecnología de abatimiento)	0.03 kilogramos SO <sub>2</sub> /tonelada de amoníaco
<b>Monóxido de carbono (CO)</b>	Producción de amoníaco (sin tecnología de abatimiento)	7.9 kilogramos CO/tonelada de amoníaco
<b>Compuestos orgánicos totales (COVDM)</b>	Producción de amoníaco	4.7 kilogramos COVDM/tonelada de amoníaco

Fuente: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2-5, p. 2.16; tabla 2-6, p. 2.17.

a: Factor de emisión por defecto basado en una planta en Noruega.

3. *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, p.2.14.

### B.2.2.2 ÁCIDO NÍTRICO (2B2)

Debido al uso actual y potencial en el futuro de tecnologías a fin de reducir el N<sub>2</sub>O, la GBP recomienda emplear la siguiente fórmula para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O:

ECUACIÓN B.2.3

$$\text{Emisiones N}_2\text{O} = \text{Factor de emisión específico} \times \text{Volumen de producción} \times [1 - (\text{Factor de destrucción N}_2\text{O}) \times \text{Factor de utilización del sistema de reducción}]$$

#### Factores de emisión

Las directrices del PICC de 1996 proporcionan los siguientes factores de emisión de acuerdo al tipo de tecnología empleado para la fabricación de ácido nítrico.

CUADRO B.2.10

#### Factores de emisión para la producción de ácido nítrico

Proceso de producción	Factor de emisión kg N <sub>2</sub> O/tonelada de ácido nítrico
Estados Unidos <sup>a</sup>	2 – 9 <sup>a</sup>
Noruega (fábricas modernas integradas)	<2
Noruega (fábricas de presión atmosférica)	4 – 5
Noruega (fábricas de presión media)	6 – 7.5
Japón (plantas)	2.2 – 5.7
Tecnología de reducción de N <sub>2</sub> O	Factor de destrucción de N <sub>2</sub> O <sup>a</sup>
No se tiene información, por lo que se consideró que no hay reducción de emisiones de N <sub>2</sub> O	0%
<b>Precusores de ozono (NO<sub>x</sub>)</b>	
Valor por defecto si se desconocen detalles del proceso y tecnología <sup>b</sup>	12 kg de NO <sub>x</sub> /tonelada de ácido nítrico

Fuente: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2-7, p. 2.18.

a: Se ha informado de factores de emisión de hasta 19 kg de N<sub>2</sub>O/tonelada de ácido nítrico en fábricas no equipadas con tecnología de reducción catalítica no selectiva.

Debido a que no se cuenta con información disponible sobre la tecnología empleada para la producción de ácido nítrico, se utilizó un factor de generación promedio de 6 kg N<sub>2</sub>O/tonelada de

ácido nítrico, que es un factor promedio de las diferentes tecnologías (en el rango de 2 a 9 kg N<sub>2</sub>O/tonelada de ácido nítrico, no se consideró el rango de las plantas más antiguas anteriores a 1975). Se



consideró que no hay tecnologías para reducción de emisiones de N<sub>2</sub>O en las plantas de producción de ácido nítrico.

Para la emisión de NO<sub>x</sub> se consideró un factor de emisión de 12 kg de NO<sub>x</sub>/tonelada de ácido nítrico.

### B.2.2.3 ÁCIDO ADÍPICO (2B3)

#### *Factores de emisión*

Las directrices del PICC de 1996 proporcionan los factores de emisión para N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, COVDM y CO. La producción de ácido adípico da origen a emisiones de N<sub>2</sub>O a razón de 300g de N<sub>2</sub>O/kg de ácido adípico producido y los siguientes factores de emisión.

CUADRO B.2.11  
Factores de emisión para la producción de ácido adípico (kg/tonelada de producto)

NO <sub>x</sub>	COVDM	CO
8.1	43.3	34.4

Fuente: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2-8, p. 2.20.

### B.2.2.4 CARBURO DE CALCIO Y CARBURO DE SILICIO (2B4)

#### *Factores de emisión*

Para la producción de carburo de calcio y de silicio se tienen los siguientes factores de emisión conforme a las directrices del PICC de 1996.

CUADRO B.2.12  
Factores de emisión de GEI para la producción de carburo de calcio y de silicio

Factores de emisión	
<b>Carburo de calcio</b>	
Proceso de reducción (reducción de la cal con carbono)	1.09 toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de carburo de calcio producido <sup>a</sup>
Uso del carbonato de calcio	1.10 toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de carburo de calcio empleado <sup>a</sup>
<b>Carburo de silicio</b>	
Estimación de emisiones basada en la producción	2.62 toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de carburo de silicio producido <sup>b</sup>
	11.6 kg de CH <sub>4</sub> /tonelada de carburo de silicio producido <sup>c</sup>

Fuente: a: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2.9.

b: PICC, 2006. volumen 3, capítulo 3, p. 3.44.

c: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, p. 2.21.

## B.2.2.5 OTROS QUÍMICOS (2B5)

### **Factores de emisión**

Respecto a las emisiones de GEI, las directrices del PICC de 1996 mencionan únicamente los factores de emisión de metano (CH<sub>4</sub>) para la producción de negro de humo, etileno, dicloroetileno (1,2 dicloroetano), estireno y metanol. En cuanto a las

emisiones de N<sub>2</sub>O, las directrices mencionan que es necesario realizar más estudios para determinar las fuentes significativas de este gas. Finalmente, estas directrices no proporcionan ningún factor de emisión para CO<sub>2</sub>.

CUADRO B.2.13

### Factores de emisión empleados para estimar las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>)

Producto y/o proceso	Factor de emisión
Negro de humo	11 kg CH <sub>4</sub> /tonelada de negro de humo producido
Etileno	1 kg CH <sub>4</sub> /tonelada de etileno producido
Estireno	4 kg CH <sub>4</sub> /tonelada de estireno producido
Metanol	2 kg CH <sub>4</sub> /tonelada de metanol producido

Fuente: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2.10, p.2.23.

Respecto a las emisiones de los precursores de ozono y SO<sub>2</sub>, las directrices del PICC de 1996

recomiendan emplear los factores mostrados en el cuadro siguiente:

CUADRO B.2.14

### Factores de emisión empleados para estimar las emisiones de precursores de ozono y SO<sub>2</sub>

Producto y/o proceso	Factores de emisión (kg/tonelada producto)			
	Valores (rango)			
	COVDM	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>
Acrilonitrilo	1 (0.4 - 100)			
Negro de humo	40 (5 - 90)	3.1	10 (5 - 14)	0.4
Resinas de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	27.2 (1.4 a 27.2)			
Etilbenceno	2 (0.1 - 2)			
Etileno y propileno	1.4			
Formaldehído	5 (0 - 8)			
Anhídrido ftálico	6 (1.3 - 6)			
Polipropileno	12 (0.35 - 12)			

CUADRO B.2.14 (CONTINÚA)  
**Factores de emisión empleados para estimar las emisiones  
de precursores de ozono y SO<sub>2</sub>**

Producto y/o proceso	Factores de emisión (kg/tonelada producto)			
	Valores (rango)			
	COVDM	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>
Poliestireno	5.4 (0.2 - 5.4)			
Cloruro de polivinilo	8.5 (0.14 - 8.5)			
Estireno	18 (0.25 - 18)			
1,2 Dicloroetano (dicloro- etano, dicloruro de etileno)	7.3(0.2 - 7.3)			
Polietileno – Baja densidad	3			
Polietileno – Alta densidad	6.4			
Ácido sulfúrico		17.5 (1 - 25)		
Bióxido de titanio		14.6 (0.9 - 14.6)		

Fuente: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2.11, p.2.25.

### **Emisiones**

Con base en los factores de emisión arriba mencionados, se estimaron las emisiones de metano procedentes de la producción de dicloroetileno,

estireno, etileno, metanol y negro de humo (Cuadro B.2.14).

CUADRO B.2.15  
Emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) de la industria química (Gg de CH<sub>4</sub>)

Año	Dicloro- etileno	Estireno	Etileno	Metanol	Negro de humo	Total
1990	0.158	0.632	1.370	0.420	1.378	3.957
1991	0.076	0.608	1.365	0.426	1.049	3.523
1992	0.154	0.639	1.482	0.400	0.994	3.669
1993	0.147	0.654	1.304	0.338	0.728	3.172
1994	0.143	0.648	1.317	0.370	0.929	3.406
1995	0.132	0.696	1.359	0.404	1.056	3.646
1996	0.128	0.619	1.340	0.422	1.186	3.694
1997	0.142	0.501	1.294	0.386	1.265	3.587
1998	0.128	0.512	1.256	0.386	1.318	3.600
1999	0.118	0.470	1.153	0.368	1.331	3.439
2000	0.121	0.574	1.158	0.378	1.258	3.488
2001	0.098	0.498	1.063	0.378	0.961	2.997
2002	0.101	0.510	0.994	0.338	0.969	2.912
2003	0.074	0.402	0.982	0.380	1.320	3.158
2004	0.044	0.648	1.007	0.330	1.320	3.350
2005	0.104	0.567	1.085	0.162	1.320	3.239
2006	0.141	0.556	1.128	0.170	1.320	3.315
2007	0.157	0.535	1.001	0.024	1.438	3.154
2008	0.107	0.478	1.062	0.088	1.555	3.290
2009	0.104	0.365	1.160	0.065	1.673	3.367
2010	0.123	0.260	1.126	0.032	1.791	3.331

## ■ B.2.3 INDUSTRIA DE LOS METALES (2C)

### B.2.3.1 PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO (2C1)

#### *Factores de emisión*

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, se emplearon los factores de emisión siguientes:

CUADRO B.2.16  
Factores de emisión de precursores de ozono y SO<sub>2</sub>

Producto	Factor de emisión
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub><sup>a</sup></b>	
Agente reductor (coque de carbón)	3.1 tonelada CO <sub>2</sub> /tonelada de agente reductor
<b>Emisiones de NO<sub>x</sub><sup>b</sup></b>	
Colada del mineral de hierro	0.076 kg NO <sub>x</sub> /tonelada de arrabio
Laminadores	0.040 kg NO <sub>x</sub> /tonelada de acero laminado
<b>Emisiones de COVDM<sup>c</sup></b>	
Producción de hierro-Carga de altos hornos	0.1 kg COVDM/tonelada producida
Fabricación del acero-Laminadores	0.03 kg COVDM/tonelada producida
<b>Emisiones de CO<sup>d</sup></b>	
Producción de hierro-Carga de altos hornos	1.3 kg CO/tonelada producida
Fabricación del acero-Laminadores	0.001 kg CO/tonelada producida
<b>Emisiones de SO<sub>2</sub><sup>e</sup></b>	
Producción de hierro-Carga de altos hornos	3 kg SO <sub>2</sub> /tonelada producida
Fabricación del acero-Laminadores	0.045 kg SO <sub>2</sub> /tonelada producida

a: *Libro de trabajo*, volumen II, PICC, 1996, tabla 2.11, p. 2.28.

b: *Ibid.*, tabla 2.13, p. 2.29.

c: *Ibid.*, tabla 2.14, p. 2.30.

d: *Ibid.*, tabla 2.15, p. 2.30.

e: *Ibid.*, tabla 2.16, p. 2.30.

### B.2.3.2 PRODUCCIÓN DE FERROALEACIONES (2C2)

#### *Factores de emisión*

De acuerdo con las directrices del PICC de 1996, se emplearon los siguientes factores de emisión de

GEI y precursores de ozono para la producción de ferromanganeso y silicomanganeso.

CUADRO B.2.17  
Factores de emisión para la producción de ferromanganeso y silicomanganeso

Tipo de ferroaleación y/o proceso	Factor de emisión
<b>Emisiones de GEI<sup>a</sup></b>	
Ferromanganeso	1.6 t CO <sub>2</sub> /tonelada de ferromanganeso
Silicomanganeso	1.7 t CO <sub>2</sub> /tonelada de silicomanganeso
<b>Precusores de ozono<sup>b</sup></b>	
Ferroaleaciones que contengan metal de silicio (modelo CASPER)	0.05 kg NO <sub>x</sub> /tonelada de producto
Ferroaleaciones (de acuerdo al consumo de coque y carbón)	1.7 kg COVDM/tonelada de coque y carbón empleado
Silicomanganeso (empleando el proceso de horno sellado)	0.84 kg CO/tonelada de silicomanganeso

a: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2-15, p.2.31-

b: *Ibid.*, tabla 2.16, p. 2.31.

### Emisiones

Con base en los datos de actividad para ferromanganeso y silicomanganeso, así como en los factores de emisión mencionados, se estimaron las emisiones de CO<sub>2</sub>.

CUADRO B.2.18  
Emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de ferromanganeso y silicomanganeso (Gg de CO<sub>2</sub>)

Año	Ferro-manganeso	Silico-manganeso	Total	Año	Ferro-manganeso	Silico-manganeso	Total
1990	298.13	120.16	418.29	2001	96.02	126.29	222.32
1991	235.61	114.05	349.67	2002	61.65	124.55	186.20
1992	209.92	99.67	309.60	2003	89.44	138.08	227.52
1993	190.43	106.81	297.23	2004	115.95	175.45	291.40
1994	187.30	122.56	309.86	2005	146.92	177.61	324.54
1995	92.74	115.11	207.85	2006	102.91	165.68	268.59
1996	110.95	157.44	268.38	2007	119.32	185.79	305.11
1997	111.96	179.15	291.11	2008	155.79	194.34	350.13
1998	138.72	177.91	316.63	2009	67.35	145.29	212.60
1999	127.31	193.66	320.96	2010	129.63	228.60	358.20
2000	144.80	183.47	328.27				

### B.2.3.3 PRODUCCIÓN DE ALUMINIO (2C3)

#### *Factores de emisión*

Las directrices del PICC de 1996 y la Guía de Buenas Prácticas recomiendan los siguientes factores de emisión de GEI y precursores de ozono para la producción de aluminio primario.

CUADRO B.2.19  
Factores de emisión para la producción de aluminio primario

Proceso	Factor de emisión
<b>Emisiones de GEI</b>	
Ánodos precocidos <sup>a</sup>	1.5 t CO <sub>2</sub> /tonelada de aluminio primario
Proceso Söderberg <sup>a</sup>	1.8 t CO <sub>2</sub> /tonelada de aluminio primario
<b>Precursores de ozono<sup>b</sup></b>	
Etapa de electrólisis	14.2 kg SO <sub>2</sub> /tonelada de aluminio primario
Etapa de electrólisis	2.15 kg NO <sub>x</sub> /tonelada de aluminio primario
Etapa de electrólisis	135 kg CO/tonelada de aluminio primario

a: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2-17, p.2.33.

b: *Manual de referencia*, volumen III, PICC, 1996, tabla 2-18, p.2.33.

De acuerdo con las estadísticas del Instituto Internacional de Aluminio (IAI, por sus siglas en inglés), 80% de la producción mundial de aluminio primario se realiza con la tecnología de ánodo precocido central (CWPB), 3% con la de ánodo precocido lateral (SWPB), 13% con el proceso Söderberg a barra horizontal (HSS) y 4% con el de Söderberg a barra vertical (VSS).<sup>4</sup>

A pesar de que no se tiene información más detallada sobre el tipo de tecnología para la producción de aluminio primario empleado en el proceso electrolítico, se tomaron los factores de emisión siguientes:

- Para las emisiones de CO<sub>2</sub>: 1.5 toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de aluminio primario.
- Para las emisiones de CF<sub>4</sub>: 0.86 kg CF<sub>4</sub>/tonelada de aluminio primario.<sup>5</sup>
- Para las emisiones de C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>: 0.09 kg C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>/tonelada de aluminio primario.

4. Ver < [http://world-aluminium.org/media/filer\\_public/2013/01/15/the\\_aluminium\\_industrys\\_global\\_perfluorocarbon\\_gas\\_emissions\\_reduction\\_programmeresults\\_of\\_the\\_2011\\_anode\\_effect\\_survey\\_1.pdf](http://world-aluminium.org/media/filer_public/2013/01/15/the_aluminium_industrys_global_perfluorocarbon_gas_emissions_reduction_programmeresults_of_the_2011_anode_effect_survey_1.pdf) >.

5. *Libro de trabajo*, volumen II, PICC, 1996, tabla 1-20, p. 2.34.

## Emisiones

CUADRO B.2.20  
Emisiones de CO<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub> y C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> de la producción de aluminio primario

Año	Producción de aluminio					Total
	CO <sub>2</sub>	CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	
	(Gg de CO <sub>2</sub> )	(Gg de CF <sub>4</sub> )	(Gg de C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )	(Gg de CO <sub>2</sub> eq.)		
1990	97.72	0.091	0.0059	592.83	53.94	744.49
1991	71.61	0.041	0.0043	266.99	39.53	378.12
1992	63.30	0.036	0.0038	236.01	34.94	334.26
1993	38.66	0.022	0.0023	144.14	21.34	204.15
1994	0.00	0.000	0.0000	0.00	0.00	0.00
1995	15.62	0.009	0.0009	58.24	8.62	82.48
1996	92.13	0.053	0.0055	343.49	50.85	486.47
1997	99.53	0.057	0.0060	371.10	54.94	525.58
1998	101.03	0.058	0.0061	376.67	55.77	533.46
1999	116.48	0.067	0.0070	434.30	64.30	615.08
2000	126.92	0.073	0.0076	473.21	70.06	670.19
2001	77.25	0.044	0.0046	288.02	42.64	407.91
2002	58.50	0.034	0.0035	218.11	32.29	308.90
2003	37.50	0.022	0.0023	139.82	20.70	198.02
2004	30.00	0.017	0.0018	111.85	16.56	158.41
2005	30.00	0.017	0.0018	111.85	16.56	158.41
2006	30.00	0.017	0.0018	111.85	16.56	158.41
2007	30.00	0.017	0.0018	111.85	16.56	158.41
2008	30.00	0.017	0.0018	111.85	16.56	158.41
2009	30.00	0.017	0.0018	111.85	16.56	158.41
2010	30.00	0.017	0.0018	111.85	16.56	158.41

**Nota:** Se consideró que el potencial de calentamiento global (GWP) del CF<sub>4</sub> es de 6,500 y el del C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> es de 9,200, de acuerdo con el Segundo Informe de Evaluación del PICC.



## ■ B.2.4 OTRAS INDUSTRIAS (2D)

### B.2.4.1 CELULOSA Y PAPEL (2D1)

#### *Factores de emisión*

Respecto a las emisiones de los precursores de ozono y SO<sub>2</sub>, las directrices del PICC de 1996 recomiendan emplear los factores mostrados en el cuadro siguiente:

CUADRO B.2.21

#### Factores de emisión empleados para estimar las emisiones de precursores de ozono y SO<sub>2</sub>

Producto y/o proceso	Factores de emisión (valores por defecto)
Producción de celulosa por el método Kraft (al sulfato) <sup>a</sup>	1.5 kg NO <sub>x</sub> /tonelada de celulosa de papel seca
	3.7 kg COVDM/tonelada de celulosa de papel seca
	5.6 kg CO/tonelada de celulosa de papel seca
	7 kg SO <sub>2</sub> /tonelada de celulosa de papel seca
Producción de celulosa por el método del sulfito <sup>b</sup>	30 kg SO <sub>2</sub> /tonelada de celulosa de papel seca

a: *Manual de referencia*, volumen III, PICC,1996, tabla 2-22, p.2.40.

b: *Ibid.*, tabla 2-23, p.2.40.

### B.2.4.2 ALIMENTOS Y BEBIDAS (2D2)

#### *Factores de emisión*

El siguiente cuadro ilustra los factores de emisión empleados para estimar las emisiones de COVDM.

CUADRO B.2.22

#### Factores de emisión empleados para estimar las emisiones de COVDM de la elaboración de bebidas y alimentos

Producto	Factor de emisión	Empleado para:
<b>Bebidas alcohólicas</b>	<b>kg COVDM/ hectolitro</b>	
Vino blanco <sup>a</sup>	0.035	Vino blanco fermentado y destilado
Vino tinto <sup>a</sup>	0.080	Vino tinto fermentado y destilado
Otros vinos <sup>a</sup>	0.080	Vino espumoso, licoroso y generoso
Bebidas alcohólicas sin especificar <sup>a</sup>	15.0	Tequila, aguardiente rones, licores
Cerveza <sup>a</sup>	0.035	Cerveza
Brandy <sup>a</sup>	3.5	Brandy

CUADRO B.2.22 (CONTINÚA)  
Factores de emisión empleados para estimar las emisiones de COVDM  
de la elaboración de bebidas y alimentos

Producto	Factor de emisión	Empleado para:
<b>Alimentos</b>	<b>kg COVDM/ tonelada de alimento</b>	
Pan blanco <sup>b</sup>	4.5	Pan blanco
Pan integral <sup>b</sup>	3.0	Pan integral
Azúcar <sup>c</sup>	10.0	Azúcar
Margarinas y grasas sólidas de cocina <sup>c</sup>	10.0	Margarina y grasas
Café tostado <sup>c</sup>	0.6	Café tostado
Pasteles, bizcochos y cereales para el desayuno <sup>c</sup>	1.0	Galletas dulces, pan dulce, panqué y pastelillos recubiertos
Carne, pescado y aves <sup>c</sup>	0.3	Embutidos de carne y pescado procesado
Alimento para animales <sup>c</sup>	1.0	Aves de corral, porcino y vacuno

a: *Manual de referencia*, volumen III, PICC,1996, tabla 2-24, p.2.41.

b: Base de datos de factores de emisión del PICC: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.phpZ>

c: *Manual de referencia*, volumen III, PICC,1996, tabla 2-25, p.2.42.

## ■ B.2.5 PRODUCCIÓN DE HALOCARBONOS(2E)

### B.2.5.1 EMISIONES COMO RESIDUOS O SUBPRODUCTOS (2E1)

Para estimar las emisiones como subproducto se multiplica el total de halocarbonos producidos anualmente en toneladas por el factor de emisión correspondiente.

ECUACIÓN B.2.4

$$\text{Emisiones como subproducto (toneladas)} = (\text{Factor de emisión de HFC-23/HCFE-22}) \times (\text{Producción total de HCFE-22})$$

### Factores de emisión

De acuerdo con la información del proyecto Quimobásicos HFC Recovery and Destruction Project (plant 2), la proporción en la que se genera

HFC-23, a partir de la producción de HCFC-22, es de 2.44%.<sup>6</sup>

#### B.2.5.2 EMISIONES FUGITIVAS (2E2)

Para estimar las emisiones como subproducto se multiplica el total de halocarbonos producidos

anualmente en toneladas por el factor de emisión correspondiente.

ECUACIÓN B.2.5

$$\text{Emisiones fugitivas (toneladas)} = (\text{Factor de fugas}) \times (\text{Producción de cada HFC o PFC})$$

## ■ B.2.6 CONSUMO DE HALOCARBONOS Y HEXAFLUORURO DE AZUFRE (2F)

### B.2.6.1 CONSUMO DE HALOCARBONOS (2F1)

Para estimar las emisiones de esta categoría se utilizó el método de emisiones potenciales de nivel 1a por las siguientes razones (de acuerdo con el árbol de decisión de la Guía de Buenas Prácticas):

- Se usan sustitutos de SAO en algunas aplicaciones.
- No existen datos de las emisiones reales de nivel 2 sobre el uso de cada HFC y PFC.

- Existen datos de producción, importación y exportación para cada HFC y PFC.
- No se obtuvieron datos de los diversos productos que contienen HFC y PFC.

Empleando el método del nivel 1a, las emisiones potenciales se estiman de la manera siguiente:

ECUACIÓN B.2.6

$$\text{Emisiones potenciales} = \text{Producción} + \text{Importaciones} - \text{Exportaciones} - \text{Destrucción}$$

6. *Quimobásicos HFC Recovery and Decomposition Project, Version 4.0 May 2006.* (Documento de diseño de proyecto para el Mecanismo por un Desarrollo Limpio). [http://cdm.unfccc.int/filestorage/C/R/F/CRFVZP3HKZRLQGI9TRPXWMK7OPFNRE.1/PDD\\_Quimobasicos\\_19Dec05bis.pdf?t=NEJ8bWphejVtfDDIKutx7j1vKIVqDtq6EJ5U](http://cdm.unfccc.int/filestorage/C/R/F/CRFVZP3HKZRLQGI9TRPXWMK7OPFNRE.1/PDD_Quimobasicos_19Dec05bis.pdf?t=NEJ8bWphejVtfDDIKutx7j1vKIVqDtq6EJ5U)

La producción se refiere únicamente a la elaboración de nuevas sustancias químicas. Las importaciones y exportaciones se refieren a las sustancias importadas y exportadas a granel.

Para el cálculo en unidades de CO<sub>2</sub> equivalente se emplearon los potenciales de calentamiento glo-

bal mostrados en el Anexo F. Para el HFC-143 (CH<sub>2</sub>FCHF<sub>2</sub>), el potencial de calentamiento global empleado fue de 300 para un tiempo atmosférico de 3.8 años.<sup>7</sup> Para el HFC-43-10, el potencial de calentamiento global empleado fue de 1,300 (Oberthür y Ott, 1999, p. 283).

### B.2.6.2 CONSUMO DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE (2F2)

De acuerdo con la metodología de nivel 2b de la Guía de Buenas Prácticas,<sup>8</sup> las emisiones pueden estimarse con las cargas totales de los equipos ins-

talados y retirados, y aplicando a nivel nacional la fórmula siguiente:

ECUACIÓN B.2.7

---

$$\text{Emisiones de SF}_6 \text{ en el año } t = 2\% \text{ de la carga total de SF}_6 \text{ (contenida en las existencias de equipos de operación en el año } t) + (95\% \text{ de la capacidad de placa-marca de SF}_6 \text{ en los equipos retirados)}$$

---

El primer término de la ecuación estima las pérdidas por fugas y mantenimiento como porcentaje fijo de la carga total (p. ej. 2%). Las existencias de equipos en cada año comprenden todos los equipos instalados ese año, además de los equipos ya instalados anteriormente que aún están en uso. El segundo término calcula las emisiones del equipo retirado (p. ej., después de una vida útil de 30 años) y se supone que la carga mínima es de 90%. La experiencia reciente indica que el supuesto por defecto de 70%, que figura en las directrices del

PICC de 1996, subestima las emisiones que se retiran, porque el equipo no funciona por debajo de 90% de su capacidad y debe llenarse nuevamente durante su vida útil. De modo que se alienta a los organismos encargados del inventario que usen este enfoque a revisar la aplicabilidad de los factores de emisión en la ecuación y a usar factores de emisión específicos del país si corresponde, especialmente con respecto a los procedimientos de reciclaje aplicados.

7. Ver <<http://www.epa.gov/spdpublic/geninfo/gwps.html>>.

8. Ver capítulo 3, ecuación 3.17, pág. 3.62 de la Guía de Buenas Prácticas (PICC, 2000).

## B.3 AGRICULTURA

En todas las categorías se eligieron los métodos de estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) nivel 1, sugeridos por las directrices del PICC (1996) en sus árboles de decisiones.

También se utilizaron las Guías de las Buenas Prácticas del PICC para el sector agropecuario (2000), a fin de seguir y mejorar las estimaciones de GEI generadas en el sector, donde se contemplan aspectos como la exhaustividad, series temporales coherentes, evaluación de la incertidumbre,

así como la garantía de calidad y el control de calidad de los inventarios.

A continuación se presenta el resumen de la lógica metodológica aplicada a partir del árbol de decisiones y los factores de emisión aplicados para realizar los cálculos. En donde no se indican valores específicos, se emplearon los factores de emisión por defecto establecidos en las directrices del PICC.

### ■ B.3.1 FERMENTACIÓN ENTÉRICA

1. En México se maneja ganado vacuno, ovejas, cabras, mulas y asnos, cerdos u otro tipo de ganado.<sup>1</sup>
2. La fermentación entérica constituye una categoría principal de fuentes.
3. Elaborar la pregunta anterior con respecto a cada especie.
4. Estime las emisiones correspondientes a cada especie utilizando el método de nivel 1.

### ■ B.3.2 MANEJO DEL ESTIÉRCOL

1. En México se manejan poblaciones de ganado vacuno, cerdos, ovejas cabras, caballos, mulas/asnos, aves de corral u otras especies.
2. Divida las poblaciones ganaderas en especies para caracterización “básica” y “minuciosa”.
3. En especies con caracterización “básica” se incluyen ovejas, cabras, porcinos, mulas/asnos, caballos y aves de corral.
4. Para estas especies estime las emisiones usando el método de nivel 1 y los factores de emisión (FE) por defecto.
5. En especies con caracterización “minuciosa” se incluye el ganado vacuno.
6. En el caso del ganado vacuno se dispone de datos para preparar una caracterización “minuciosa” de la población.
7. Para estas especies estime las emisiones usando el método de nivel 1 y los (FE) específicos del país.

---

1. La metodología del PICC incluye búfalos de agua y camellos, especies poco representativas del ganado en México.

CUADRO B.3.1  
Factores de emisión de CH<sub>4</sub> para fermentación entérica y manejo de estiércol

Ganado	Factor de emisión de CH <sub>4</sub> para fermentación entérica (kg/cabeza/año)	Factor de emisión de CH <sub>4</sub> para manejo de excretas (kg/cabeza/año)
Bovinos carne	47.409	0.694
Bovinos leche	104.353	1
Caprinos	5	0.149
Ovinos	5	0.139
Porcinos	1	0.694
Aves	0	0.016
Guajolotes	0	0.016
Caballos	18	1.803
Mulas	10	0.986
Asnos	10	0.986

CUADRO B.3.2  
Fracción de nitrógeno en excretas que se volatiliza por cada sistema de manejo

Ganado	Lagunas anaerobias	Sistema de tipo líquido	Almacenamiento sólido y parcelas secas	Abonado diario	Praderas y pastizales	Otros sistemas
Bovinos carne	40	40	40	40	40	40
Bovinos leche	70	70	70	70	70	70
Caprinos	40	40	40	40	40	25
Ovinos	12	12	12	12	12	25
Porcinos	16	16	12	16	16	25
Aves	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0
Caballos	40	40	40	40	40	25
Mulas	40	40	40	40	40	25
Asnos	40	40	40	40	40	25

CUADRO B.3.3  
Fracción de nitrógeno de las excretas por sistema de manejo

Ganado	Lagunas anaerobias	Sistema de tipo líquido	Almacenamiento sólido y parcelas secas	Abonado diario	Praderas y pastizales	Otros sistemas
Bovinos carne	0	0	0.339	0	0.66	0.01
Bovinos leche	0	0.01	0.426	0.62	0.57	0
Caprinos	0	0	0	0	0.99	0.01
Ovinos	0	0	0	0	1	0
Porcinos	0	0.08	0.51	0.02	0	0.4
Aves	0	0.09	0	0	0.42	0.49
Caballos	0	0	0	0	0.99	0.01
Mulas	0	0	0	0	0.99	0.01
Asnos	0	0	0	0	0.99	0.01

### ■ B.3.3 CULTIVO DEL ARROZ

1. Se produce arroz en el país.
2. Se dispone de datos sobre la superficie cosechada para todos los ecosistemas y regímenes.
3. No se dispone de FE específicos del país, ni se consideran las variaciones estacionales para cada una de las principales zonas arroceras.
4. La producción de arroz constituye una categoría principal de emisiones de metano.
5. Estime las emisiones usando FE por defecto.

### ■ B.3.4 MANEJO DE SUELOS AGRÍCOLAS

1. En el país se aplica o se deposita nitrógeno en los suelos.
2. Se dispone de datos de actividad específicos del país con respecto a cada fuente de nitrógeno.
3. No se dispone de valores específicos para México de los factores de emisión FE<sub>4</sub> o FE<sub>5</sub>, ni de valores de la fracción de división (Frac<sub>GASF</sub>, Frac<sub>GASM</sub>, Frac<sub>LIXIV</sub>).
4. Estime las emisiones usando el nivel 1a o 1b con FE por defecto.

## VALOR DEL APORTE DE NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE LAS COSECHAS

Se modificó el valor por defecto para la fracción de los residuos de las cosechas quemadas. Los países en desarrollo, como México, utilizan el valor de 0.25, que restado a la unidad, queda como 0.75 (kg de N/kg de nitrógeno en el cultivo). El valor

de 0.10 o inferior se sugiere para los países desarrollados que, restado a la unidad, queda como 0.90 kg de N/kg de nitrógeno en el cultivo, valor que se utilizó en el inventario previo.

### ■ B.3.5 QUEMA EN CAMPO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

1. En México se queman residuos agrícolas.
2. Aunque no es una categoría principal de fuentes, se dispone de datos específicos para el cultivo de caña de azúcar.
3. Se disponen de FE específicos para ese cultivo.
4. Estime las emisiones usando datos de actividad y FE específicos.

CUADRO B.3.4

Valores específicos para la caña de azúcar, empleados para estimar las emisiones por quema de residuos agrícolas

Parámetro	Valor por defecto (PICC, 1996)	Valor utilizado en el INEGI
Relación residuos-cultivo	0.28	0.16
Fracción de materia seca	0.30	0.83
Fracción de carbono en residuos	0.47	0.43
Relación nitrógeno-carbono	0.02	0.004



## B.4 USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA

La estimación de las emisiones y/o absorciones procedentes de la presente categoría, se centran en cuatro actividades que son fuentes o bien sumideros de bióxido de carbono. Debe señalarse que esos cálculos, llevan aparejados intrínsecamente incertidumbres o errores de diversas magnitudes generalmente con valores elevados (PICC, 2003). Por ello, los inventarios de emisiones de GEI en México, se actualizan periódicamente a fin de incorporar nueva información que permita, reducir la incertidumbre y con ello disminuir el error. Cabe señalar que una de las cuatro actividades es también fuente de emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub>, tales como: CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub> y que, también se calculan en el formato del libro de cálculo del PICC. Aunque los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) no se incluyen en esta versión del libro de cálculo del PICC, se reconoce que los bosques son una posible fuente antropogénica de esos gases.

Los cambios identificados a nivel mundial como los más importantes, respecto del uso del suelo, cambio en el uso del suelo y las prácticas de manejo forestal que redundan en una dinámica de emisión y absorción (captura) de CO<sub>2</sub> son:

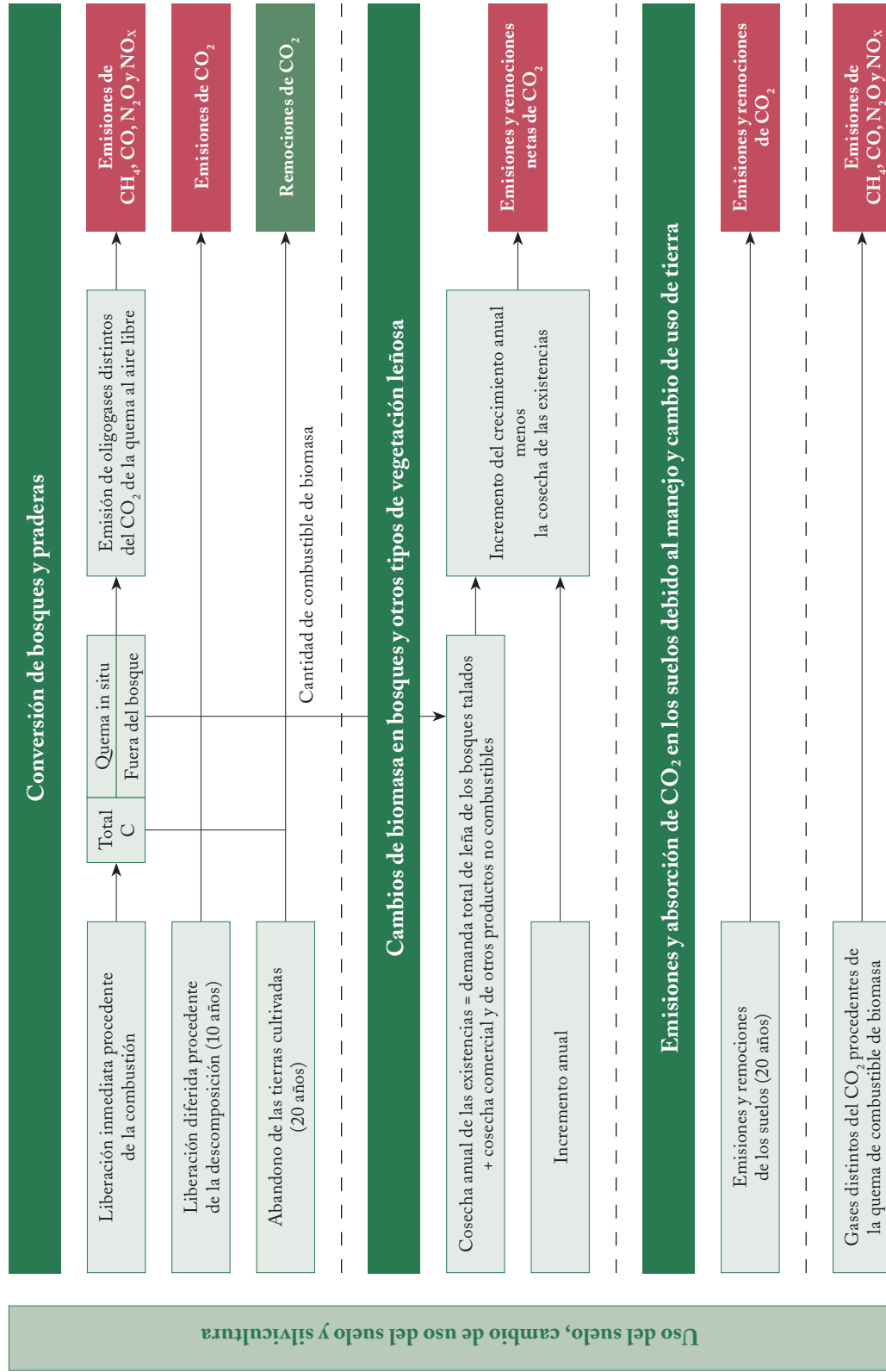
- Los cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa.
- La conversión de bosques a otros usos como agrícola y pastizales.
- El abandono de tierras cultivadas donde se presenta la revegetación y
- La emisión y remoción de CO<sub>2</sub> de los suelos.

Se incluye también el cálculo de la liberación inmediata de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de la quema vinculada a la conversión de bosques y pastizales.

En la Figura B.4.1, se muestran la relación entre las principales actividades (en los recuadros de color café) y las variables (en los recuadros de color negro) que se deben conocer en cada fase del cálculo, así como los procesos que ocurren y dan lugar a emisiones (en los recuadros de color rojo) y remociones (o captura, en los recuadros de color verde) de diversos gases de efecto invernadero.

FIGURA B.4.1

Identificación de las actividades principales que se evalúan en el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para la categoría: Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura.



Para la estimación de las emisiones y/o absorciones de gases de efecto invernadero de esta categoría se implementaron las siguientes actividades:

- Se homologaron las diferentes clasificaciones de vegetación y uso del suelo de las Series I (1985), II (1994), III (2002) y IV (2007) de Vegetación y Uso del Suelo de INEGI.
- Una vez homologada los tipos de vegetación, se estimó la superficie anual por clase de cobertura vegetal y uso del suelo para el periodo 1990-2010.
- Se agruparon los diferentes tipos de vegetación y suma de sus superficies, para adaptarlas a los formatos del PICC.
- Se realizó el cruce de las diferentes Series de Vegetación y Uso del Suelo de INEGI para obtener matrices de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo para el periodo 1990-2010.
- Se estimaron las superficies que cambian de una clase a otra anualmente, en promedio de 10 y 20 años, así como la posible superficie abandonada con más de 20 años, para cada tipo de vegetación.
- Se actualizó la base de datos de densidad de la madera por especie, género y/o tipo de vegetación a través de la revisión de datos nacionales e internacionales.
- Se identificaron las clases de cobertura vegetal que cambian anualmente para el periodo 1990-2010.
- Se identificaron los contenidos de carbono en la biomasa aérea y en los principales tipos de suelos.
- Se actualizaron las series históricas y bases de datos sobre: consumo de leña y producción forestal.
- Por último se llenaron los formatos de las directrices del PICC de 1996 con los datos nacionales acuñados y señalando el uso de valores por defecto del PICC, según sea el caso.

## ■ CLASIFICACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

CUADRO B.4.1  
Clases de cobertura vegetal agrupados por tipo de vegetación  
a partir de la homologación de clases

Tipo de Vegetación	Clases agrupadas	Clases de cobertura vegetal que son incluidas
<b>Templado</b>	Bosque de coníferas	Bosque de Ayarín, Bosque de Oyamel, Bosque de Pino, Bosque de Tásate, Bosque Inducido
	Bosque de Coníferas-Latifoliadas	Bosque de Encino-Pino, Bosque de Pino-Encino
	Bosque Latifoliadas	Bosque de Cedro, Bosque de Encino, Bosque de Galería
<b>Tropical</b>	Selva Alta	Selva Alta Perennifolia, Selva Alta Subperennifolia, Selva de Galería
	Selva Mediana	Selva Mediana Caducifolia, Selva Mediana Perennifolia, Selva Mediana Subcaducifolia, Selva Mediana Subperennifolia
	Selva Baja	Mezquital, Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Espinoza Caducifolia, Selva Baja Perennifolia, Selva Baja Subcaducifolia, Selva Baja Subperennifolia, Selva Baja Espinoza Subperennifolia
<b>Matorral</b>	Matorral	Matorral Crasicaule, Matorral de Coníferas, Matorral Desértico Micrófilo, Matorral Desértico Rosetófilo, Matorral Espinoso Tamaulipeco, Matorral Rosetófilo Costero, Matorral Sarcocaul, Matorral Sarco-Crasicaule, Matorral Sarco-Crasicaule de Neblina, Matorral Submontano, Matorral Subtropical.
<b>Otra Vegetación</b>	Otros	Vegetación de Dunas Costeras, Vegetación de Galería, Vegetación de Peten, Vegetación Gipsófila, Vegetación Halófila, Palmar, Popal, Tular.
<b>Pastizal</b>	Pastizal	Pastizal Gipsófilo, Pastizal Halófilo, Pastizal Inducido, Pastizal Natural, Pradera de Alta Montaña, Sabana, Sabanoide.

Una vez estimadas y definidas las clases de vegetación, se estiman las superficies anuales de dichas clases, asumiendo que los cambios de una Serie de INEGI a otra son anuales y lineales, por lo que se desarrolla un modelo de cambio lineal anualizado (mediante regresiones lineales hechas con los datos de serie a serie) de la Serie I a Serie II; II a III; III a IV, cabe señalar que de las coberturas vegetales se obtuvo el valor estimado para los años intermedios sin embargo, una línea recta no siempre

puede describir de forma precisa el cambio en la cobertura vegetal (sobre todo para los casos en los que no se reporta un valor de superficie por tipo de cobertura) por lo cual, también se obtuvo una estimación mediante regresiones polinómicas de los datos de las cuatro series, a modo de comparar y compensar los vacíos de información no cubiertos por las regresiones lineales, en el cuadro B.4.2, se reportan las ecuaciones resultantes aplicadas en cada clase.

CUADRO B.4.2

Relación de las ecuaciones obtenidas por clase de cobertura vegetal y uso del suelo,  
entre series de Vegetación y uso del suelo de INEGI

Clase de cobertura vegetal y uso del suelo	1985 al 1993	1993 al 2002	2002 al 2007
Pradera de alta montaña	$y = -1.0044x + 2172.5$	$y = -0.5357x + 1238.4$	$y = 0.2226x - 279.73$
Tular	$y = -204.33x + 416167$	$y = 45.939x - 82612$	$y = -46.234x + 101917$
Vegetación de desiertos arenosos	$y = -126.65x + 274141$	$y = -6.5429x + 34770$	$y = -19.009x + 59727$
Vegetación de dunas costeras	$y = -8.9629x + 19554$	$y = -15.156x + 31898$	$y = -3.406x + 8373.6$
Vegetación de galería	$y = -53.006x + 107396$	$y = -41.649x + 84761$	$y = 25.969x - 50609$
Vegetación de peten	$y = 55.885x - 110932$	$y = 0.3304x - 211.34$	$y = 0.7799x - 1111.3$
Vegetación gipsófila	$y = -12.998x + 26367$	$y = -0.1263x + 713.12$	$y = -56.798x + 114171$
Vegetación halófila	$y = 56.721x - 81658$	$y = -186.12x + 402314$	$y = -118.12x + 266183$
Popal	$y = 79.346x - 156558$	$y = -29.1x + 59575$	$y = -2.2459x + 5813$
Sabana	$y = -518.19x + 1E+06$	$y = -94.61x + 191484$	$y = -32.743x + 67627$
Sabanoide	$y = 213.63x - 424056$	$y = -29.794x + 61088$	$y = -29.279x + 60058$
Palmar	$y = -17.258x + 35643$	$y = -6.6276x + 14457$	$y = -8.1648x + 17535$
Selva mediana caducifolia	$y = 1234.9x - 2E+06$	$y = 0.9118x + 9270.9$	$y = -107.79x + 226890$
Selva alta sub perennifolia	$y = 33.834x - 65669$	$y = -17.007x + 35657$	$y = 9.5241x - 17458$
Selva baja espinosa caducifolia	$y = -237.55x + 480491$	$y = 49.203x - 91011$	$y = -95.949x + 199583$
Selva baja sub perennifolia	$y = -1760.4x + 4E+06$	$y = 12.729x - 25370$	$y = -22.913x + 45986$
Selva alta perennifolia	$y = -939.93x + 2E+06$	$y = -433x + 901269$	$y = -251.09x + 537101$
Selva mediana subcaducifolia	$y = -194.87x + 434472$	$y = 57.551x - 68606$	$y = -630.39x + 1E+06$
Selva mediana subperennifolia	$y = -194.87x + 434472$	$y = -46.874x + 151895$	$y = -348.7x + 756150$
Selva baja caducifolia	$y = -1066.3x + 2E+06$	$y = -1066.3x + 2E+06$	$y = -314.98x + 775643$
Selva espinosa sub perennifolia	$y = 1293.1x - 3E+06$	$y = -11.354x + 32974$	$y = 149.83x - 289716$
Selva mediana perennifolia	$y = -0.5371x + 1081.4$	$y = -0.5142x + 1035.8$	$y = -1E-05x + 6.3831$
Selva de galería	$y = -0.7083x + 1439.4$	$y = 2.398x - 4751.4$	$y = -1.1118x + 2275.1$
Selva baja perennifolia	$y = -6.9421x + 14395$	$y = -10.229x + 20947$	$y = -7.9298x + 16343$
Selva baja subcaducifolia	$y = 5.7028x - 10621$	$y = -4.1568x + 9029.6$	$y = -4.6232x + 9963.4$
Pastizal gipsófila	$y = -33.612x + 67411$	$y = 3.3473x - 6248$	$y = -7.7812x + 16031$
Pastizal halófilo	$y = 144.91x - 269587$	$y = 58.345x - 97055$	$y = -272.46x + 565210$
Pastizal inducido	$y = 509.86x - 953975$	$y = 130.65x - 198202$	$y = -568.26x + 1E+06$
Pastizal natural	$y = 556.62x - 1E+06$	$y = -125.58x + 354406$	$y = -839.24x + 2E+06$
Matorral de coníferas	$y = 1.0511x - 2085.7$	$y = 0.0711x - 132.51$	$y = 0.0035x + 2.6973$
Matorral rosetófilo costero	$y = 9.7529x - 14536$	$y = -16.722x + 38228$	$y = -5.4122x + 15586$
Matorral sarco-crasicaule de neblina	$y = 54.146x - 102108$	$y = -12.826x + 31367$	$y = -5.185x + 16070$
Matorral sarco-crasicaule	$y = 1543.5x - 3E+06$	$y = -57.318x + 137967$	$y = -16.168x + 55584$
Matorral crasicaule	$y = -804.34x + 2E+06$	$y = -32.766x + 81198$	$y = -26.508x + 68671$

CUADRO B.4.2 (CONTINÚA)

**Relación de las ecuaciones obtenidas por clase de cobertura vegetal y uso del suelo,  
entre series de Vegetación y uso del suelo de INEGI**

<b>Clase de cobertura vegetal y uso del suelo</b>	<b>1985 al 1993</b>	<b>1993 al 2002</b>	<b>2002 al 2007</b>
Matorral sarco-crasicaule	$y = 1543.5x - 3E+06$	$y = -57.318x + 137967$	$y = -16.168x + 55584$
Matorral crasicaule	$y = -804.34x + 2E+06$	$y = -32.766x + 81198$	$y = -26.508x + 68671$
Matorral subtropical	$y = -1838.2x + 4E+06$	$y = -6.8501x + 27207$	$y = -36.942x + 87452$
Matorral submontano	$y = -387.06x + 799592$	$y = 10.116x + 8015$	$y = -134.03x + 296598$
Matorral espinoso tamaulipeco	$y = -990.78x + 2E+06$	$y = -47.314x + 128859$	$y = -23.52x + 81224$
Matorral sarcocaula	$y = -1170.5x + 2E+06$	$y = -124.37x + 302119$	$y = -50.954x + 155146$
Matorral desértico rosetófilo	$y = 54.475x - 2090.1$	$y = -98.176x + 302142$	$y = 219.15x - 333135$
Matorral desértico micrófilo	$y = -981.54x + 2E+06$	$y = -498.75x + 1E+06$	$y = -612.18x + 1E+06$
Bosque inducido	$y = 0.3622x - 719.02$	$y = 5.0389x - 10040$	$y = -0.6426x + 1334.8$
Bosque de cedro	$y = 0.0253x - 25.163$	$y = -0.2302x + 484.02$	$y = -0.3355x + 694.91$
Bosque de ayarín	$y = 17.882x - 35239$	$y = -0.0408x + 481.67$	$y = -0.0963x + 592.8$
Bosque de galería	$y = -14.003x + 28159$	$y = -3.8801x + 7982.9$	$y = 2.3086x - 4406.9$
Bosque de oyamel	$y = -21.666x + 44655$	$y = -5.8335x + 13101$	$y = 13.54x - 25685$
Bosque de táscate	$y = -1708.4x + 3E+06$	$y = 8.3097x - 13297$	$y = 1.4828x + 370.39$
Mezquital	$y = -761.69x + 2E+06$	$y = -163.65x + 357038$	$y = -130.74x + 291135$
Bosque de encino-pino	$y = 369.55x - 693288$	$y = -17.326x + 77752$	$y = 8.659x + 25730$
Bosque de pino	$y = -46.857x + 168768$	$y = -94.251x + 263224$	$y = 297.8x - 521669$
Bosque de pino-encino	$y = 163.36x - 236182$	$y = -144.49x + 377350$	$y = -379.08x + 847011$
Bosque de encino	$y = 584.77x - 1E+06$	$y = -168.99x + 450741$	$y = -8.5057x + 129454$
Acuícola	no se reporta actividad	$y = 75.295x - 150063$	$y = 47.951x - 95321$
Fronteras (país extranjero)	$y = 35035x - 7E+07$	$y = -0.0166x + 280313$	$y = 63.587x + 152979$
Zona urbana y asentamientos	$y = 1135.4x - 2E+06$	$y = 167.88x - 323495$	$y = 676.51x - 1E+06$
Áreas desprovistas de vegetación	$y = 160.73x - 310701$	$y = 5.9192x - 2163.9$	$y = 59.88x - 110193$
Agricultura	$y = 7440.6x - 1E+07$	$y = 3050.3x - 6E+06$	$y = 3590.8x - 7E+06$
Cuerpo de agua	$y = 831.72x - 561029$	$y = -106.47x + 1E+06$	$y = -22.124x + 1E+06$

CUADRO B.4.3  
Superficie anualizada en miles de hectáreas (Kha) por clase de cobertura vegetal agregada con el tipo de vegetación para los años de 1985 a 1991

Tipo de vege- tación PICC cobertura agregada	Clase de cobertura agregada	Superficie anualizada en miles de hectáreas (Kha)						
		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Templado	Bosque de coníferas	9,458.9	9,285.9	9,112.9	8,939.9	8,766.9	8,593.9	8,420.9
	Bosque de Coníferas- Latifoliadas	12,835.6	12,888.9	12,942.2	12,995.5	13,048.8	13,102.1	13,155.4
	Bosque Latifoliadas	10,966.2	11,023.3	11,080.4	11,137.5	11,194.6	11,251.6	11,308.7
Tropical	Selva Alta	4,735.9	4,645.3	4,554.6	4,463.9	4,373.2	4,282.5	4,191.9
	Selva Mediana	22,538.2	22,273.1	22,008.0	21,742.9	21,477.8	21,212.7	20,947.6
	Selva Baja	11,377.2	11,402.1	11,426.9	11,451.8	11,476.6	11,501.5	11,526.3
Matorral	Matorral	54,374.5	53,923.6	53,472.6	53,021.6	52,570.7	52,119.7	51,668.8
Otra Vegetación	Otros	4,842.6	4,832.8	4,822.7	4,812.1	4,801.1	4,789.6	4,777.8
Pastizal	Pastizal	18,382.4	18,472.8	18,561.3	18,648.0	18,732.8	18,815.7	18,896.8
<b>Total</b>		<b>149,511.6</b>	<b>148,744.8</b>	<b>147,975.8</b>	<b>147,204.5</b>	<b>146,430.9</b>	<b>145,655.0</b>	<b>144,876.8</b>

CUADRO B.4.4  
Superficie anualizada en miles de hectáreas (Kha) por clase de cobertura vegetal agregada con el tipo de vegetación para los años de 1992 a 1998

Tipo de vege- tación PICC cobertura agregada	Clase de cobertura agregada	Superficie anualizada en miles de hectáreas (Kha)						
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Templado	Bosque de coníferas	8,247.9	8,075.4	8,075.6	8,075.9	8,076.1	8,076.4	8,076.6
	Bosque de Coníferas- Latifoliadas	13,208.7	13,260.3	13,244.1	13,227.9	13,211.7	13,195.5	13,179.4
	Bosque Latifoliadas	11,365.8	11,421.9	11,404.6	11,387.3	11,370.0	11,352.7	11,335.4
Tropical	Selva Alta	4,101.2	4,009.0	3,964.2	3,919.5	3,874.7	3,829.9	3,785.2
	Selva Mediana	20,682.5	20,510.5	20,305.1	20,185.7	20,066.3	19,947.0	19,827.6
	Selva Baja	11,551.2	11,566.7	11,567.8	11,569.0	11,570.1	11,571.2	11,572.3
Matorral	Matorral	51,217.8	50,762.0	50,673.5	50,585.0	50,496.5	50,408.0	50,319.5
Otra Vegetación	Otros	4,765.5	4,750.3	4,727.1	4,703.8	4,680.6	4,657.3	4,634.1
Pastizal	Pastizal	18,976.0	19,076.4	19,070.6	19,064.7	19,058.9	19,053.1	19,047.3
<b>Total</b>		<b>144,096.4</b>	<b>143,409.5</b>	<b>143,000.7</b>	<b>142,677.9</b>	<b>142,355.1</b>	<b>142,032.4</b>	<b>141,709.6</b>

CUADRO B.4.5  
Superficie anualizada en miles de hectáreas (Kha) por clase de cobertura vegetal agregada con el tipo de vegetación para los años de 2004 a 2010

Tipo de vegetación PICC cobertura agregada	Clase de cobertura agregada	Superficie anualizada en miles de hectáreas (Kha)						
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Templado	Bosque de coníferas	8,080.6	8,082.1	8,083.6	8,085.1	8,086.6	8,088.1	8,089.6
	Bosque de Coníferas-Latifoliadas	13,041.7	13,004.7	12,967.6	12,930.6	12,893.6	12,856.5	12,819.5
	Bosque Latifoliadas	11,265.1	11,264.4	11,263.8	11,263.1	11,262.5	11,261.8	11,261.1
Tropical	Selva Alta	3,559.2	3,534.9	3,510.7	3,486.4	3,462.1	3,437.9	3,413.6
	Selva Mediana	19,261.8	19,219.1	19,176.4	19,133.8	19,093.3	19,052.9	19,012.5
	Selva Baja	11,358.5	11,249.8	11,141.1	11,032.4	10,923.8	10,815.1	10,706.4
Matorral	Matorral	49,829.0	49,759.9	49,690.7	49,621.5	49,552.3	49,483.2	49,414.0
Otra Vegetación	Otros	4,500.0	4,479.2	4,458.3	4,437.5	4,416.7	4,395.9	4,375.1
Pastizal	Pastizal	18,673.9	18,498.9	18,324.0	18,149.0	17,974.1	17,799.1	17,624.2
<b>Total</b>		<b>139,525.3</b>	<b>139,078.2</b>	<b>138,631.0</b>	<b>138,184.1</b>	<b>137,739.2</b>	<b>137,294.4</b>	<b>136,849.6</b>

## ■ CAMBIOS DE BIOMASA EN BOSQUES PROCEDENTES DE LA CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS

CUADRO B.4.6  
Superficie de las principales clases de cobertura vegetal convertidas a uso agrícola en las cuatro series de INEGI

Tipo de Cobertura	Superficie Convertida de bosques y pastizales a tierras de cultivo (ha)		
	Serie I vs Serie II (periodo de 14 años)	Serie II vs Serie III (periodo de 9 años)	Serie III vs Serie IV (periodo de 5 años)
Bosque de coníferas	536,004	174,457	75,531
Bosque Latifoliadas	554,373	191,892	156,061
Bosque de Encino-Pino	371,702	181,213	145,190
Humedal	90,523	13,707	12,379
Matorral	3,047,152	485,696	578,852
Pastizal	8,981,964	590,642	1,360,464
Selva Alta	972,663	78,094	42,585
Selva Baja	2,337,529	522,346	577,900
Selva Mediana	1,189,502	272,353	281,758
<b>Total</b>	<b>18,081,412</b>	<b>2,510,399</b>	<b>3,230,721</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI



A partir de los resultados del cruce de las cuatro series de vegetación bosques y otras coberturas vegetales a terrenos agrícolas, para el y uso del suelo de INEGI, se estimó la conversión anualizada de periodo 1990-2010 (Cuadro B.4.7).

CUADRO B.4.7  
Superficie de la conversión a terrenos agrícolas anualizada por tipo de vegetación (1990-2010)

Año	SUPERFICIE CONVERTIDA ANUALMENTE EN KHA										Selva Mediana	Total
	Bosque de coníferas	Bosque de Latifoliadas	Bosque de Encino-Pino	Humedal	Matorral	Pastizal	Selva alta	Selva Baja	Selva Mediana	Total		
1990	76.57	79.20	53.10	12.93	435.31	1,283.14	138.95	333.93	169.93	2,583.06		
1991	76.57	70.37	18.89	11.32	380.89	1,122.75	121.58	292.19	148.69	2,243.25		
1992	76.57	70.37	18.89	11.32	380.89	1,122.75	121.58	292.19	148.69	2,243.25		
1993	21.81	23.99	22.65	1.71	60.71	73.83	9.76	65.29	34.04	313.80		
1994	21.81	23.99	22.65	1.71	60.71	73.83	9.76	65.29	34.04	313.80		
1995	21.81	23.99	22.65	1.71	60.71	73.83	9.76	65.29	34.04	313.80		
1996	21.81	23.99	22.65	1.71	60.71	73.83	9.76	65.29	34.04	313.80		
1997	21.81	23.99	22.65	1.71	60.71	73.83	9.76	65.29	34.04	313.80		
1998	21.81	23.99	22.65	1.71	60.71	73.83	9.76	65.29	34.04	313.80		
1999	21.81	23.99	22.65	1.71	60.71	73.83	9.76	65.29	34.04	313.80		
2000	21.81	23.99	22.65	1.71	60.71	73.83	9.76	65.29	34.04	313.80		
2001	21.81	23.99	22.65	1.71	60.71	73.83	9.76	65.29	34.04	313.80		
2002	15.11	31.21	29.04	2.48	115.77	272.09	8.52	115.58	56.35	646.14		
2003	15.11	31.21	29.04	2.48	115.77	272.09	8.52	115.58	56.35	646.14		
2004	15.11	31.21	29.04	2.48	115.77	272.09	8.52	115.58	56.35	646.14		
2005	15.11	31.21	29.04	2.48	115.77	272.09	8.52	115.58	56.35	646.14		
2006	15.11	31.21	29.04	2.48	115.77	272.09	8.52	115.58	56.35	646.14		
2007	15.11	31.21	29.04	2.48	115.77	272.09	8.52	115.58	56.35	646.14		
2008	15.11	31.21	29.04	2.48	115.77	272.09	8.52	115.58	56.35	646.14		
2009	15.11	31.21	29.04	2.48	115.77	272.09	8.52	115.58	56.35	646.14		
2010	15.11	31.21	29.04	2.48	115.77	272.09	8.52	115.58	56.35	646.14		

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI

Superficie media convertida (promedio de 10 años), de bosques y otras coberturas vegetales a áreas agrícolas, para el periodo 1990-2010

Año	SUPERFICIE MEDIA CONVERTIDA EN PROMEDIO DE 10 AÑOS										
	Bosque de coníferas	Bosque de Latifoliadas	Bosque de Encino-Pino	Humedal	Matorral	Pastizal	Selva alta	Selva Baja	Selva Mediana	Total	
1990	76.57	74.78	36.00	12.12	408.10	1,202.94	130.27	313.06	159.31	2,413.15	
1991	76.57	74.78	36.00	12.12	408.10	1,202.94	130.27	313.06	159.31	2,413.15	
1992	76.57	73.31	30.29	11.85	399.03	1,176.21	127.37	306.10	155.77	2,356.52	
1993	62.88	60.98	28.38	9.32	314.45	900.61	97.97	245.90	125.34	1,845.84	
1994	54.67	53.58	27.24	7.80	263.70	735.26	80.33	209.78	107.08	1,539.43	
1995	49.19	48.65	26.47	6.78	229.87	625.02	68.57	185.70	94.91	1,335.16	
1996	45.28	45.13	25.93	6.06	205.71	546.28	60.17	168.50	86.21	1,189.25	
1997	42.34	42.48	25.52	5.52	187.58	487.22	53.87	155.60	79.69	1,079.82	
1998	40.06	40.43	25.20	5.09	173.49	441.29	48.97	145.56	74.62	994.71	
1999	38.24	38.78	24.94	4.76	162.21	404.54	45.04	137.54	70.56	926.62	
2000	32.76	33.26	21.90	3.63	124.75	283.61	32.13	110.67	56.97	699.69	
2001	27.28	28.62	22.28	2.67	92.73	178.72	20.94	87.98	45.51	506.74	
2002	21.14	24.71	23.29	1.79	66.22	93.66	9.64	70.32	36.27	347.03	
2003	20.47	25.43	23.93	1.87	71.72	113.48	9.51	75.35	38.51	380.27	
2004	19.80	26.15	24.57	1.94	77.23	133.31	9.39	80.38	40.74	413.50	
2005	19.13	26.88	25.21	2.02	82.74	153.14	9.26	85.41	42.97	446.74	
2006	18.46	27.60	25.84	2.09	88.24	172.96	9.14	90.44	45.20	479.97	
2007	17.79	28.32	26.48	2.17	93.75	192.79	9.01	95.47	47.43	513.21	
2008	17.12	29.04	27.12	2.25	99.25	212.61	8.89	100.49	49.66	546.44	
2009	16.45	29.77	27.76	2.32	104.76	232.44	8.77	105.52	51.89	579.68	
2010	15.78	30.49	28.40	2.40	110.26	252.27	8.64	110.55	54.12	612.91	

## FACTORES DE EMISIÓN

Los valores empleados para biomasa antes y después de la conversión (Cuadro B.4.9), fueron tomados de los reportados en inventarios previos en

este sector (Masera *et al.*, 1995; INE-SEMARNAT, 2008) y extra polados siguiendo las tendencias reportadas por De Jong *et al.*, 2010.

CUADRO B.4.9  
Contenido de biomasa antes y después de la conversión,  
así como la fracción de carbono en biomasa por tipo de vegetación

Tipo de vegetación	Biomasa antes de la conversión	Biomasa después de la conversión
	(t dm/ha)	(t dm/ha)
Coníferas	144	27
Coníferas y Latifoliadas	144	23
Latifoliadas	78	20
Matorral y arbustos	37	17.2
Selva Alta	316	40
Selva Baja	83	21
Selva Mediana	104.1	32.4
Pastizal	0.23	0.09

Fuente: Masera *et al.*, 1995; PICC, 1996; INE-SEMARNAT, 2008; de Jong *et al.*, 2010.

## ABANDONO DE TIERRAS CULTIVADAS

CUADRO B.4.10  
Cambios en la vegetación debidas a la regeneración de tierras cultivadas abandonadas,  
comparación entre series de vegetación y uso del suelo del INEGI (ha)

Cambio en la vegetación	Serie I vs Serie II (comprendió 14 años)	Serie II vs Serie III (comprendió 9 años)	Serie III vs Serie IV (comprendió 5 años)
Bosque de coníferas	645.89	113.30	158.65
Bosque Latifoliadas	525.33	251.38	305.21
Bosque de Encino-Pino	434.47	210.62	210.18
Humedal	57.34	23.87	23.05
Matorral	499.06	166.09	313.17
Pastizal	407.86	97.09	182.06
Selva Alta	299.26	149.34	161.71
Selva Baja	907.99	549.56	724.13
Selva Mediana	696.27	499.97	308.43
<b>Total</b>	<b>4473.47</b>	<b>2061.22</b>	<b>2386.59</b>

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI.

## ■ EMISIONES O ABSORCIONES DE CO<sub>2</sub> EN LOS SUELOS DEBIDO AL MANEJO Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA

CUADRO B.4.11

### Clasificación de los tipos de suelos según WRB, USDA y su equivalente para PICC\*

Clasificación				
WRB		FAO	USDA	PICC
Albeluvisoles	Leptosoles	Leptosoles	Alfisoles básicos	Suelos con arcillas de alta actividad (HAC)
Alisoles	Luvisoles	Alisoles	Aridisoles	
Calcisoles	Phaeozemes	Kastanozem	Inceptisoles	
Cambisoles	Regosoles	Regosoles	Mollisoles	
Chernozem	Solonetz	Umbrisoles	Vertisoles	
Gypsisoles	Umbrisoles	Gypsisoles		
Kastanozem	Vertisoles	Kastanozem, Vertisoles		
Acrisoles		Acrisoles	Alfisoles ácidos	Suelos con arcillas de baja actividad (LAC)
Durisoles		Greyzemes	Oxisoles	
Ferralesoles		Ferralesoles	Ultisoles	
Lixisoles		Lixisoles		
Nitisoles		Nitisoles		
Arenosotes		Arenosoles	Psammentes	Arenosos
Podzoles		Podzoles	Spodosoles	Espódicos
Andosoles		Andosoles	Andisoles	Volcánicos
Gleysoles		Gleysoles	Aquic	Tierras húmedas (no-Histosoles)

\* Adaptado de las Directrices del PICC (PICC, 2003). WRB = World Resource Bureau; FAO = United Nations Food and Agricultural Organization; USDA; = United States Department of Agriculture.

## ■ CONTENIDO DE CARBONO EN SUELOS

Los valores del contenido de carbono en suelos fueron tomados de valores previos reportados en inventarios anteriores (Cuadro B.4.12).

CUADRO B.4.12  
Contenido de carbono en suelos (Mg C/ha)

Vegetación	Tipo de suelo				
	suelos activos	suelos poco activos	arenosos	volcánicos	pantanosos (acuáticos)
Bosque Latifoliadas	101.5	86	65	59	0
Bosque de Encino-Pino	85	137.5	31	78	0
Humedal	166				
Matorral	69.5	27	47	0	0
Pastizal	67	93	28	74	44
Selva Alta	140.5	50	0	135	0
Selva Baja	98	49	46.5	127	0
Selva mediana	100	50	5	70	100

Fuente: Masera *et al.*, 1995; De Jong *et al.*, 2010 y PICC (2003).

## B.5 DESECHOS

### ■ B.5.1 ELIMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS [A]

La estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub>, provenientes de los SEDS, se basa en el método de descomposición de primer orden (FOD, por sus siglas en inglés), recomendado por las directrices del PICC 2006. Para esta actualización se empleó esta metodología con un nivel 2, que utiliza factores

y parámetros por defecto a fin de alimentar el modelo para los años 1950 a 1989, y datos de actividad existentes y específicos del país para los años 1990 a 2010; el modelo emplea datos para un intervalo de años de 1950 a 2010 para la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub>.

#### DESCOMPOSICIÓN DE PRIMER ORDEN (FOD)

##### *Emisiones de metano*

Las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de desechos sólidos durante un sólo año pueden estimarse con la Ecuación B.5.1. El CH<sub>4</sub> se genera como resultado de la descomposición de materias orgánicas bajo condiciones anaeróbicas.

Una parte del CH<sub>4</sub> generado se oxida en la cubierta de los SEDS o puede recuperarse para obtener energía o la quema en antorcha. La cantidad de CH<sub>4</sub> realmente emitido a partir de los SEDS será, por lo tanto, inferior a la cantidad generada.

ECUACIÓN B.5.1

#### Emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de los SEDS

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \left[ \sum_x \text{CH}_4 \text{ generado}_{x,T} - R_T \right] \times (1 - OX_T)$$

Donde:

$\text{CH}_4 \text{ generado}$  = CH<sub>4</sub> generado durante el año T (Gg)

$T$  = Año del inventario

$X$  = Categoría o tipo de desecho y/o material

$R_T$  = CH<sub>4</sub> recuperado durante el año T (Gg)

$OX_T$  = Factor de oxidación durante el año T (fracción)

##### *Generación de metano*

El potencial de generación de CH<sub>4</sub> de los desechos que se eliminan en un año determinado decrece gradualmente a través de las décadas siguientes. En este proceso, la liberación de CH<sub>4</sub> a partir de esta cantidad específica de desechos decrece gra-

dualmente. El modelo FOD se funda en un factor exponencial que describe la fracción de material degradable que se descompone cada año en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>.

Una entrada principal del modelo es la cantidad de materia orgánica degradable (DOC<sub>m</sub>) contenida en los desechos eliminados en los SEDS. Esto se estima a partir de la información sobre la eliminación de diferentes categorías de desechos (desechos sólidos municipales –DSM)– lodos, desechos industriales y otros desechos) y los diferentes tipos de desecho y/o materiales (alimentos, papel, madera, textiles, etc.) incluidos en estas categorías, o bien como DQO (demanda química de oxígeno) promedio en el grueso de los desechos eliminados. Se necesita también información sobre los tipos de SEDS que existen en el país y la composición de los desechos. Para el Nivel 1 pueden utilizarse los datos de la actividad regional por defecto y los parámetros por defecto del PICC. El Nivel 2 requiere datos de la actividad y/o parámetros específicos del país.

Las ecuaciones para estimar la generación de CH<sub>4</sub> se presentan más abajo. Dado que las matemáticas son las mismas para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> a partir de todas las categorías y/o tipos de desechos y/o materiales, en las ecuaciones siguientes no se usan índices que se refieran a las diferentes categorías y/o tipos de desechos y/o materiales. La base para el cálculo es la cantidad de carbono orgánico degradable disuelto (DDOC, del inglés *decomposable degradable organic carbon*) (DDOC<sub>m</sub>, como se define en la Ecuación B.5.2). DDOC<sub>m</sub> es la parte del carbono orgánico que se degrada en condiciones anaeróbicas en los SEDS. Se emplea en las ecuaciones y hojas de cálculo como DDOC<sub>m</sub>. El índice m se refiere a la masa.

ECUACIÓN B.5.2

DQO disuelto a partir de los datos sobre eliminación de desechos

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

Donde:

$DDOC_m$  = masa del DDOC depositado (Gg)

$W$  = masa de los desechos depositados (Gg)

$DOC$  = carbono orgánico degradable durante el año de deposición (fracción)  
(Gg de C/Gg de desechos)

$DOC_f$  = fracción del DDOC que puede descomponerse (fracción)

$MCF$  = Factor de corrección de CH<sub>4</sub> para la descomposición aeróbica durante el año de deposición (fracción)

CUADRO B.5.1  
MCF calculado para los RSU

Año/ MCF por defecto	No contro- lado, poco profundo	No controlado, profundo	Controlado	Controlado semi- aeróbico	Sin categorizar	Total	MCF para RSU
	0.4	0.8	1	0.5	0.6		Promedio ponderado
1990	2.4%	0.0%	21.1%	12.3%	64.2%	100%	0.667
1991	2.4%	0.0%	21.1%	12.3%	64.2%	100%	0.667
1992	2.4%	0.0%	21.1%	12.3%	64.2%	100%	0.667
1993	2.4%	0.0%	17.6%	10.1%	70.0%	100%	0.656
1994	2.4%	0.0%	17.2%	9.9%	70.6%	100%	0.655
1995	2.4%	0.0%	19.5%	8.4%	69.8%	100%	0.665
1996	2.4%	0.0%	26.8%	8.2%	62.7%	100%	0.695
1997	2.4%	0.0%	35.1%	5.7%	56.9%	100%	0.731
1998	2.4%	0.0%	52.0%	3.3%	42.4%	100%	0.801
1999	2.4%	0.0%	53.1%	1.6%	42.9%	100%	0.806
2000	2.4%	0.0%	47.1%	7.9%	42.6%	100%	0.776
2001	2.4%	0.0%	48.4%	10.6%	38.6%	100%	0.778
2002	2.4%	0.0%	48.4%	11.3%	37.9%	100%	0.778
2003	2.5%	0.0%	53.0%	11.3%	33.3%	100%	0.796
2004	2.6%	0.0%	53.7%	10.7%	33.0%	100%	0.799
2005	3.2%	0.0%	53.2%	11.5%	32.0%	100%	0.794
2006	3.3%	0.0%	54.7%	10.4%	31.6%	100%	0.802
2007	3.3%	0.0%	56.5%	10.4%	29.8%	100%	0.809
2008	3.6%	0.0%	58.0%	9.4%	28.9%	100%	0.815
2009	3.9%	0.0%	57.9%	10.2%	28.0%	100%	0.814
2010	4.2%	0.0%	62.2%	8.3%	25.3%	100%	0.832

Fuente: Elaboración propia.



### Elementos de la descomposición de primer orden

En una reacción de primer orden, la cantidad de producto es siempre proporcional a la cantidad de material reactivo. Esto significa que el año en el cual el material de desecho fue depositado en el

SEDS no es pertinente para determinar la cantidad de CH<sub>4</sub> generado cada año. Lo único que cuenta es la masa total de material en descomposición que existe actualmente en el sitio.

ECUACIÓN B.5.3

#### DDOC<sub>m</sub> acumulado en los SEDS al término del año T

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} \times e^{-k})$$

$$DDOCmdescomp_T = DDOCma_{T-1} + (1 - e^{-k})$$

Donde:

$T$  = año del inventario

$DDOCma_T$  = DDOC<sub>m</sub> acumulado en los SEDS al final del año T (Gg)

$DDOCma_{T-1}$  = DDOC<sub>m</sub> acumulado en los SEDS al final del año (T-1) (Gg)

$DDOCmd_T$  = DDOC<sub>m</sub> depositado en los SEDS durante el año T (Gg)

$DDOCmdescomp_T$  = DDOC<sub>m</sub> descompuesto en los SEDS durante el año T (Gg)

$k$  = constante de reacción,  $k = \ln(2)/t_{1/2} \cdot (\text{años}^{-1})$

$t_{1/2}$  = vida media (años)

Para determinar la cantidad CH<sub>4</sub> que se forma a partir del material que puede descomponerse, se multiplica la fracción de CH<sub>4</sub> contenida en el gas

de vertedero generado por el cociente de pesos moleculares CH<sub>4</sub> / C.

ECUACIÓN B.5.4

#### CH<sub>4</sub> generado en los SEDS al término del año T

$$CH_4 \text{ generado}_T = DDOC_m \text{ descomp}_T \times F \times 16/12$$

Donde:

$CH_4 \text{ generado}_T$  = cantidad de CH<sub>4</sub> generado a partir del material en descomposición

$DDOC_m \text{ descomp}_T$  = CH<sub>4</sub> descompuesto durante el año T (Gg)

$F$  = fracción volumétrica de CH<sub>4</sub> en el gas de vertedero generado

$16/12$  = cociente de pesos moleculares CH<sub>4</sub> / C (cociente)

CUADRO B.5.2  
Metano recuperado

Año	CH <sub>4</sub> recuperado de los SEDS (Gg)	Año	CH <sub>4</sub> recuperado de los SEDS (Gg)
1990	0.0	2001	0.0
1991	0.0	2002	0.0
1992	0.0	2003	1.0
1993	0.0	2004	1.0
1994	0.0	2005	1.0
1995	0.0	2006	1.0
1996	0.0	2007	1.0
1997	0.0	2008	1.0
1998	0.0	2009	1.0
1999	0.0	2010	1.0
2000	0.0		

Fuente: Elaboración propia

#### *Modelo simple de hoja de cálculo para el FOD*

El modelo simple de hoja de cálculo para el FOD se basa en la Ecuación 4. La hoja de cálculo mantiene un total de la cantidad de DDOC descompuesto en los SEDS, que contabiliza la cantidad

depositada cada año y la cantidad restante de los años anteriores. El modelo simple se emplea para calcular la cantidad de DOC que se descompone en CH<sub>4</sub>.

## ■ B.5.2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS [B]

En general, el tratamiento biológico de los desechos sólidos afecta la cantidad y la composición de los desechos que se depositan en los SEDS.

La estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, procedentes del tratamiento biológico de los desechos sólidos, involucra los pasos siguientes:

1. Recopilar datos sobre la cantidad y el tipo de desechos sólidos que se tratan biológicamente. Los datos sobre la preparación de abono orgánico y sobre el tratamiento anaeróbico deben recopilarse por separado,

en lo posible. Si no se dispone de datos, la digestión anaeróbica de los desechos sólidos puede suponerse nula. Los datos por defecto deben utilizarse sólo cuando no se disponga de datos específicos del país.

2. Estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes del tratamiento biológico de los desechos sólidos utilizando las Ecuaciones B.5.5 y B.5.6. Usar los factores de emisión por defecto o específicos del país según la orientación brindada por las directrices del PICC 2006.

3. Restar la cantidad de gas recuperado de la cantidad de CH<sub>4</sub> generado, para estimar las emisiones netas anuales de CH<sub>4</sub>, cuando se recuperan las emisiones de este gas procedentes de la digestión anaeróbica.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes del tratamiento biológico pueden estimarse utilizando el método por defecto proporcionado por las Ecuaciones B.5.5 y B.5.6. que se presentan a continuación:

ECUACIÓN B.5.5

#### Emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes del tratamiento biológico

---

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R$$

Donde:

*Emisiones de CH<sub>4</sub>* = Total de las emisiones de CH<sub>4</sub> durante el año del inventario (Gg de CH<sub>4</sub>)

*M<sub>i</sub>* = Masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico *i* (Gg)

*EF<sub>i</sub>* = Factor de emisión del tratamiento *i* (g de CH<sub>4</sub> / kg de desechos tratados)

*i* = Preparación de composta o digestión anaeróbica

*R* = Cantidad total de CH<sub>4</sub> recuperado durante el año del inventario (Gg de CH<sub>4</sub>)

---

Al declarar las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la digestión anaeróbica, la cantidad de gas recuperado debe restarse de la cantidad de CH<sub>4</sub> generado. El gas recuperado puede quemarse en antorcha o en un dispositivo energético. La cantidad de CH<sub>4</sub> que se recupera se expresa en la ecuación anterior como R. Si el gas recuperado se utiliza para generar energía, las emisiones de gas de efecto invernadero que resultan de la combustión del gas deben declararse dentro de la categoría de Energía. Sin embargo, las emisiones provenientes de la quema del gas recuperado no son significativas, pues las emisiones de CO<sub>2</sub> son de origen biogénico y las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O son muy pequeñas, de modo que la buena práctica no exige su estimación.

El cálculo de este inventario para tratamiento biológico de desechos corresponde al Nivel 1, debido al empleo de los factores de emisión por defecto del PICC.

ECUACIÓN B.5.6  
**Emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes del tratamiento biológico**

---

$$Emisiones\ de\ N_2O = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3}$$

Donde:

*Emisiones de N<sub>2</sub>O* = Total de las emisiones de N<sub>2</sub>O durante el año del inventario (Gg de N<sub>2</sub>O)

*M<sub>i</sub>* = Masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico *i* (Gg)

*EF<sub>i</sub>* = Factor de emisión del tratamiento *i* (g de N<sub>2</sub>O / kg de desechos tratados)

*i* = Preparación de composta o digestión anaeróbica

---

### ■ B.5.3 INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE DESECHOS [C]

El cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> se basa en una estimación de la cantidad de desechos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, tomando en cuenta el contenido de materia seca, el contenido de carbono total, la fracción

de carbono fósil y el factor de oxidación. El método basado en la cantidad total de desechos quemados se plantea en la Ecuación B.5.7 y el método basado en la composición de los DSM se expresa en la Ecuación B.5.8.

ECUACIÓN B.5.7  
**Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> basada en la cantidad total de desechos quemados**

---

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (SW_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times (44/12)$$

Donde:

*Emisiones de CO<sub>2</sub>* = Emisiones de CO<sub>2</sub> durante el año del inventario (Gg/año)

*SW<sub>i</sub>* = Cantidad total de desechos sólidos de tipo *i* (peso húmedo) incinerados (Gg/año)

*dm<sub>i</sub>* = Contenido de materia seca en los desechos incinerados (fracción)

*CF<sub>i</sub>* = Fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total)

*FCF<sub>i</sub>* = Fracción de carbono fósil en el carbono total

*OF<sub>i</sub>* = Factor de oxidación (fracción)

*i* = Tipo de desecho incinerado

44/12 = Factor de conversión de C en CO<sub>2</sub>

---

$$Emisiones\ de\ CO_2 = DSM \times \sum_j (WF_j \times dm_j \times CF_j \times FCF_j \times OF_j) \times (44/12)$$

Donde:

*Emisiones de CO<sub>2</sub>* = Emisiones del CO<sub>2</sub> durante el año del inventario (Gg/año)

*DSM* = Cantidad total de desechos sólidos municipales en peso húmedo quemados por incineración abierta (Gg/año)

*WF<sub>j</sub>* = Fracción de material de desechos del tipo *j* en los DSM (en peso húmedo)

*dm<sub>j</sub>* = Contenido de materia seca en los desechos quemados por incineración abierta (fracción)

*CF<sub>j</sub>* = Fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total)

*FCF<sub>j</sub>* = Fracción de carbono fósil en el carbono total del componente *j*

*OF<sub>j</sub>* = Factor de oxidación (fracción)

44/12 = Factor de conversión de C en CO<sub>2</sub> con:  $\sum_j WF_j = 1$

*j* = Componente de los DSM sometido a incineración abierta, como papel/cartón, textiles, desechos de alimentos, madera, desecho de jardines y parques, plásticos, otros.

La Ecuación B.5.7 se empleó en el cálculo de las emisiones por la incineración de los desechos hospitalarios, mientras que la estimación de las

emisiones de la incineración abierta fue realizada utilizando la Ecuación B.5.8, al disponer del porcentaje de residuos por tipo a nivel nacional (SEDESOL).

#### ■ B.5.4 TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES [D]

La metodología de las directrices del PICC de 1996 (PICC, 1996) tenía ecuaciones separadas para estimar las emisiones de aguas residuales y los lodos; esta diferencia se ha omitido porque las capacidades de generación de CH<sub>4</sub>, tanto de las aguas residuales como de los lodos con sustancias orgánicas disueltas, son usualmente las mismas, por lo que se considera que no requieren ecuaciones distintas.

Las emisiones de esta subcategoría dependen del carbono orgánico degradable que se encuentra presente en las aguas residuales y del factor de emisión sobre el CH<sub>4</sub> que generan estos residuos.

Se emplean distintos sistemas y/o vías de tratamiento de aguas residuales para las distintas zonas económicas; sin embargo, para este inventario se consideran sólo rurales y urbanas. Por lo tanto, se introduce el factor U para expresar cada fracción de grupo de ingresos.

La ecuación utilizada para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> de las aguas residuales domésticas es la siguiente:

ECUACIÓN B.5.9

misiones totales de CH<sub>4</sub> procedentes de las aguas residuales domésticas

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left[ \sum_{i,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j) \right] (TOW - S) - R$$

Donde:

*Emisiones de CH<sub>4</sub>* = Emisiones de CH<sub>4</sub> durante el año del inventario (kg/año)

*TOW* = Total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario (kg de DBO/año)

*S* = Componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario (kg de DBO/año)

*U<sub>i</sub>* = Fracción de la población del grupo *i* en el año de inventario

*T<sub>i,j</sub>* = Grado de utilización del sistema de tratamiento *j* para cada grupo *i*

*i* = Grupo rural o urbano

*j* = Sistema de tratamiento

*EF<sub>j</sub>* = Factor de emisión (kg de CH<sub>4</sub> / kg de DBO)

*R* = Cantidad de CH<sub>4</sub> recuperado durante el año del inventario (kg de CH<sub>4</sub> / año)

El factor de emisión depende de la capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub> (B<sub>0</sub>) y del factor de corrección para el metano (MCF) de cada sistema de tratamiento.

ECUACIÓN B.5.10

Factor de emisión de CH<sub>4</sub> para cada sistema de tratamiento de aguas residuales municipales

$$EF_j = B_o \times MCF_j$$

Donde:

*EF<sub>j</sub>* = Factor de emisión (kg de CH<sub>4</sub> / kg de DBO)

*j* = Cada sistema de tratamiento

*B<sub>o</sub>* = Capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub> (kg de CH<sub>4</sub> / kg de DBO)

*MCF<sub>j</sub>* = Factor de corrección para el metano (fracción)

El valor de la capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub> es el valor por defecto de las directrices del PICC 2006 (PICC, 2006), no se dispone de datos específicos para el país. Los valores de MCF para los sistemas de tratamiento fueron tomados también de los valores por defecto.

La ecuación general para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de las aguas residuales industriales es la siguiente:

ECUACIÓN B.5.11

**Emisiones totales de CH<sub>4</sub> procedentes de las aguas residuales industriales**

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i)EF_i - R_i]$$

Donde:

*Emisiones de CH<sub>4</sub>* = Emisiones de CH<sub>4</sub> durante el año del inventario (kg/año)

*TOW* = Total de materia orgánica en las aguas residuales de la industria *i* durante el año del inventario (kg de DQO/año)

*i* = Sector industrial

*S<sub>i</sub>* = Componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario (kg de DQO/año)

*EF<sub>i</sub>* = Factor de emisión para la industria *i* (kg de CH<sub>4</sub> / kg de DQO) para el sistema de tratamiento utilizado en el año del inventario

*R<sub>i</sub>* = Cantidad de CH<sub>4</sub> recuperado durante el año del inventario (kg de CH<sub>4</sub> / año)

ECUACIÓN B.5.12

**Factor de emisión de CH<sub>4</sub> para cada sistema de tratamiento de aguas residuales industriales**

$$EF_j = B_o \times MCF_j$$

Donde:

*EF<sub>j</sub>* = Factor de emisión (kg de CH<sub>4</sub> / kg de DQO)

*j* = Cada sistema de tratamiento

*B<sub>o</sub>* = Capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub> (kg de CH<sub>4</sub> / kg de DQO)

*MCF<sub>j</sub>* = Factor de corrección para el metano (fracción)

# ANEXO C

## INCERTIDUMBRE

En el análisis de nivel 1 se estiman las incertidumbres usando la ecuación de propagación de errores en dos etapas. Primero, se usa la aproximación de la regla B para combinar los rangos de factores de emisión y datos de actividad por categoría de fuentes y gases de efecto invernadero. En segundo lugar, se emplea la aproximación de la regla A para obtener la incertidumbre general en las emisiones nacionales y la tendencia en las emisiones nacionales entre el año base y el año en curso.

categoría de fuentes usando márgenes de incertidumbre para los datos de actividad y los factores de emisión. Los diferentes gases deberían anotarse por separado como equivalentes de CO<sub>2</sub>. Las incertidumbres en la tendencia se estiman usando dos sensibilidades: la sensibilidad de tipo A surge de las incertidumbres que afectan por igual a las emisiones en el año base y en el año en curso, y la sensibilidad de tipo B surge de las incertidumbres que sólo afectan a las emisiones en el año en curso.

El enfoque de nivel 1 debería aplicarse usando el cuadro 6.1, “Cálculo y presentación de la incertidumbre en el nivel 1”. El cuadro se completa en la

Las columnas del cuadro “Cálculo y presentación de la incertidumbre en el nivel 1”, están rotuladas de A a M y contienen la siguiente información:

- A y B muestran la categoría de fuentes y gases de efecto invernadero del PICC.
- C y D son las estimaciones de inventarios en el año base (1990) y en el año t (2010) respectivamente, para la categoría de fuentes y el gas especificados en las columnas A y B, expresados en CO<sub>2</sub> eq.
- E y F contienen las incertidumbres para los datos de actividad y factores de emisión.
- G es la incertidumbre combinada usando la ecuación de propagación de errores.

ECUACIÓN C.1

$$G_x = \sqrt{E_x^2 + F_x^2}$$

- H muestra la incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t. Esta es una medida del grado de incertidumbre introducido en el total de emisiones nacionales por la categoría de fuentes en cuestión.

ECUACIÓN C.2

$$H_x = \frac{G_x^2 \cdot D_x^2}{\sum D_i}$$



- I muestra la sensibilidad de tipo A

ECUACIÓN C.3

$$I_x = \frac{0.01 \cdot D_x + \sum D_i - (0.01 \cdot C_x + \sum C_i)}{\sum D_i} \cdot 100 - \frac{\sum D_i - \sum C_i}{\sum C_i} \cdot 100$$

- J muestra la sensibilidad de tipo B

ECUACIÓN C.4

$$J_x = \frac{D_x}{\sum C_i}$$

- K muestra la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones por la incertidumbre en el factor de emisión.

ECUACIÓN C.5

$$K_x = I_x \cdot F_x$$

- L muestra la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones por la incertidumbre en los datos de actividad

ECUACIÓN C.6

$$L_x = E_x \cdot \sqrt{2}$$

- M es una estimación de la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales por la categoría de fuentes en cuestión.

ECUACIÓN C.7

$$M_x = \sqrt{K_x^2 + L_x^2}$$

# C.1 ENERGÍA

CUADRO C.1  
Cálculo y presentación de la incertidumbre en el nivel 1 para Energía

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Categoría de fuentes del IPCC	Gas	Gg de CO <sub>2</sub> eq.						%				
1A1	Carbón	7,337	30,247	1	5	5.1	0.0	4.0	5.9	0.2	0.1	0.2
1A1	Petróleo	71,715	38,915	1	5	5.1	0.0	-10.5	7.6	-0.5	0.1	0.5
1A1	GN	24,807	93,070	1	5	5.1	0.0	11.9	18.1	0.6	0.3	0.6
1A2	Carbón	867	2,839	3	5	5.8	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0
1A2	Petróleo	24,510	23,375	3	5	5.8	0.0	-1.6	4.6	-0.1	0.2	0.2
1A2	GN	25,304	30,274	3	5	5.8	0.0	-0.5	5.9	0.0	0.3	0.3
1A3	Petróleo	87,872	153,358	4	5	6.6	0.0	7.7	29.9	0.4	1.8	1.9
1A3	GN		27	1	5	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A4	Petróleo	25,149	30,827	5	5	7.1	0.0	-0.3	6.0	0.0	0.4	0.4
1A4	GN	1,893	2,198	5	5	7.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
1A1	Carbón	1	5	1	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A1	Petróleo	30	15	1	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A1	GN	27	144	1	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A2	Carbón	0.1	0.5	3	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A2	Petróleo	12	11	3	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A2	GN	13	16	3	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A2	Biomasa	46	51	30	100	104.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A3	Petróleo	388	469	2	41	40.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
1A3	GN		1	1	40	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A4	Petróleo	25	44	5	100	100.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A4	GN	1	1	5	100	100.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A4	Biomasa	986	1,089	60	100	116.6	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2

CUADRO C.1 (CONTINUA)  
Cálculo y presentación de la incertidumbre en el nivel 1 para Energía

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Gas	Gg de CO <sub>2</sub> eq.						%				
1A1	Petróleo	115	59	1	1000	1000.0	0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.2
1A1	GN	14	52	1	1000	1000.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
1A2	Carbón	5	15	3	1000	1000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A2	Petróleo	60	40	3	1000	1000.0	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.1
1A2	GN	14	17	3	1000	1000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A2	Biomasa	90	101	30	1000	1000.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A3	Petróleo	888	12,558	4	100	100	1.9	2.2	2.4	2.2	0.1	2.2
1A3	GN		0	1	50	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A4	Petróleo	68	88	5	1000	1000.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A4	GN	1	8	5	1000	1000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1A4	Biomasa	291	322	5	1000	1000.0	0.5	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.1
		$\Sigma C$	$\Sigma D$				$\sqrt{\Sigma H^2}$					$\sqrt{\Sigma M^2}$
Emisiones Totales		272,570	420,698		Incertidumbre general en el año		2.1			Incertidumbre en la tendencia		3.2

## C.2 PROCESOS INDUSTRIALES

CUADRO C.2

Cálculo y presentación de la incertidumbre en el nivel 1 para Procesos Industriales

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Categoría de fuentes del PICC	Gas	Gg de CO <sub>2</sub> eq.	%									
	2A1	Producción de cemento	CO <sub>2</sub>	12,108	20,003	20	8	21.5	1	0.8	3.9	0.1
2A2	Producción de cal	CO <sub>2</sub>	2,175	2,664	10	9	13.5	0	0.0	0.5	0.0	0.1
2A3	Producción y uso de caliza y dolomita	CO <sub>2</sub>	2,002	12,446	85	5	85.1	2	1.9	2.4	0.1	2.9
2A4	Producción y uso de carbonato de sodio	CO <sub>2</sub>	186	120	5	0	5.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
2B1	Producción de amoniaco	CO <sub>2</sub>	3,948	1,349	2	0	2.0	0	-0.7	0.3	0.0	0.0
2C1	Producción de hierro y acero	CO <sub>2</sub>	7,245	5,111	10	25	26.9	0	-0.8	1.0	-0.2	0.1
2C2	Producción de ferroaleaciones	CO <sub>2</sub>	418	358	5	0	5.0	0	0.0	0.1	0.0	0.0
2C3	Producción de aluminio	CO <sub>2</sub>	98	30	1	10	10.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
2B5	Otros (petroquímicos)	CH <sub>4</sub>	83	70	5	48	48.3	0	0.0	0.0	0.0	0.0
2B2	Producción de ácido nítrico	N <sub>2</sub> O	549	130	2	10	10.2	0	-0.1	0.0	0.0	0.0
2C3	Producción de aluminio	PFC	647	128	10	85	85.6	0	-0.1	0.0	-0.1	0.0
2E	Producción de halocarburos	HFC	777	3,898	50	50	70.7	0	0.6	0.8	0.3	0.6
2F	Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>	HFC	0	14,795	2	50	50.0	1	2.9	2.9	1.4	1.4
2F	Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>	SF <sub>6</sub>	30	124	2	40	40.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
			ΣC	ΣD				$\sqrt{\Sigma H^2}$				$\sqrt{\Sigma M^2}$
Emisiones Totales			30,266	61,227			Incertidumbre general en el año	2.1			Incertidumbre en la tendencia	3.5

## C.3 AGRICULTURA

CUADRO C.3  
Cálculo y presentación de la incertidumbre en el nivel 1 para Agricultura

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Categoría de fuentes del PICC	Gas	Gg de CO <sub>2</sub> eq.						%				
4A	Fermentación Entérica	38,803	37,961	10	10	14.1	0.8	-2.4	7.4	-0.2	1.0	1.1
4B	Manejo de estiércol	7,428	7,553	10	10	14.1	0.2	-0.4	1.5	0.0	0.2	0.2
4C	Cultivo de arroz	310	138	10	10	14.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
4D	Suelos agrícolas	46,204	46,480	10	20	22.4	1.6	-2.6	9.1	-0.5	1.3	1.4
4E	Quemas programadas de suelos	0	0	10	10	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4F	Quemas insitu de residuos agrícolas	41	52	10	10	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		$\Sigma C$	$\Sigma D$				$\sqrt{\Sigma H^2}$					$\sqrt{\Sigma M^2}$
Emisiones Totales		92,786	92,184	Incertidumbre general en el año			1.8			Incertidumbre en la tendencia		1.8

## C.4 USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA

CUADRO C.4

Cálculo y presentación de la incertidumbre en el nivel 1 para USCUS

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Categoría de fuentes del PICC		Gas	Gg de CO <sub>2</sub> eq.	%								
5A	Cambios de biomasa de bosques y otros tipos de vegetación leñosa	CO <sub>2</sub>	16,159	5,861	20	28.3	0.2	-2.9	1.1	-0.6	0.3	0.7
5B	Conversión de bosques y pastizales	CO <sub>2</sub>	73,720	45,325	20	28.3	1.9	-9.7	8.8	-1.9	2.5	3.2
5C	Abandono de Tierras Agrícolas	CO <sub>2</sub>	-8,071	-18,109	40	44.7	-1.2	-1.5	-3.5	-0.3	-2.0	2.0
5D	Emissiones de suelos minerales	CO <sub>2</sub>	19,449	12,593	40	56.6	1.1	-2.4	2.5	-1.0	1.4	1.7
			ΣC	ΣD			√ΣH <sup>2</sup>					√ΣM <sup>2</sup>
Emisiones Totales			101,257	45,670	Incertidumbre general en el año		2.5			Incertidumbre en la tendencia		3.8

## C.5 DESECHOS

CUADRO C.5  
Cálculo y presentación de la incertidumbre en el nivel 1 para Desechos

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Categoría de fuentes del PICC	Gas	Gg de CO <sub>2</sub> eq.	%									
Incineración	CO <sub>2</sub>	0	17	50	100	111.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Incineración abierta	CO <sub>2</sub>	185	552	50	100	111.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Eliminación de desechos sólidos	CH <sub>4</sub>	6,654	22,118	52	79.5	94.9	3.2	2.6	4.3	2.1	3.2	3.8
Tratamiento biológico	CH <sub>4</sub>	202	250	100	50.2	111.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Incineración	CH <sub>4</sub>	0	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Incineración abierta	CH <sub>4</sub>	255	492	50	100	111.9	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
Agua residuales municipales	CH <sub>4</sub>	3,948	8,947	64	63	89.8	1.2	0.7	1.7	0.5	1.6	1.6
Agua residuales industriales	CH <sub>4</sub>	3,808	9,508	52	58	78.1	1.1	0.9	1.9	0.5	1.4	1.5
Tratamiento biológico	N <sub>2</sub> O	127	127	100	50.2	111.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Incineración	N <sub>2</sub> O	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Incineración abierta	N <sub>2</sub> O	87	168	50	100	111.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agua residuales municipales	N <sub>2</sub> O	1,263	1,942	64	63	89.8	0.3	0.1	0.4	0.0	0.3	0.3
		$\Sigma C$	$\Sigma D$				$\sqrt{\Sigma H^2}$					$\sqrt{\Sigma M^2}$
<b>Emisiones Totales</b>		<b>16,529</b>	<b>44,131</b>	<b>Incertidumbre general en el año</b>			<b>3.6</b>			<b>Incertidumbre en la tendencia</b>		<b>2.2</b>

# ANEXO D

## EMISIONES DE PRECURSORES DE OZONO

### D.1 ENERGÍA

#### ■ D.1.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES (1A)

CUADRO D.1.1  
Emisiones de CO por el consumo de combustibles fósiles

Año	Industrias de la energía	Manufactura e industria de la construcción	Transporte	Comercial, residencial y agropecuario	Total
	Gg de CO				
1990	27.2	19.2	4,526.2	1,155.1	5,727.8
1991	28.6	19.8	4,863.9	1,164.2	6,076.4
1992	28.0	19.7	4,914.6	1,173.5	6,135.8
1993	28.3	20.0	4,938.8	1,182.7	6,169.7
1994	31.6	20.7	5,021.5	1,191.9	6,265.7
1995	29.5	20.5	4,796.6	1,200.7	6,047.4
1996	29.9	20.6	4,668.0	1,208.8	5,927.4
1997	31.9	20.1	4,620.4	1,216.6	5,889.0
1998	36.6	20.7	4,522.1	1,224.5	5,803.9
1999	37.3	18.9	4,425.0	1,231.6	5,712.9
2000	40.5	20.5	4,526.7	1,402.2	5,989.9
2001	44.2	18.7	4,354.3	1,314.4	5,731.6
2002	48.7	19.4	4,309.5	1,310.3	5,687.9
2003	51.7	19.4	4,350.4	1,314.3	5,735.8
2004	53.8	22.5	4,838.3	1,312.6	6,227.2
2005	53.2	21.7	4,435.3	1,311.4	5,821.6
2006	57.9	23.4	4,537.9	1,301.5	5,920.8
2007	61.3	25.1	4,874.0	1,296.3	6,256.6
2008	64.1	22.9	5,489.3	1,290.8	6,867.1
2009	66.1	21.4	5,054.5	1,283.7	6,425.8
2010	67.0	21.3	5,034.8	1,277.1	6,400.3



CUADRO D.1.2  
Emisiones NO<sub>x</sub> por el consumo de combustibles fósiles

Año	Industrias de la energía	Manufactura e industria de la construcción	Transporte	Comercial, residencial y agropecuario	Total
	Gg de NO <sub>x</sub>				
1990	276.0	181.7	513.2	50.2	1,021.1
1991	284.0	187.1	543.0	50.4	1,064.5
1992	281.4	186.6	530.5	51.8	1,050.2
1993	280.4	190.3	538.2	52.8	1,061.6
1994	322.1	199.2	578.0	53.4	1,152.8
1995	296.6	201.6	534.6	53.5	1,086.2
1996	303.9	202.6	547.4	54.5	1,108.5
1997	324.5	199.1	569.5	54.4	1,147.6
1998	263.3	163.1	582.0	55.2	1,063.7
1999	260.4	146.5	613.9	53.1	1,073.8
2000	278.1	160.4	639.2	58.5	1,136.1
2001	290.6	145.8	612.1	55.5	1,103.8
2002	296.2	150.6	601.0	55.4	1,103.2
2003	302.2	151.6	627.3	56.0	1,137.1
2004	303.8	175.4	688.0	56.2	1,223.4
2005	309.9	168.4	671.7	55.3	1,205.3
2006	310.9	178.6	705.9	54.9	1,250.3
2007	316.6	190.7	773.5	56.1	1,336.9
2008	318.9	176.4	864.9	55.9	1,416.1
2009	329.0	163.4	769.6	55.0	1,316.9
2010	333.7	162.8	787.9	55.1	1,339.5

CUADRO D.1.3  
Emisiones de COVDM por el consumo de combustibles fósiles

Año	Industrias de la energía	Manufactura e industria de la construcción	Transporte	Comercial, residencial y agropecuario	Total
	Gg de COVDM				
1990	7.4	7.7	874.1	142.9	1,032.2
1991	7.6	8.3	939.4	144.1	1,099.3
1992	7.6	8.1	948.9	145.3	1,109.9
1993	7.5	8.6	951.6	146.5	1,114.3
1994	8.7	8.3	965.8	147.7	1,130.5
1995	8.0	9.1	920.6	148.7	1,086.4
1996	8.2	9.2	891.4	149.8	1,058.6
1997	8.7	9.5	876.6	150.8	1,045.6
1998	9.8	9.7	851.0	151.8	1,022.3
1999	9.7	8.9	828.5	152.4	999.5
2000	10.3	8.6	842.4	173.4	1,034.7
2001	10.8	8.3	801.6	162.6	983.3
2002	11.0	8.6	786.7	162.1	968.4
2003	11.3	8.8	791.2	162.6	974.0
2004	11.4	9.4	874.2	162.4	1,057.4
2005	11.6	9.8	793.9	162.2	977.5
2006	11.7	9.5	807.2	161.0	989.3
2007	11.9	9.7	862.3	160.5	1,044.4
2008	12.0	9.7	968.7	159.9	1,150.2
2009	12.4	8.9	890.0	158.9	1,070.2
2010	12.6	8.8	886.0	158.2	1,065.5

CUADRO D.1.4  
Emisiones de SO<sub>2</sub> por el consumo de combustibles fósiles

Año	Industrias de la energía	Manufactura e industria de la construcción	Transporte	Comercial, residencial y agropecuario	Total
	Gg de SO <sub>2</sub>				
1990	1,628.4	541.1	231.1	77.7	2,478.4
1991	1,582.8	485.1	231.3	75.3	2,374.5
1992	1,572.4	473.2	174.5	81.9	2,302.0
1993	1,592.2	469.5	145.6	80.9	2,288.3
1994	1,889.9	490.0	121.6	79.1	2,580.5
1995	1,695.1	422.8	87.2	68.8	2,273.8
1996	1,768.2	497.4	70.9	78.8	2,415.4
1997	1,948.5	506.8	61.3	81.9	2,598.6
1998	2,125.4	512.9	57.3	84.8	2,780.4
1999	2,116.5	453.2	69.2	21.4	2,660.4
2000	2,235.8	493.7	78.9	21.3	2,829.7
2001	2,194.5	463.1	71.0	20.9	2,749.5
2002	1,991.6	373.6	64.5	20.5	2,450.2
2003	1,890.3	379.5	65.3	21.7	2,356.8
2004	1,690.2	400.1	69.5	22.8	2,182.6
2005	1,686.2	387.1	73.0	23.9	2,170.3
2006	1,458.4	312.7	78.8	25.5	1,875.3
2007	1,363.5	308.6	89.1	27.9	1,789.2
2008	1,222.3	251.6	90.2	29.2	1,593.2
2009	1,224.5	231.5	84.4	29.2	1,569.5
2010	1,185.8	188.3	84.1	29.1	1,487.3

## ■ D.1.2 INDUSTRIAS ENERGÉTICAS (1A1)

CUADRO D.1.5

Emisiones de precursores de ozono (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y COVDM) debido a las industrias energéticas

Año	Consumo sector energético	Generación eléctrica	Consumo propio	Generación eléctrica	Consumo propio	Generación eléctrica	Consumo propio	Generación eléctrica
	Gg de CO		Gg de NO <sub>x</sub>		Gg de COVDM		Gg de SO <sub>2</sub>	
1990	37.1	66.7	107.1	168.8	2.9	4.5	259.3	1,369.1
1991	37.6	69.0	108.7	175.3	3.0	4.7	204.0	1,378.8
1992	38.0	67.5	110.5	171.0	3.0	4.5	205.5	1,366.9
1993	35.3	70.0	104.2	176.1	2.9	4.7	183.6	1,408.6
1994	38.0	83.7	111.7	210.4	3.1	5.6	220.3	1,669.7
1995	34.6	77.5	102.1	194.4	2.8	5.2	203.0	1,492.1
1996	33.4	82.3	98.6	205.3	2.7	5.5	198.5	1,569.7
1997	32.1	91.5	95.4	229.1	2.6	6.1	180.2	1,768.3
1998	37.2	100.7	80.4	183.0	3.0	6.7	188.7	1,936.7
1999	35.0	101.1	76.0	184.4	2.9	6.8	208.5	1,908.1
2000	35.3	109.5	77.3	200.8	2.9	7.4	194.2	2,041.6
2001	35.8	114.9	79.0	211.5	3.0	7.8	178.8	2,015.8
2002	36.6	115.4	80.8	215.4	3.1	8.0	190.0	1,801.6
2003	37.7	116.7	83.3	218.9	3.2	8.1	207.5	1,682.9
2004	43.4	108.2	96.4	207.4	3.7	7.7	209.9	1,480.3
2005	42.5	114.5	95.1	214.8	3.6	8.0	174.7	1,511.5
2006	42.6	112.2	95.4	215.5	3.6	8.0	172.3	1,286.0
2007	44.8	111.5	99.6	217.0	3.8	8.1	197.2	1,166.3
2008	48.0	105.8	107.0	211.8	4.1	7.9	184.0	1,038.4
2009	46.4	113.5	104.2	224.8	4.0	8.4	173.7	1,050.9
2010	47.4	114.9	106.9	226.8	4.1	8.5	150.6	1,035.2

## ■ D.1.3 MANUFACTURA E INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2)

CUADRO D.1.6

### Emisiones de CO debido a Manufactura e industria de la construcción

Año	Siderurgia	Metales no ferrosos	Industria química	Celulosa y papel	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	Cemento	Otras manufacturera, construcción y minería)	Total
	Gg de CO							
1990	1.80	0.03	4.48	0.71	2.38	6.84	3.02	19.25
1991	1.72	0.03	4.79	0.69	2.68	6.99	2.87	19.79
1992	1.61	0.05	4.51	0.56	2.53	7.55	2.92	19.73
1993	1.74	0.05	4.29	0.55	2.65	7.39	3.30	19.98
1994	1.98	0.06	4.94	0.57	2.28	7.35	3.49	20.67
1995	2.23	0.06	4.92	0.46	2.58	6.34	3.95	20.53
1996	2.42	0.06	4.95	0.54	2.64	6.69	3.29	20.59
1997	2.55	0.08	4.69	0.49	2.82	6.63	2.87	20.12
1998	2.53	0.07	4.48	0.53	2.99	7.14	2.97	20.70
1999	2.39	0.07	3.82	0.52	2.72	6.42	2.99	18.94
2000	1.94	0.03	4.04	0.66	2.51	6.66	4.68	20.51
2001	1.70	0.03	3.33	0.62	2.60	6.35	4.03	18.67
2002	1.58	0.03	3.13	0.61	2.52	6.65	4.89	19.40
2003	1.47	0.03	3.00	0.62	2.52	6.38	5.34	19.35
2004	1.78	0.02	3.09	0.65	2.51	8.67	5.81	22.54
2005	1.62	0.02	2.98	0.67	2.78	7.94	5.70	21.71
2006	1.63	0.02	2.62	0.63	2.53	9.76	6.19	23.39
2007	1.76	0.02	2.89	0.68	2.54	10.95	6.20	25.05
2008	1.94	0.02	2.91	0.65	2.56	9.04	5.77	22.89
2009	1.64	0.02	2.49	0.66	2.28	8.91	5.43	21.43
2010	1.80	0.02	2.74	0.66	2.27	8.05	5.77	21.31

CUADRO D.1.7

Emisiones de monóxido de NO<sub>x</sub> debido a Manufactura e industria de la construcción

Año	Siderurgia	Metales no ferrosos	Industria química	Celulosa y papel	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	Cemento	Otras manufacturera, construcción y minería)	Total
	Gg de NO <sub>x</sub>							
1990	20.12	0.39	49.14	8.63	23.93	39.88	39.66	181.74
1991	19.25	0.35	53.01	8.13	24.96	41.71	39.65	187.06
1992	18.65	0.49	50.02	7.17	24.23	43.03	42.98	186.56
1993	20.35	0.51	47.77	7.01	24.53	42.82	47.27	190.27
1994	23.50	0.64	54.66	7.26	21.36	43.24	48.59	199.24
1995	26.71	0.61	54.22	5.85	23.79	36.77	53.68	201.63
1996	29.16	0.66	54.84	6.94	24.62	38.96	47.48	202.65
1997	31.19	0.83	52.12	6.24	26.08	38.60	44.02	199.08
1998	22.47	0.56	36.52	5.00	24.57	41.34	32.65	163.12
1999	21.36	0.53	31.45	4.87	22.41	36.80	29.06	146.47
2000	17.23	0.23	32.92	5.59	20.61	40.90	42.92	160.41
2001	14.69	0.21	27.18	5.27	21.71	39.02	37.68	145.76
2002	14.35	0.20	25.50	5.09	20.57	40.85	43.99	150.55
2003	14.07	0.20	24.26	5.18	20.51	39.07	48.28	151.57
2004	16.73	0.18	24.96	5.46	20.43	54.17	53.48	175.41
2005	15.11	0.17	24.21	5.63	22.43	49.02	51.86	168.44
2006	15.23	0.16	21.50	5.30	20.52	60.88	54.98	178.57
2007	16.30	0.16	23.67	5.68	20.65	68.75	55.51	190.73
2008	17.65	0.16	23.75	5.47	20.77	56.05	52.58	176.44
2009	15.34	0.15	20.22	5.56	18.47	54.63	48.97	163.35
2010	15.92	0.16	21.98	5.49	18.45	48.91	51.84	162.75

CUADRO D.1.8  
Emisiones de COVDM debido a Manufactura e industria de la construcción

Año	Siderurgia	Metales no ferrosos	Industria química	Celulosos y papel	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	Cemento	Otras manufactureras, construcción y minería)	Total
	Gg de COVDM							
1990	0.58	0.01	1.35	0.23	3.95	0.43	1.17	7.72
1991	0.55	0.01	1.46	0.22	4.49	0.44	1.13	8.30
1992	0.67	0.01	1.38	0.19	4.17	0.47	1.22	8.11
1993	0.76	0.01	1.31	0.19	4.56	0.46	1.33	8.64
1994	0.93	0.02	1.51	0.20	3.85	0.46	1.37	8.33
1995	1.10	0.02	1.50	0.16	4.45	0.40	1.51	9.14
1996	1.23	0.02	1.51	0.19	4.44	0.42	1.35	9.16
1997	1.39	0.02	1.43	0.17	4.85	0.42	1.26	9.54
1998	1.36	0.02	1.37	0.19	5.02	0.45	1.33	9.73
1999	1.32	0.02	1.18	0.18	4.61	0.40	1.19	8.91
2000	0.81	0.01	1.24	0.22	4.27	0.42	1.64	8.61
2001	0.73	0.01	1.02	0.21	4.48	0.44	1.44	8.32
2002	0.84	0.01	0.96	0.20	4.40	0.49	1.67	8.57
2003	0.90	0.01	0.92	0.20	4.44	0.52	1.84	8.82
2004	1.06	0.01	0.94	0.21	4.51	0.61	2.03	9.38
2005	0.98	0.01	0.91	0.22	5.17	0.57	1.97	9.83
2006	0.93	0.01	0.81	0.21	4.71	0.71	2.09	9.47
2007	0.97	0.01	0.89	0.22	4.70	0.79	2.12	9.70
2008	1.02	0.01	0.90	0.22	4.85	0.66	2.01	9.67
2009	1.03	0.01	0.76	0.21	4.35	0.64	1.87	8.87
2010	0.95	0.01	0.83	0.21	4.25	0.59	1.98	8.81

CUADRO D.1.9  
Emisiones de SO<sub>2</sub> debido a Manufactura e industria de la construcción

Año	Siderurgia	Metales no ferrosos	Industria química	Celulosay papel	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	Cemento	Otras manufactureras, construcción y minería)	Total
	Gg de SO <sub>2</sub>							
1990	54.332	0.131	98.193	60.65	89.13	145.37	93.32	541.13
1991	50.435	0.028	103.625	36.56	90.99	153.02	50.41	485.07
1992	40.142	0.039	101.837	30.12	90.17	158.40	52.53	473.23
1993	49.348	0.040	103.522	29.46	80.28	157.63	49.26	469.54
1994	58.442	0.050	102.101	30.31	69.87	158.21	71.00	489.98
1995	66.610	0.050	89.505	19.16	76.54	133.94	36.96	422.76
1996	76.673	0.051	99.025	28.07	83.91	142.56	67.13	497.42
1997	84.743	0.067	102.169	25.23	83.57	141.14	69.90	506.82
1998	84.205	0.061	100.432	28.39	94.72	151.31	53.75	512.86
1999	78.670	0.059	90.870	26.12	80.52	134.70	42.32	453.25
2000	45.227	0.029	77.827	29.48	74.02	108.67	158.46	493.71
2001	39.064	0.026	65.386	29.02	74.64	78.40	176.55	463.09
2002	42.144	0.025	55.999	25.50	65.76	51.54	132.60	373.56
2003	48.212	0.024	33.518	26.10	63.80	44.82	163.04	379.51
2004	54.409	0.023	39.063	26.76	56.26	52.27	171.32	400.10
2005	48.934	0.021	43.856	29.30	54.38	42.21	168.36	387.07
2006	42.699	0.020	28.189	22.89	44.62	41.93	132.32	312.67
2007	43.468	0.021	28.465	25.21	46.19	37.40	127.89	308.65
2008	42.075	0.020	23.375	23.06	38.30	21.17	103.56	251.57
2009	47.753	0.019	20.626	23.02	30.78	19.65	89.60	231.45
2010	37.103	0.021	15.308	17.05	30.25	29.17	59.36	188.26



## ■ D.1.4 TRANSPORTE (1A3)

CUADRO D.1.10  
Emisiones de CO y NO<sub>x</sub> debidas al transporte

Año	Aviación	Autotransporte	Ferrovionario	Marítimo	Aviación	Autotransporte	Ferrovionario	Marítimo
	Gg de CO				Gg de NO <sub>x</sub>			
1990	9.9	4,465.5	26.6	24.2	14.8	430.2	32.0	36.3
1991	10.6	4,803.0	22.3	28.0	15.7	458.6	26.8	42.0
1992	9.5	4,866.6	22.5	16.1	14.2	465.2	27.0	24.1
1993	10.3	4,892.6	22.7	13.1	15.3	475.9	27.3	19.7
1994	11.8	4,959.1	25.6	25.1	17.4	492.3	30.7	37.6
1995	11.3	4,739.8	22.6	22.9	17.1	456.0	27.1	34.4
1996	10.3	4,609.9	24.2	23.6	15.3	467.6	29.0	35.4
1997	10.5	4,556.5	27.8	25.6	15.6	482.2	33.4	38.4
1998	11.4	4,455.7	23.2	31.8	16.9	489.6	27.9	47.6
1999	12.4	4,343.2	21.9	47.6	18.3	497.9	26.2	71.3
2000	12.5	4,438.2	22.6	53.4	18.5	513.4	27.1	80.1
2001	12.6	4,277.9	20.7	43.1	18.8	503.8	24.8	64.7
2002	12.0	4,245.2	21.3	31.0	17.9	511.0	25.5	46.6
2003	11.9	4,284.9	21.9	31.8	17.7	535.7	26.2	47.7
2004	12.3	4,770.3	24.3	31.3	18.4	593.5	29.2	47.0
2005	12.0	4,367.7	23.4	32.2	17.9	577.4	28.1	48.3
2006	12.9	4,467.1	24.9	33.0	19.2	607.3	29.9	49.5
2007	15.1	4,797.3	26.3	35.2	22.5	666.5	31.6	52.9
2008	13.9	5,406.6	26.2	42.7	20.8	748.8	31.4	64.0
2009	11.6	4,989.1	23.8	30.1	17.3	678.7	28.5	45.1
2010	11.5	4,965.3	26.4	31.6	17.3	691.6	31.7	47.4

CUADRO D.1.11  
Emisiones de COVDM y SO<sub>2</sub> debidas al transporte

Año	Aviación	Autotransporte	Ferrovionario	Marítimo	Aviación	Autotransporte	Ferrovionario	Marítimo
	Gg de COVDM				Gg de SO <sub>2</sub>			
1990	1.81	862.16	5.33	4.83	7.56	172.65	10.88	40.05
1991	2.01	927.29	4.46	5.60	8.01	177.91	8.70	36.67
1992	1.65	939.53	4.50	3.21	7.33	151.63	6.86	8.67
1993	1.79	942.64	4.55	2.62	7.91	126.84	5.08	5.81
1994	2.10	953.55	5.12	5.01	8.98	101.95	3.98	6.65
1995	2.16	909.29	4.52	4.59	8.51	72.24	2.00	4.46
1996	1.86	880.02	4.84	4.73	7.90	57.96	1.03	4.04
1997	1.89	863.99	5.57	5.12	8.02	49.00	0.63	3.69
1998	2.02	837.99	4.65	6.35	8.70	42.54	0.52	5.50
1999	2.16	812.42	4.37	9.51	9.51	42.84	0.49	16.34
2000	2.13	825.07	4.51	10.68	9.64	44.37	0.51	24.38
2001	2.15	786.66	4.13	8.63	9.77	45.02	0.48	15.73
2002	2.01	774.24	4.25	6.21	9.34	45.25	0.49	9.41
2003	1.99	778.51	4.37	6.36	9.20	48.12	0.50	7.46
2004	2.07	861.01	4.86	6.26	9.57	51.10	0.54	8.26
2005	2.02	780.71	4.68	6.44	9.33	53.90	0.56	9.25
2006	2.15	793.46	4.98	6.60	10.03	57.60	0.59	10.63
2007	2.52	847.43	5.27	7.05	11.74	63.04	0.62	13.73
2008	2.27	952.64	5.24	8.53	10.83	66.58	0.58	12.16
2009	1.91	877.33	4.75	6.02	9.02	64.85	0.56	9.98
2010	1.88	872.52	5.28	6.32	9.00	64.29	0.63	10.15

■ D.1.5 SECTORES COMERCIAL (1A4A), RESIDENCIAL (1A4B)  
Y AGROPECUARIO (1A4C)

CUADRO D.1.12

Emisiones de CO y NO<sub>x</sub> debidas a los sectores comercial, residencial y agropecuario

Año	Residencial	Comercial	Agropecuario	Residencial	Comercial	Agropecuario
	Gg de CO			Gg de NO <sub>x</sub>		
1990	1,153.08	0.68	1.37	49.2	0.5	0.5
1991	1,161.94	0.83	1.41	49.4	0.6	0.5
1992	1,171.13	0.95	1.42	50.6	0.6	0.5
1993	1,180.34	0.94	1.42	51.7	0.6	0.5
1994	1,189.51	1.03	1.35	52.3	0.7	0.5
1995	1,198.43	0.93	1.39	52.4	0.6	0.5
1996	1,206.31	1.01	1.48	53.4	0.6	0.5
1997	1,213.95	1.05	1.59	53.2	0.7	0.6
1998	1,221.84	1.12	1.57	54.0	0.7	0.6
1999	1,229.26	0.62	1.76	52.2	0.3	0.6
2000	1,399.70	0.74	1.74	57.5	0.3	0.6
2001	1,312.00	0.73	1.67	54.6	0.3	0.6
2002	1,307.87	0.77	1.63	54.5	0.3	0.6
2003	1,311.85	0.72	1.73	55.1	0.3	0.6
2004	1,310.05	0.72	1.87	55.2	0.3	0.7
2005	1,308.80	0.72	1.88	54.3	0.3	0.7
2006	1,298.83	0.74	1.96	53.9	0.3	0.7
2007	1,293.42	0.77	2.13	55.0	0.3	0.8
2008	1,287.56	0.75	2.44	54.7	0.3	0.9
2009	1,280.71	0.75	2.27	53.8	0.3	0.8
2010	1,274.08	0.78	2.26	54.0	0.3	0.8

CUADRO D.1.13

Emisiones COVDM y SO<sub>2</sub> debidas a los sectores comercial, residencial y agropecuario

Año	Residencial	Comercial	Agropecuario	Residencial	Comercial	Agropecuario
	Gg de COVDM			Gg de SO <sub>2</sub>		
1990	142.3	0.26	0.34	3.17	60.22	14.31
1991	143.4	0.34	0.35	2.97	57.40	14.94
1992	144.6	0.39	0.35	3.10	63.54	15.24
1993	145.8	0.39	0.36	2.75	62.78	15.40
1994	146.9	0.43	0.34	2.66	61.94	14.47
1995	148.0	0.40	0.35	2.67	51.21	14.91
1996	149.0	0.43	0.37	2.88	59.85	16.10
1997	149.9	0.44	0.40	2.53	62.18	17.22
1998	150.9	0.47	0.39	2.51	64.92	17.40
1999	151.7	0.30	0.44	2.34	1.14	17.94
2000	172.6	0.37	0.44	2.11	1.29	17.90
2001	161.8	0.36	0.42	2.28	1.19	17.44
2002	161.3	0.38	0.41	2.32	1.21	16.94
2003	161.8	0.36	0.43	2.34	1.20	18.13
2004	161.6	0.36	0.47	2.40	1.24	19.19
2005	161.4	0.36	0.47	2.33	1.29	20.31
2006	160.2	0.37	0.49	2.36	1.18	21.93
2007	159.6	0.38	0.53	2.50	1.26	24.10
2008	158.9	0.37	0.61	2.35	1.29	25.52
2009	158.0	0.37	0.57	2.26	1.29	25.61
2010	157.2	0.39	0.57	2.36	1.40	25.39

## D.2 PROCESOS INDUSTRIALES

### ■ D.2.1 INDUSTRIA DE LOS MINERALES (2A)

CUADRO D.2.1  
Emisiones de SO<sub>2</sub>, CO, COVDM, y NO<sub>x</sub> de la industria de los minerales

Año	Producción de cemento	Planta de asfalto*	Producción de material asfáltico	Planta de asfalto*	Producción de material asfáltico	Proceso de soplado	Planta de asfalto*	Superficie pavimentada	Producción de vidrio	Planta de asfalto*
	(Gg de SO <sub>2</sub> )		(Gg de CO)		(Gg de COVDM)				(Gg de NO <sub>x</sub> )	
1990	7.287	0.108	0.002	0.032	0.030	0.448	0.021	288.0	1.637	0.076
1991	7.435	0.114	0.002	0.033	0.030	0.446	0.022	304.0	1.823	0.080
1992	7.976	0.120	0.002	0.035	0.030	0.444	0.023	320.0	2.070	0.084
1993	8.409	0.139	0.002	0.041	0.027	0.408	0.027	371.8	2.327	0.098
1994	9.444	0.159	0.001	0.046	0.025	0.372	0.030	423.6	3.106	0.111
1995	7.536	0.080	0.002	0.023	0.026	0.395	0.015	213.9	2.990	0.056
1996	8.414	0.092	0.001	0.027	0.023	0.351	0.018	245.1	2.870	0.064
1997	8.858	0.066	0.002	0.019	0.027	0.399	0.013	175.4	3.064	0.046
1998	9.218	0.098	0.001	0.029	0.023	0.344	0.019	260.7	3.293	0.068
1999	9.540	0.141	0.002	0.041	0.026	0.395	0.027	375.5	0.885	0.099
2000	9.968	0.178	0.001	0.052	0.025	0.378	0.034	474.8	0.865	0.125
2001	9.640	0.132	0.002	0.039	0.027	0.408	0.025	353.2	0.393	0.093
2002	10.011	0.145	0.001	0.042	0.023	0.351	0.028	387.5	0.356	0.102
2003	10.078	0.114	0.001	0.033	0.011	0.159	0.022	302.7	0.328	0.079
2004	10.498	0.170	0.001	0.050	0.016	0.233	0.033	454.1	0.822	0.119
2005	11.235	0.147	0.001	0.043	0.014	0.213	0.028	392.8	0.843	0.103
2006	12.109	0.123	0.001	0.036	0.016	0.234	0.024	328.0	0.852	0.086
2007	12.364	0.110	0.001	0.032	0.022	0.328	0.021	294.4	0.904	0.077
2008	12.033	0.131	0.002	0.038	0.028	0.413	0.025	348.4	0.915	0.091
2009	11.703	0.151	0.002	0.044	0.033	0.499	0.029	402.3	0.926	0.106
2010	12.038	0.120	0.002	0.035	0.041	0.620	0.023	320.4	1.004	0.084

\*: Producción de concreto asfáltico

## ■ D.2.2 INDUSTRIA QUÍMICA (2B)

CUADRO D.2.2  
Emisiones de SO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub> de la industria química

Año	Producción de amoniaco	Negro de humo	Ácido sulfúrico	Bióxido de titanio	Producción de amoniaco	Negro de humo	Negro de humo	Ácido nítrico
	(Gg de SO <sub>2</sub> )				(Gg de CO)		(Gg de NO <sub>x</sub> )	
1990	0.079	0.388	0.578	0.957	20.793	1.253	0.050	3.540
1991	0.081	0.296	0.753	1.016	21.346	0.954	0.038	4.225
1992	0.080	0.280	0.753	1.045	21.156	0.903	0.036	2.194
1993	0.064	0.205	0.543	1.191	16.882	0.662	0.026	2.736
1994	0.074	0.262	1.173	1.428	19.497	0.844	0.034	2.995
1995	0.073	0.297	3.080	1.263	19.134	0.960	0.038	5.651
1996	0.075	0.334	2.520	1.256	19.750	1.078	0.043	7.102
1997	0.064	0.356	1.855	1.491	16.835	1.150	0.046	5.489
1998	0.055	0.372	0.998	1.626	14.370	1.198	0.048	4.992
1999	0.037	0.375	1.435	1.684	9.638	1.210	0.048	4.148
2000	0.028	0.359	0.560	1.849	7.292	1.143	0.046	1.799
2001	0.021	0.271	1.558	1.813	5.593	0.873	0.035	1.501
2002	0.020	0.273	0.788	1.854	5.364	0.881	0.035	0.777
2003	0.016	0.372	0.630	0.000	4.219	1.200	0.048	0.722
2004	0.020	0.372	0.595	0.000	5.372	1.200	0.048	0.717
2005	0.015	0.372	0.560	0.000	4.053	1.200	0.048	0.754
2006	0.018	0.372	0.420	0.000	4.677	1.200	0.048	0.857
2007	0.023	0.405	0.350	0.000	6.004	1.307	0.052	0.853
2008	0.027	0.438	0.298	0.000	7.094	1.414	0.057	0.849
2009	0.024	0.472	0.298	0.000	6.241	1.521	0.061	0.845
2010	0.027	0.505	0.368	0.000	7.102	1.628	0.065	0.841

CUADRO D.2.3  
Emisiones de COVDM de la industria química (Gg de COVDM)

Año	Amoniaco	Acrilo- nitrilo	Anhídrido ftálico	Policloruro de vinilo	Estireno	Etil- benceno	Etileno
1990	12.37	0.12	0.48	2.63	2.84	0.38	1.92
1991	12.70	0.16	0.40	3.19	2.73	0.39	1.91
1992	12.59	0.17	0.42	3.42	2.88	0.37	2.07
1993	10.04	0.15	0.37	3.35	2.94	0.37	1.83
1994	11.60	0.16	0.36	2.94	2.92	0.36	1.84
1995	11.38	0.16	0.44	3.24	3.13	0.40	1.90
1996	11.75	0.17	0.38	3.26	2.78	0.34	1.88
1997	10.02	0.16	0.46	3.40	2.25	0.28	1.81
1998	8.55	0.13	0.32	3.54	2.30	0.29	1.76
1999	5.73	0.07	0.42	4.13	2.11	0.26	1.61
2000	4.34	0.12	0.39	4.08	2.58	0.32	1.62
2001	3.33	0.03	0.39	3.95	2.24	0.28	1.49
2002	3.19	0.06	0.37	3.86	2.30	0.28	1.39
2003	2.51	0.08	0.35	4.13	1.81	0.23	1.37
2004	3.20	0.07	0.38	4.23	2.92	0.36	1.41
2005	2.41	0.06	0.41	3.93	2.55	0.31	1.52
2006	2.78	0.05	0.39	4.12	2.50	0.31	1.58
2007	3.57	0.02	0.42	4.70	2.41	0.30	1.40
2008	4.22	0.01	0.44	5.27	2.15	0.27	1.49
2009	3.71	0.01	0.47	5.84	1.64	0.21	1.62
2010	4.23	0.06	0.49	6.41	1.17	0.15	1.58

CUADRO D.2.3 (CONTINÚA)  
Emisiones de COVDM de la industria química (Gg de COVDM)

Año	Formaldehído	Negro de humo	Poliestireno	Poliétileno de baja densidad	Poliétileno de alta densidad	Poli-propileno	Propileno
1990	0.59	5.01	0.43	1.04	1.13	0.00	0.51
1991	0.57	3.81	0.49	1.01	1.36	0.43	0.51
1992	0.52	3.61	0.55	1.07	1.41	0.83	0.48
1993	0.47	2.65	0.60	0.92	1.26	0.79	0.40
1994	0.51	3.38	0.66	1.02	1.29	0.91	0.45
1995	0.55	3.84	0.67	1.04	1.16	1.15	0.59
1996	0.50	4.31	0.75	1.01	1.23	1.07	0.56
1997	0.48	4.60	0.90	1.00	1.22	0.86	0.47
1998	0.48	4.79	1.52	0.94	1.18	0.49	0.36
1999	0.51	4.84	1.72	0.87	1.06	0.44	0.26
2000	0.52	4.57	2.08	0.82	1.11	0.11	0.44
2001	0.54	3.49	1.92	0.83	1.14	0.02	0.40
2002	0.56	3.52	1.82	0.85	0.94	0.00	0.44
2003	7.45	4.80	1.77	0.81	1.01	0.00	0.50
2004	7.95	4.80	1.96	0.79	1.16	0.00	0.58
2005	7.82	4.80	2.23	0.89	1.08	0.00	0.53
2006	7.82	4.80	2.22	1.06	1.07	0.00	0.48
2007	7.82	5.23	2.79	1.07	1.00	0.00	0.49
2008	7.82	5.66	3.36	1.24	1.09	0.00	0.46
2009	7.82	6.08	3.93	1.49	1.25	0.00	0.60
2010	7.82	6.51	4.50	1.38	1.16	0.00	0.54



## ■ D.2.3 INDUSTRIA DE LOS METALES (2C)

CUADRO D.2.4  
Emisiones de COVDM, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y CO de la producción de metales

Año	Hierro y acero	Hierro y acero	Ferromanganeso	Silicomanganeso	Aluminio
	(Gg de COVDM)	(Gg de NO <sub>x</sub> )			
1990	0.881	0.820	0.009	0.004	0.140
1991	0.776	0.727	0.007	0.003	0.103
1992	0.826	0.773	0.007	0.003	0.091
1993	0.892	0.836	0.006	0.003	0.055
1994	0.980	0.921	0.006	0.004	0.000
1995	1.149	1.082	0.003	0.003	0.022
1996	1.198	1.138	0.003	0.005	0.132
1997	1.316	1.245	0.003	0.005	0.143
1998	1.438	1.338	0.004	0.005	0.145
1999	1.546	1.438	0.004	0.006	0.167
2000	1.513	1.419	0.005	0.005	0.182
2001	1.203	1.143	0.003	0.004	0.111
2002	1.294	1.224	0.002	0.004	0.084
2003	1.420	1.340	0.003	0.004	0.054
2004	1.564	1.477	0.004	0.005	0.043
2005	1.491	1.413	0.005	0.005	0.043
2006	1.489	1.415	0.003	0.005	0.043
2007	1.561	1.489	0.004	0.005	0.043
2008	1.562	1.483	0.005	0.006	0.043
2009	1.225	1.171	0.002	0.004	0.043
2010	1.519	1.447	0.004	0.007	0.043

CUADRO D.2.4 (CONTINÚA)  
**Emissiones de COVDM, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y CO de la producción de metales**

Año	Hierro y acero	Aluminio	Hierro y acero	Silicomanganeso	Aluminio
	(Gg de SO <sub>2</sub> )		(Gg de CO)		
1990	18.963	0.925	8.056	0.059	8.79
1991	16.475	0.678	6.992	0.056	6.44
1992	17.554	0.599	7.450	0.049	5.70
1993	18.894	0.366	8.017	0.053	3.48
1994	20.613	0.000	8.743	0.061	0.00
1995	24.073	0.148	10.207	0.057	1.41
1996	24.664	0.872	10.444	0.078	8.29
1997	27.309	0.942	11.570	0.089	8.96
1998	30.987	0.956	13.164	0.088	9.09
1999	33.322	1.103	14.157	0.096	10.48
2000	32.038	1.202	13.594	0.091	11.42
2001	24.733	0.731	10.472	0.062	6.95
2002	26.841	0.554	11.372	0.062	5.27
2003	29.652	0.355	12.569	0.068	3.38
2004	32.622	0.284	13.826	0.087	2.70
2005	30.794	0.284	13.043	0.088	2.70
2006	30.610	0.284	12.960	0.082	2.70
2007	31.820	0.284	13.463	0.092	2.70
2008	32.160	0.284	13.618	0.096	2.70
2009	24.824	0.284	10.499	0.100	2.70
2010	30.991	0.284	13.114	0.121	2.70

## ■ D.2.4 OTRAS INDUSTRIAS (2D)

CUADRO D.2.5  
Emisiones de precursores de ozono procedentes de la producción de papel  
(método Kraft)

Año	(Gg de COVDM)	(Gg de CO)	(Gg de NO <sub>x</sub> )	(Gg de SO <sub>2</sub> )
1990	3.599	5.448	0.588	6.810
1991	3.848	5.824	0.539	7.280
1992	4.097	6.201	0.420	7.751
1993	4.346	6.577	0.313	8.222
1994	4.595	6.954	0.239	8.692
1995	4.843	7.331	0.418	9.163
1996	5.109	7.733	0.486	9.666
1997	5.444	8.240	0.454	10.300
1998	5.600	8.476	0.495	10.595
1999	5.717	8.652	0.451	10.815
2000	5.973	9.041	0.449	11.301
2001	5.507	8.334	0.208	10.418
2002	5.859	8.867	0.222	11.084
2003	5.935	8.983	0.213	11.229
2004	6.188	9.366	0.218	11.707
2005	6.273	9.495	0.218	11.869
2006	6.340	9.596	0.213	11.995
2007	6.991	10.580	0.182	13.225
2008	6.940	10.503	0.201	13.129
2009	6.889	10.426	0.203	13.033
2010	6.838	10.349	0.218	12.936

Emissiones de COVDM de la elaboración de bebidas y alimentos (Gg de COVDM)

Año	Bebidas						Alimentos						
	Vino blanco	Vino tinto	Vino espumoso	Cerveza	Bebidas	Carne, aves	Pescado	Azúcar	Margarina y grasas	Pan	Comida para animales	Tostado de café	Pasteles, bizcochos, cereales
1990	0.003	0.022	0.032	1.36	19.82	0.08	0.02	31.74	3.14	2.04	3.23	0.0105	0.00
1991	0.006	0.065	0.028	1.44	21.62	0.09	0.02	36.61	3.28	2.19	3.40	0.0111	0.00
1992	0.006	0.036	0.025	1.48	20.54	0.10	0.02	32.91	3.89	2.33	3.48	0.0134	0.00
1993	0.005	0.029	0.021	1.53	19.27	0.10	0.01	40.77	3.94	2.48	3.51	0.0113	0.00
1994	0.004	0.009	0.018	1.58	23.42	0.28	0.03	35.49	4.22	2.62	3.62	0.0265	0.29
1995	0.005	0.007	0.014	1.55	21.57	0.30	0.03	42.78	3.76	2.77	3.32	0.0224	0.30
1996	0.006	0.009	0.017	1.68	24.05	0.30	0.03	43.78	3.74	2.68	6.44	0.0235	0.32
1997	0.006	0.010	0.020	1.80	26.49	0.31	0.03	45.44	4.03	2.74	6.57	0.0233	0.35
1998	0.006	0.010	0.019	1.91	28.33	0.34	0.03	46.93	4.00	2.87	7.35	0.0234	0.39
1999	0.007	0.008	0.021	2.03	29.04	0.39	0.03	45.03	3.70	2.93	7.86	0.0232	0.39
2000	0.008	0.009	0.022	2.09	21.30	0.41	0.03	42.41	3.80	3.09	7.97	0.0251	0.39
2001	0.003	0.005	0.024	2.16	18.21	0.44	0.03	50.83	4.80	3.42	8.48	0.0271	0.40
2002	0.001	0.004	0.019	2.22	21.80	0.46	0.03	45.65	5.07	3.65	8.53	0.0259	0.43
2003	0.001	0.004	0.021	2.29	18.14	0.49	0.03	48.15	4.79	4.03	8.34	0.0289	0.46
2004	0.001	0.003	0.021	2.37	18.06	0.49	0.04	51.00	5.00	3.06	7.98	0.0343	0.54
2005	0.002	0.004	0.019	2.52	20.04	0.51	0.04	52.15	4.93	3.30	8.35	0.0322	0.54
2006	0.001	0.005	0.020	2.73	22.52	0.52	0.04	49.67	4.94	3.32	8.59	0.0308	0.50
2007	0.001	0.003	0.008	2.82	25.02	0.52	0.04	50.88	5.54	3.78	8.53	0.0003	0.49
2008	0.001	0.007	0.019	2.87	26.94	0.55	0.04	54.65	5.53	3.63	8.34	0.0003	0.48
2009	0.001	0.007	0.018	0.00	26.20	0.00	0.00	0.00	5.66	3.47	0.00	0.0003	0.47
2010	0.001	0.007	0.019	0.00	27.69	0.00	0.00	0.00	5.40	3.73	0.00	0.0003	0.50

## ■ D.2.5 PRECURSORES DE OZONO EN LA CATEGORÍA PROCESOS INDUSTRIALES

CUADRO D.2.7  
Emisiones de CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y COVDM en la categoría  
Procesos Industriales

Año	(Gg de CO)	(Gg de SO <sub>2</sub> )	(Gg de NO <sub>x</sub> )	(Gg de COVDM)
1990	39.9	32.0	5.2	383.7
1991	36.9	29.4	5.7	407.1
1992	36.0	30.4	3.6	419.9
1993	29.6	31.3	4.0	474.4
1994	29.2	34.3	4.3	528.7
1995	32.4	38.5	7.2	325.6
1996	40.4	40.5	8.9	363.8
1997	39.2	43.1	7.4	297.1
1998	38.6	46.6	7.0	385.9
1999	36.1	49.7	6.3	495.0
2000	34.1	48.3	4.0	583.4
2001	23.9	39.9	3.1	464.6
2002	22.9	41.5	2.4	497.6
2003	21.1	42.2	2.4	418.8
2004	22.8	45.6	2.6	575.7
2005	20.7	44.4	2.5	516.9
2006	21.3	44.9	2.6	453.2
2007	23.0	46.2	2.7	426.6
2008	24.3	46.3	2.7	488.4
2009	20.3	38.7	2.4	546.2
2010	23.9	45.3	2.6	439.5

# ANEXO E

## IDENTIFICACIÓN DE POSIBLE SUBESTIMACIÓN EN LOS CÁLCULOS DE EMISIONES DE N<sub>2</sub>O POR MANEJO DEL ESTIÉRCOL DENTRO DE LA CATEGORÍA AGRICULTURA DEL INEGEI

En un ejercicio de recálculo de emisiones GEI para la categoría de Agricultura, un grupo de la FAO, que realiza una evaluación del estado actual de este sector, identificó una posible subestimación en el cálculo de las emisiones de N<sub>2</sub>O por manejo de estiércol dentro del INEGEI.

Ante esta notificación, en el Departamento de Métodos y Estudios de Mitigación en el Sector Forestal se revisaron los siguientes documentos:

1. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002. Capítulo 6. Agricultura, publicado en 2006.
2. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2009. Parte 4; Sector Agricultura, Inventario para el año 2005.
3. Directrices 1996 del PICC para la elaboración del Inventario GEI en el Sector Agricultura.

Para realizar los cálculos de las emisiones GEI en la categoría Agricultura por fermentación entérica (4A) y manejo del estiércol (4B) originados por actividades ganaderas se requiere conocer el número de cabezas de ganado.

CUADRO E.1

Tipo de ganado	Existencias (en miles) en 2005	Tipo de ganado	Existencias (en miles) en 2005
Bovino – leche	2,139	Equino	3,236
Bovino – carne	28,851	Asnal	1,637
Ovino	7,207	Porcino	15,206
Caprino	8,870	Avícola	285,973
<b>Total</b>		<b>353,121</b>	

Para calcular las estimaciones por estas actividades, se emplearon los factores de emisión por fermentación anaeróbica de desechos de ganado reportados por González Ávalos (1999) y González Ávalos y Ruiz Suárez (2001).

Se colocaron estos datos en las hojas de cálculo del PICC para realizar la estimación de las emisiones por actividad (Módulo Agricultura; Hoja de trabajo 4-1).

En la hoja de trabajo 4-1, 1 de 2 emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la fermentación entérica y manejo del estiércol del ganado; se registraron los datos sobre existencias presentados en la tabla. No se reporta ninguna observación sobre los cálculos realizados para el INEGEI, 2009.

En el cálculo de emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de los diferentes sistemas de manejo del estiércol del ganado (Hoja de trabajo, 4-1, 2 de 2 y Adicional) surgieron dudas sobre las estimaciones realizadas.

Al analizar las hojas de cálculo (4-1, Adicional), se identifica que para el INEGEI se colocaron los datos de la población ganadera en miles (columna A), a fin de obtener la cantidad de nitrógeno excretado para cada uno de los cinco sistemas de manejo de estiércol declarados. A continuación se muestra una de las hojas de cálculo publicadas con fines ilustrativos.

HOJA DE TRABAJO 4.1

Module :	Agriculture
Submodule :	Methane and nitrous oxide emissions from domestic livestock enteric fermentation and manure management
Worksheet :	4-1 (Supplemental)
Specify awms :	Liquid systems
Sheet :	Nitrogen excretion for animal waste management system
Country :	México
Year :	2005

	A	B	C	D
Livestock Type	Number of Animal (1000s)	Nitrogen Excretion Nex (kg/head/(yr))	Fraction of Manure Nitrogen per AWMS (%/100) (fraction)	Nitrogen Excretion per AWMS, Nex (kg/N/yr)
				<b>D = (A x B x C)</b>
Non-dairy Cattle	28,851	40.00	0.00	0.00
Dairy Cattle	2,139	70.00	0.00	0.00
Poultry	285,973	0.60	0.09	15,442.55
Sheep	7,207	12.00	0.00	0.00
Swine	15,206	16.00	0.08	19,464.08
Others	13,744	40.00	0.00	0.00
			<b>Total</b>	<b>34,906.63</b>

Este registro de datos es consistente con el modelo inglesa de las directrices del PICC 1996 para la de la Hoja 4-1, Adicional, presentada en la versión elaboración de inventarios.

HOJA DE TRABAJO 4.1

<b>Module :</b>	<b>Agriculture</b>
<b>Submodule :</b>	<b>Methane and nitrous oxide emissions from domestic livestock enteric fermentation and manure management</b>
<b>Worksheet :</b>	<b>4-1 (Supplemental)</b>
<b>Specify awms :</b>	
<b>Sheet :</b>	<b>Nitrogen excretion for animal waste management system</b>

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Livestock Type</b>	<b>Number of Animal (1000s)</b>	<b>Nitrogen Excretion Nex (kg/head/(yr))</b>	<b>Fraction of Manure Nitrogen per AWMS (%/100) (fraction)</b>	<b>Nitrogen Excretion per AWMS, Nex (kg/N/yr)</b>
				<b>D = (A x B x C)</b>
<b>Non-dairy Cattle</b>				
<b>Dairy Cattle</b>				
<b>Poultry</b>				
<b>Sheep</b>				
<b>Swine</b>				
<b>Others</b>				
			<b>Total</b>	

Directrices del PICC para los Inventarios de GEI, 1996: Libro de Trabajo, p. 4.50.

Sin embargo, en la versión española de las directrices del PICC 1996, la hoja 4-1, Adicional, tiene una leve pero importante variación: en la columna A se anota el número de animales expresado en unidades.



<b>Modulo:</b>	<b>Agricultura</b>
<b>Submódulo:</b>	<b>Emisiones de metano y óxido nitroso procedentes de la fermentación entérica del ganado doméstico y del manejo del estiércol</b>
<b>Hoja de trabajo:</b>	<b>4-1 (Adicional)</b>
<b>Especificar el SME:</b>	
<b>Hoja:</b>	<b>Nitrógeno excretado por sistema de manejo del estiércol</b>

	A	B	C	D
<b>Tipo de Ganado</b>	<b>Número de Animales (# de animales)</b>	<b>Nitrógeno Excretado Nex (kg/cabeza/(año))</b>	<b>Fracción del Nitrógeno del Estiércol por SME (%/100) (fracción)</b>	<b>Nitrógeno Excretado por SME, Nex (kg/N/año)</b>
				<b>D = (A x B x C)</b>
<b>Ganado no Lechero</b>				
<b>Ganado Lechero</b>				
<b>Aves de Corral</b>				
<b>Ovejas</b>				
<b>Cerdos</b>				
<b>Otros</b>				
			<b>Total</b>	

*Directrices del PICC para los inventarios de GEI, 1996: Libro de Trabajo, p. 4.54.*

Esta diferencia causó confusión en la revisión de los cálculos de las emisiones de óxido nitroso por manejo del estiércol, por lo que se realizaron las acciones siguientes:

## ■ 1. REVISIÓN DE LAS HOJAS DE CÁLCULO DEL PICC PUBLICADAS EN LOS INVENTARIOS GEI DE OTRAS NACIONES

Se revisaron los inventarios nacionales de 10 países (Argelia, Argentina, Australia, Brasil, Estados Unidos, Ghana, Suiza, Unión Europea, Uruguay y Uzbekistán) para comparar las hojas de cálculo de las directrices PICC; sólo en el caso de Uruguay estas tablas se encontraron publicadas en los anexos del Inventario Nacional.

En las hojas de cálculo de esta nación se encontraron las hojas de cálculo PICC, 1996. En la Columna A de la Hoja 4-1, Adicional, se expresa en unidades el número de existencias ganaderas. Se muestra una de las hojas a manera de ejemplo:

<b>Modulo:</b>	<b>Agricultura</b>
<b>Submódulo:</b>	<b>Emisiones de metano y óxido nitroso procedentes de la fermentación entérica del ganado doméstico y del aprovechamiento del estiércol</b>
<b>Hoja de trabajo:</b>	<b>4-1 (Adicional)</b>
<b>Especificar el SME:</b>	<b>Lagunas anaerobicas</b>
<b>Hoja:</b>	<b>Nitrógeno excretado por sistema de manejo del estiércol</b>

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Tipo de Ganado</b>	<b>Número de Animales (unidades)</b>	<b>Nitrógeno Excretado Nex (kg/animal/(año))</b>	<b>Fracción del Nitrógeno del Estiércol (fracción)</b>	<b>Nitrógeno Total Excretado (kg/N/año)</b>
				<b>D = (A x B x C)</b>
<b>Ganado no Lechero</b>	850,000	92.90	0.10	7,896,500.00
<b>Ganado Lechero</b>	11,108,000	50.30	0.00	0.00
<b>Aves de Corral</b>	9,766,000	12.00	0.00	0.00
<b>Ovejas</b>	416,000	40.00	0.00	0.00
<b>Cerdos</b>	235,000	16.00	0.30	1,128,000.00
<b>Otros</b>	10,617,000	0.60	0.00	0.00
			<b>Total</b>	<b>9,024,500.00</b>

Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero, Uruguay, 2004. Anexo, pág. 89.

## ■ 2. REVISIÓN DE LAS DIRECTRICES PICC 1996 Y DE MATERIAL PUBLICADO POR LA UNFCCC. SOLICITUD DE APOYO A LA UNIDAD DE ASISTENCIA TÉCNICA DEL TFI (TASK FORCE ON NATIONAL GHG INVENTORIES)

Tanto en las versiones inglesa como española de las directrices PICC se solicita que se indique “en la columna A el número de animales, N, en un país”; no se aclara si los datos se reportan en unidades o en millares. En ambas ediciones, para el llenado de la Hoja anterior (4-1, 1 de 1) como parte del cálculo de las emisiones de metano por fermentación entérica y manejo del estiércol, se indica que se anoten los valores de las poblaciones ganaderas en millares.

También se revisaron el software, los documentos y presentaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) para la realización de Inventarios GEI [[http://unfccc.int/resource/cd\\_roms/na1/ghg\\_inventories/spanish/index.htm](http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/ghg_inventories/spanish/index.htm)].

En la siguiente diapositiva de la simulación de inventario que realiza la UNFCCC, la población ganadera se expresa en unidades, pese a que en el formato aparece la leyenda de millares (1000s).

**N<sub>2</sub>O por manejo del estiércol: uso del programa PICC para estimar la excreción total de N (2)**

Module :	Agriculture
Submodule :	Methane and nitrous oxide emissions from domestic livestock enteric fermentation and manure management
Worksheet :	4-1 (Supplemental)
Specify awms :	Liquid systems ←
Sheet :	Nitrogen excretion for animal waste management system
Country :	Hypothetical
Year :	2003

	A	B	C	D
Livestock Type	Number of Animal (1000s)	Nitrogen Excretion Nex (kg/head/(yr))	Fraction of Manure Nitrogen per AWMS (%/100) (fraction)	Nitrogen Excretion per AWMS, Nex (kg/N/yr)
				<b>D = (A x B x C)</b>
Non-dairy Cattle	5,153,000	Estimado → 56.00	0.03*	8,657,040.00
Dairy Cattle	1,000,000	PICC por defecto → 70.00	0.10*	7,000,000.00
Poultry	4,000,000		0.00	0.00
Sheep	3,000,000		0.00	0.00
Swine	1,500,000	PICC por defecto → 16.00	0.054*	1,296,000.00
Others				0.00
			<b>Total</b>	<b>16,953,040.00</b>

\*: Datos provenientes de la caracterización del ganado.

Ante estas dudas, se solicitó a la Unidad de Asistencia de la TFI (Task Force on National GHG Inventories) su apoyo para registrar los datos en la columna A de la Hoja 4-1, Adicional.

### ■ 3. EJERCICIO DE ESTIMACIONES DE EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO POR MANEJO DEL ESTIÉRCOL DEL GANADO CON DATOS EXPRESADOS EN UNIDADES PARA MÉXICO EN EL AÑO 2005

Se realizó un ejercicio de estimaciones de emisiones de óxido nitroso por manejo del estiércol en los 5 sistemas de manejo declarados con los datos expresados en unidades para México en el año 2005 y se realizó la comparación de resultados entre el ejercicio y los datos publicados en el Inventario 2009 para la categoría Agricultura.

En la siguiente tabla se resumen los resultados comparativos (las hojas de cálculo se encuentran en los anexos de este documento) del nitrógeno excretado por año para cada uno de los 5 sistemas de manejo de estiércol declarados y las emisiones totales de óxido nitroso.

CUADRO E.2

Sistema de manejo del estiércol	Inventario GEI	Valor utilizado en el INEGI
<b>Sistemas líquidos</b>	34,906.63	34,906,630.26
<b>Almacenamiento sólido</b>	579,079.70	579,079,698.45
<b>Recolección diaria</b>	97,677.54	97,677,540.48
<b>Praderas y pastizales</b>	1,549,822.34	1,549,822,339.68
<b>Otros</b>	198,434.70	198,434,697.16
<b>Total</b>	<b>2,459,921</b>	<b>2,459,920,906</b>
<b>Emisiones totales anuales N<sub>2</sub>O (Gg)</b>	0.02	19.81
<b>Emisiones totales anuales N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub> eq. (Gg)</b>	6.2	6,141.1

Esto significa que las emisiones de óxido nitroso por manejo del estiércol serían similares en magnitud a las generadas por los cultivos agrícolas (6,776.6 Gg de CO<sub>2</sub> eq.).

Estos datos también afectan el cálculo de las emisiones de óxido nitroso procedentes de los campos agrícolas, ya que el total del nitrógeno excretado forma parte de estos cálculos (Hoja 4-5); los resultados son los siguientes:

CUADRO E.3

Emisiones N <sub>2</sub> O por manejo de suelos agrícolas	Inventario GEI 2009 (Gg)	Ejercicio 2012 (Gg)
N <sub>2</sub> O	21.86	96.20
N <sub>2</sub> O en CO <sub>2</sub> eq.	6,776.60	29,822.00

Para la categoría de Agricultura en conjunto, los cálculos totales de emisiones serían:

CUADRO E.4

Emisiones GEI en CO <sub>2</sub> e en la categoría Agricultura	Inventario GEI 2009 (Gg)	Ejercicio 2012 (Gg)
CH <sub>4</sub>	38,144.82	38,144.82
N <sub>2</sub> O	6,782.80	35,963.10
<b>Total</b>	<b>44,927.00</b>	<b>74,107.92</b>

## SOLICITUD DE ACLARACIÓN A LA TFI DEL PICC SOBRE EL TEMA

Technical Support Unit  
IPCC Task Force on National Greenhouse Gas Inventories  
AFOLU Sector

Greetings from Mexico, we have been reviewing data from the National GHG Inventory in the AFOLU Sector in order to verify the accuracy of the results and recalculate them if necessary. We keep using the 1996, IPCC Guidelines; they fit better with the data available for our country.

We came across with some little difference between the english edition and spanish translation of the IPCC guidelines (Worksheet 4-1, Supplemental, attached in this mail); although this difference is slight, the results could differ in several orders of magnitude.

In the english edition, the column A of the worksheet asks the number of animals in thousands; in the spanish edition, the column A asks the number of animals in units. Can you tell us, which is the way to proceed?

We have already reviewed the simulations provided by the UNFCCC site and an example of Uruguay's worksheet's for their national inventory and both expressed the data (number of animals) on units. By the way, is hard to find the worksheet's of national inventories to compare.

We need to solve this doubts, in order to recalculate the N<sub>2</sub>O emissions from the animal waste management.

Thanks in advance for your help, we look forward to improve the accuracy of our inventories in order to accomplish México's commitment to the Convention.

Instituto Nacional de Ecología, México

Respuesta de Taka Hiraishi, IPCC Task Force on National Greenhouse Gas Inventories

**De:** Taka Hiraishi [mailto:hiraishi@iges.or.jp]

**Enviado el:** viernes, 06 de julio de 2012 11:37 p.m.

**Asunto: Re:** Technical support needed

Firstly our standard answer is, usually, that the English version is the original. However, in this case, the answer should rather be that the Spanish version is correct and the English version is wrong. As always Kiyoto had quickly checked this and advised me on this before I wrote this mail.

I do recall that several years back, Dr. Serrgio Gonzales (Chille) detected this error (of 1,000) in an UNFCCC training course, discussing the old IPCC Software. This caused the revamping the software, and later transfer of the whole of the software to the UNFCCC Secretariat, which has become the current UNFCCC software. Since this error is so obvious if you look into the logic of the equation, we did not go back to the Revised 1996 Guidelines then - we could have done it then.

Because the English version is supposed to be the original, we should probably consider issuing a corrigendum, but I will discuss how to do it since it is about the Revised 1996 GLs, and the UNFCCC Software has already addressed this question, and the equation logic is so obvious.

This question of errors in the translation does not stop here. We have received a few alerts of obvious mistakes in the translation of our Guidelines (GPG 2000, GPG LULUCF and 2006 GLs). I had not been aware of mistakes for the Revised 1996 Guidelines, where only the Volume 2 (Workbook) were translated into French, Spanish and Russian - done in 1990s.

Unfortunately, it is nearly impossible within our available resources to check the translation of currently five language translation of more than 3000 pages of the guidelines. We have to rely on the cases of error detections made by inventory compilers for the time being. We highly appreciate your e-mail, notifying the mistakes.

Thank you very much,.

Taka

# ANEXO F

## UNIDADES Y ACRÓNIMOS

### F.1 POTENCIALES DE CALENTAMIENTO

CUADRO F.1  
Potenciales de calentamiento (conversión a CO<sub>2</sub> eq.)

Gas de efecto invernadero	Potencial de calentamiento (horizonte a 100 años)
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310
HFC-152a	140
HFC-143	300
HFC-245ca	560
HFC-32	650
HFC-134a	1300
HFC-43-10mcc	1800
HFC-125	2,800
HFC-227ea	2,900
HFC-143a	3,800
HFC-236fa	6,300
HFC-23	11,700
CF <sub>4</sub>	6,500
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9,200
SF <sub>6</sub>	23,900

**Fuente:** Segundo Informe de Evaluación, PICC. Disponible en:  
[http://unfccc.int/ghg\\_data/items/3825.php](http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php)



## F.2 COMPUESTOS

<b>C</b>	Carbono	<b>HFC-125</b>	Pentafluoroetano
<b>C<sub>2</sub>F<sub>6</sub></b>	Perfluoretano	<b>HFC-143a</b>	Trifluoroetano
<b>CF<sub>4</sub></b>	Tetrafluorometano	<b>HFC-32</b>	Difluorometano
<b>CFC</b>	Clorofluorocarbonos	<b>HFC-43-10mee</b>	Decafluoropentano
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano	<b>HFC-152a</b>	Difluoroetano
<b>CO</b>	Monóxido de carbono	<b>HFC-227ea</b>	Heptafluoropropano
<b>CO<sub>2</sub></b>	Bióxido de carbono	<b>HFC-245ca</b>	Pentafluoropropano
<b>COVDM</b>	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano	<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido nitroso
<b>HFC</b>	Hidrofluorocarbonos	<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos de nitrógeno
<b>HFC-134a</b>	Tetrafluoroetano	<b>PFC</b>	Perfluorocarbonos
<b>HFC-23</b>	Trifluorometano	<b>SF<sub>6</sub></b>	Hexafluoruro de Azufre
<b>HCFC-22</b>	Clorodifluorometano	<b>SO<sub>2</sub></b>	Bióxido de azufre

## F.3 UNIDADES

<b>bpe</b>	Barriles de petróleo equivalente	<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>°C</b>	Grado centígrado	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metro cúbico por segundo
<b>g</b>	Gramo	<b>mb</b>	Miles de barriles
<b>h</b>	Hora	<b>mbp</b>	Miles de barriles de petróleo
<b>ha</b>	Hectárea	<b>mbpce</b>	Miles de barriles de petróleo crudo equivalente
<b>hab</b>	Habitante	<b>mmmpc</b>	Miles de millones de pies cúbicos
<b>J</b>	Joule	<b>mmbpce</b>	Millones de barriles de petróleo crudo equivalente
<b>km</b>	Kilómetro	<b>m<sup>3</sup>-r</b>	Metro cúbico rollo
<b>km<sup>2</sup></b>	Kilómetro cuadrado	<b>t</b>	Tonelada (1000 tonelada = 1Gg)
<b>l</b>	Litro	<b>W</b>	Watt
<b>m</b>	Metro	<b>Wh</b>	Watt hora
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado		

## F.4 PREFIJOS

**E** Exa =  $10^{18}$

**T** Tera =  $10^{12}$

**M** Mega =  $10^6$

**P** Peta =  $10^{15}$

**G** Giga =  $10^9$

**k** kilo =  $10^3$

## F.5 ACRÓNIMOS

**AI** Anexo I

**AIE** Agencia Internacional de Energía

**ALyC** América Latina y el Caribe

**ANIQ** Asociación Nacional de la Industria Química

**APF** Administración Pública Federal

**BNE** Balance Nacional de Energía

**CANACERO** Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero

**CFE** Comisión Federal de Electricidad

**CICC** Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

**CMNUCC** Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

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

**CONAFOR** Comisión Nacional Forestal

**CONAGUA** Comisión Nacional del Agua

**CONUEE** Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

**CPCC** Coordinación del Programa de Cambio Climático del INECC

**DA** Dato de Actividad

**DBO** Demanda Bioquímica de Oxígeno

**DQO** Demanda Química de Oxígeno

**ENAREDD+** Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques

**ENIGH** Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos en los Hogares

**FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

- FAOSTAT** Plataforma estadística de FAO
- FE** Factor de Emisión
- FI-UNAM** Facultad de Ingeniería de la UNAM
- FOD** Método de descomposición de primer orden
- GBP** Guía del PICC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
- GLP** Gas Licuado de Petróleo
- G8** Grupo de los 8
- G20** Grupo de los 20
- GEF** Fondo Mundial para el Medio Ambiente (Global Environment Facility)
- GEI** Gas de Efecto Invernadero
- GIZ** Agencia Alemana de Cooperación Internacional, por sus siglas en alemán
- IDH** Índice de Desarrollo Humano
- IIE** Instituto de Investigaciones Eléctricas
- IMTA** Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- INE** Instituto Nacional de Ecología
- INECC** Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
- INEGEI** Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
- INEGI** Instituto Nacional de Estadística y Geografía
- INIFAP** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
- LTO** Ciclos de aterrizaje y despegue (por sus siglas en inglés)
- NAI** No Anexo I
- NOM** Norma Oficial Mexicana
- OCDE** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
- PEMEX** Petróleos Mexicanos
- PIB** Producto Interno Bruto
- PICC** Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
- PPP** Paridad del Poder Adquisitivo (Purchasing Power Parity)
- QA/QC** Quality Assurance and Quality Control
- REDD+** Reducción de Emisiones por Deforestación y/o Degradación Forestal
- SAGARPA** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- SAO** Sustancias que agotan la capa de ozono

<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
<b>SE</b>	Secretaría de Economía
<b>SEDESOL</b>	Secretaría de Desarrollo Social
<b>SEDS</b>	Sitios de Eliminación de Desechos Sólidos
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía
<b>SIACON</b>	Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta
<b>SIAP</b>	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA
<b>TCMA</b>	Tasa de crecimiento media anual
<b>TFI</b>	Task Force on National Greenhouse Gas Inventories del PICC
<b>UNAM</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>USCUSS</b>	Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura
<b>UNFCCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (siglas en inglés)



# ANEXO G

## RESULTADOS DEL INEGI 1990-2010

CUADRO G.1  
Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 1990  
(1990-2010)

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>399,077.9</b>	<b>104,325.7</b>	<b>56,178.7</b>	<b>776.5</b>	<b>646.8</b>	<b>29.6</b>	<b>561,035.2</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>269,455.3</b>	<b>48,133.3</b>	<b>1,585.3</b>				<b>319,173.8</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	269,455.3	1,529.8	1,585.3				272,570.3
Industrias de la energía	103,859.2	58.3	167.8				104,085.3
Manufactura e industria de la construcción	50,681.2	71.4	168.7				50,921.3
Transporte	87,872.5	388.4	888.4				89,149.3
Comercial, residencial y agropecuario	27,042.4	1,011.7	360.3				28,414.4
<b>Emisiones fugitivas</b>		46,603.5					46,603.5
Minas de carbón		2,366.8					2,366.8
Petróleo y gas natural		44,236.7					44,236.7
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>28,180.9</b>	<b>83.1</b>	<b>548.7</b>	<b>776.5</b>	<b>646.8</b>	<b>29.6</b>	<b>30,265.6</b>
Industria de los minerales	16,471.7						16,471.7
Industria química	3,948.0	83.1	548.7				4,579.8
Industria de los metales	7,761.2				646.8		8,408.0
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				776.5			776.5
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre						29.6	29.6
<b>AGRICULTURA</b>		<b>40,312.8</b>	<b>52,473.1</b>				<b>92,785.9</b>
Fermentación entérica		38,802.6					38,802.6
Manejo de estiércol		1,167.3	6,260.8				7,428.1
Cultivo de arroz		310.1					310.1
Manejo de suelos agrícolas			46,204.3				46,204.3
Quemas en campo de residuos agrícolas		32.8	8.0				40.7
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>101,256.8</b>	<b>929.7</b>	<b>94.3</b>				<b>102,280.9</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	16,158.7						16,158.7
Conversión de bosques y pastizales	73,719.8	929.7	94.3				74,743.8
Captura por abandono de tierras manejadas	-8,070.7						-8,070.7
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	19,449.0						19,449.0
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>184.9</b>	<b>14,866.9</b>	<b>1,477.3</b>				<b>16,529.1</b>
Eliminación de desechos sólidos		6,653.6					6,653.6
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		201.9	127.1				329.0
Incineración e incineración abierta de desechos	184.9	255.0	86.9				526.8
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		7,756.3	1,263.4				9,019.7
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>1,242.9</b>	<b>4.0</b>	<b>9.6</b>				<b>1,256.5</b>
Aviación internacional	1,149.1	3.8	9.4				1,162.3
Navegación internacional	93.8	0.1	0.2				94.2
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>33,716.1</b>						<b>33,716.1</b>

CUADRO G.2  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 1991**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>430,145.7</b>	<b>102,446.7</b>	<b>54,998.6</b>	<b>901.3</b>	<b>306.5</b>	<b>32.1</b>	<b>588,830.9</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>279,167.5</b>	<b>46,771.2</b>	<b>1,671.4</b>				<b>327,610.1</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	279,167.5	1,581.8	1,671.4				282,420.7
Industrias de la energía	106,565.5	62.5	173.3				106,801.2
Manufactura e industria de la construcción	50,755.9	78.6	178.0				51,012.4
Transporte	93,813.6	417.5	954.8				95,185.8
Comercial, residencial y agropecuario	28,032.6	1,023.3	365.3				29,421.2
<b>Emisiones fugitivas</b>		45,189.4					45,189.4
Minas de carbón		2,130.2					2,130.2
Petróleo y gas natural		43,059.3					43,059.3
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>28,482.2</b>	<b>74.0</b>	<b>654.9</b>	<b>901.3</b>	<b>306.5</b>	<b>32.1</b>	<b>30,451.0</b>
Industria de los minerales	17,474.4						17,474.4
Industria química	4,053.0	74.0	654.9				4,781.9
Industria de los metales	6,954.8				306.5		7,261.3
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				901.3			901.3
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre						32.1	32.1
<b>AGRICULTURA</b>		<b>39,982.3</b>	<b>51,059.3</b>				<b>91,041.5</b>
Fermentación entérica		38,554.0					38,554.0
Manejo de estiércol		1,142.5	6,119.4				7,261.9
Cultivo de arroz		254.2					254.2
Manejo de suelos agrícolas			44,932.2				44,932.2
Quemas en campo de residuos agrícolas		31.5	7.7				39.2
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>122,371.7</b>	<b>819.9</b>	<b>83.2</b>				<b>123,274.9</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	16,963.0						16,963.0
Conversión de bosques y pastizales	91,485.6	819.9	83.2				92,388.8
Captura por abandono de tierras manejadas	-9,415.8						-9,415.8
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	23,338.9						23,338.9
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>124.2</b>	<b>14,799.3</b>	<b>1,529.9</b>				<b>16,453.4</b>
Eliminación de desechos sólidos		6,428.0					6,428.0
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		203.2	127.1				330.3
Incineración e incineración abierta de desechos	124.2	261.0	88.9				474.1
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		7,907.1	1,313.9				9,221.0
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>1,222.5</b>	<b>4.2</b>	<b>9.2</b>				<b>1,235.9</b>
Aviación internacional	1,114.9	4.1	8.9				1,127.9
Navegación internacional	107.6	0.2	0.3				108.0
EMISIONES DE CO <sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA	35,156.1						35,156.1



CUADRO G.3  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 1992  
 (1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>422,194.7</b>	<b>101,189.9</b>	<b>54,158.2</b>	<b>618.6</b>	<b>271.0</b>	<b>35.9</b>	<b>578,468.3</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>280,415.6</b>	<b>45,945.8</b>	<b>1,677.0</b>				<b>328,038.4</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	280,415.6	1,588.2	1,677.0				283,680.7
Industrias de la energía	105,434.2	60.3	170.1				105,664.7
Manufactura e industria de la construcción	51,331.2	74.3	175.5				51,581.0
Transporte	93,609.5	420.5	958.4				94,988.4
Comercial, residencial y agropecuario	30,040.6	1,033.0	373.0				31,446.6
<b>Emisiones fugitivas</b>		44,357.6					44,357.6
Minas de carbón		1,911.0					1,911.0
Petróleo y gas natural		42,446.7					42,446.7
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>29,480.9</b>	<b>77.1</b>	<b>340.0</b>	<b>618.6</b>	<b>271.0</b>	<b>35.9</b>	<b>30,823.3</b>
Industria de los minerales	18,788.7						18,788.7
Industria química	4,017.0	77.1	340.0				4,434.1
Industria de los metales	6,675.2				271.0		6,946.2
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				578.2			578.2
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				40.4		35.9	76.2
<b>AGRICULTURA</b>		<b>39,317.3</b>	<b>50,459.8</b>				<b>89,777.1</b>
Fermentación entérica		37,869.0					37,869.0
Manejo de estiércol		1,119.5	6,020.5				7,139.9
Cultivo de arroz		294.7					294.7
Manejo de suelos agrícolas			44,431.0				44,431.0
Quemas en campo de residuos agrícolas		34.2	8.3				42.5
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>112,144.6</b>	<b>819.9</b>	<b>83.2</b>				<b>113,047.7</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	17,025.0						17,025.0
Conversión de bosques y pastizales	78,651.8	819.9	83.2				79,555.0
Captura por abandono de tierras manejadas	-10,760.9						-10,760.9
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	27,228.7						27,228.7
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>153.7</b>	<b>15,029.8</b>	<b>1,598.2</b>				<b>16,781.7</b>
Eliminación de desechos sólidos		6,248.9					6,248.9
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		204.6	127.1				331.6
Incineración e incineración abierta de desechos	153.7	322.9	110.0				586.6
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		8,253.4	1,361.2				9,614.6
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>2,170.4</b>	<b>6.3</b>	<b>17.8</b>				<b>2,194.5</b>
Aviación internacional	2,109.9	6.2	17.7				2,133.7
Navegación internacional	60.6	0.1	0.2				60.8
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>34,621.2</b>						<b>34,621.2</b>

CUADRO G.4  
Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 1993  
(1990-2010)

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	425,573.7	105,631.5	55,633.2	1,270.1	165.5	40.2	588,314.2
<b>ENERGÍA</b>	284,001.4	46,313.6	1,968.1				332,283.1
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	284,001.4	1,602.6	1,968.1				287,572.1
Industrias de la energía	105,241.1	57.6	171.9				105,470.6
Manufactura e industria de la construcción	51,921.2	79.9	186.8				52,187.9
Transporte	95,744.1	423.8	1,231.3				97,399.1
Comercial, residencial y agropecuario	31,095.0	1,041.2	378.1				32,514.4
<b>Emisiones fugitivas</b>		44,711.0					44,711.0
Minas de carbón		2,268.3					2,268.3
Petróleo y gas natural		42,442.6					42,442.6
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	29,602.6	66.6	424.1	1,270.1	165.5	40.2	31,569.1
Industria de los minerales	20,041.6						20,041.6
Industria química	3,205.5	66.6	424.1				3,696.2
Industria de los metales	6,355.6				165.5		6,521.1
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				888.0			888.0
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				382.0		40.2	422.2
<b>AGRICULTURA</b>		38,703.1	51,481.9				90,185.1
Fermentación entérica		37,346.8					37,346.8
Manejo de estiércol		1,154.9	6,212.5				7,367.4
Cultivo de arroz		166.3					166.3
Manejo de suelos agrícolas			45,260.8				45,260.8
Quemas en campo de residuos agrícolas		35.2	8.6				43.8
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	111,768.4	819.9	83.2				112,671.5
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	14,558.5						14,558.5
Conversión de bosques y pastizales	78,651.8	819.9	83.2				79,555.0
Captura por abandono de tierras manejadas	-11,356.7						-11,356.7
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	29,914.7						29,914.7
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	201.3	19,728.3	1,675.9				21,605.5
Eliminación de desechos sólidos		6,286.7					6,286.7
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		210.7	127.1				337.7
Incineración e incineración abierta de desechos	201.3	422.9	144.0				768.2
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		12,808.0	1,404.8				14,212.8
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	2,190.1	6.5	18.0				2,214.6
Aviación internacional	2,140.7	6.5	17.8				2,165.0
Navegación internacional	49.4	0.1	0.1				49.6
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	35,758.8						35,758.8

CUADRO G.5  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 1994  
 (1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>442,830.0</b>	<b>107,018.3</b>	<b>55,847.7</b>	<b>1,173.7</b>	<b>0.0</b>	<b>41.1</b>	<b>606,910.8</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>309,500.1</b>	<b>47,575.2</b>	<b>2,279.9</b>				<b>359,355.2</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	309,500.1	1,621.4	2,279.9				<b>313,401.4</b>
Industrias de la energía	121,749.6	65.6	201.0				<b>122,016.2</b>
Manufactura e industria de la construcción	55,604.8	72.9	174.9				<b>55,852.7</b>
Transporte	100,319.7	432.7	1,520.6				<b>102,273.1</b>
Comercial, residencial y agropecuario	31,825.9	1,050.2	383.3				<b>33,259.5</b>
<b>Emisiones fugitivas</b>		45,953.8					<b>45,953.8</b>
Minas de carbón		2,409.2					<b>2,409.2</b>
Petróleo y gas natural		43,544.5					<b>43,544.5</b>
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>31,732.6</b>	<b>71.5</b>	<b>464.3</b>	<b>1,173.7</b>		<b>41.1</b>	<b>33,483.3</b>
Industria de los minerales	21,568.1						<b>21,568.1</b>
Industria química	3,702.0	71.5	464.3				<b>4,237.8</b>
Industria de los metales	6,462.5						<b>6,462.5</b>
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				709.8			<b>709.8</b>
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				463.9		41.1	<b>505.1</b>
<b>AGRICULTURA</b>		<b>38,493.6</b>	<b>51,298.4</b>				<b>89,792.0</b>
Fermentación entérica		37,068.5					<b>37,068.5</b>
Manejo de estiércol		1,144.2	6,187.7				<b>7,331.9</b>
Cultivo de arroz		247.6					<b>247.6</b>
Manejo de suelos agrícolas			45,102.6				<b>45,102.6</b>
Quemas en campo de residuos agrícolas		33.3	8.1				<b>41.4</b>
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>101,394.5</b>	<b>819.9</b>	<b>83.2</b>				<b>102,297.6</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	14,826.9						<b>14,826.9</b>
Conversión de bosques y pastizales	69,681.9	819.9	83.2				<b>70,585.0</b>
Captura por abandono de tierras manejadas	-11,952.5						<b>-11,952.5</b>
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	28,838.1						<b>28,838.1</b>
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>202.9</b>	<b>20,058.1</b>	<b>1,721.9</b>				<b>21,982.8</b>
Eliminación de desechos sólidos		6,381.2					<b>6,381.2</b>
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		212.5	127.1				<b>339.5</b>
Incineración e incineración abierta de desechos	202.9	426.1	145.2				<b>774.2</b>
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		13,038.3	1,449.7				<b>14,488.0</b>
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>2,316.8</b>	<b>7.2</b>	<b>18.2</b>				<b>2,342.2</b>
Aviación internacional	2,162.9	6.9	17.8				<b>2,187.6</b>
Navegación internacional	154.0	0.2	0.4				<b>154.6</b>
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>34,443.1</b>						<b>34,443.1</b>

CUADRO G.6  
Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 1995  
(1990-2010)

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>416,101.3</b>	<b>105,981.3</b>	<b>55,428.7</b>	<b>1,723.1</b>	<b>66.9</b>	<b>42.6</b>	<b>579,343.8</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>295,142.4</b>	<b>46,770.0</b>	<b>2,467.3</b>				<b>344,379.7</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	295,142.4	1,614.2	2,467.3				299,223.9
Industrias de la energía	112,087.1	61.9	191.2				112,340.2
Manufactura e industria de la construcción	56,394.2	80.8	187.1				56,662.1
Transporte	95,380.5	413.5	1,703.6				97,497.7
Comercial, residencial y agropecuario	31,280.7	1,058.0	385.3				32,724.0
<b>Emisiones fugitivas</b>		45,155.8					<b>45,155.8</b>
Minas de carbón		2,397.7					2,397.7
Petróleo y gas natural		42,758.1					42,758.1
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>29,736.5</b>	<b>76.6</b>	<b>875.9</b>	<b>1,723.1</b>	<b>66.9</b>	<b>42.6</b>	<b>32,521.5</b>
Industria de los minerales	19,222.5						19,222.5
Industria química	3,633.0	76.6	875.9				4,585.4
Industria de los metales	6,881.0				66.9		6,947.9
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				661.3			661.3
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				1,061.8		42.6	1,104.4
<b>AGRICULTURA</b>		<b>37,997.5</b>	<b>50,249.8</b>				<b>88,247.2</b>
Fermentación entérica		36,593.1					36,593.1
Manejo de estiércol		1,130.6	6,120.9				7,251.5
Cultivo de arroz		237.3					237.3
Manejo de suelos agrícolas			44,120.0				44,120.0
Quemas en campo de residuos agrícolas		36.4	8.9				45.3
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>91,009.0</b>	<b>819.9</b>	<b>83.2</b>				<b>91,912.2</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	11,978.3						11,978.3
Conversión de bosques y pastizales	63,701.9	819.9	83.2				64,605.1
Captura por abandono de tierras manejadas	-12,548.3						-12,548.3
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	27,877.1						27,877.1
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>213.4</b>	<b>20,317.3</b>	<b>1,752.5</b>				<b>22,283.2</b>
Eliminación de desechos sólidos		6,478.0					6,478.0
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		213.9	127.1				340.9
Incineración e incineración abierta de desechos	213.4	448.3	152.7				814.4
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		13,177.2	1,472.7				14,649.9
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>2,139.7</b>	<b>7.2</b>	<b>16.9</b>				<b>2,163.8</b>
Aviación internacional	2,053.0	7.1	16.7				2,076.7
Navegación internacional	86.7	0.1	0.2				87.0
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>35,946.7</b>						<b>35,946.7</b>

CUADRO G.7  
Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 1996  
(1990-2010)

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>424,551.4</b>	<b>111,325.0</b>	<b>55,441.4</b>	<b>3,135.9</b>	<b>394.3</b>	<b>50.2</b>	<b>594,898.2</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>302,594.4</b>	<b>52,603.0</b>	<b>3,045.7</b>				<b>358,243.1</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	302,594.4	1,614.0	3,045.7				<b>307,254.1</b>
Industrias de la energía	115,623.7	62.3	204.9				<b>115,891.0</b>
Manufactura e industria de la construcción	57,327.0	80.6	194.5				<b>57,602.1</b>
Transporte	96,613.9	404.6	2,255.2				<b>99,273.7</b>
Comercial, residencial y agropecuario	33,029.8	1,066.5	391.1				<b>34,487.3</b>
<b>Emisiones fugitivas</b>		50,989.0					<b>50,989.0</b>
Minas de carbón		2,954.4					<b>2,954.4</b>
Petróleo y gas natural		48,034.6					<b>48,034.6</b>
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>32,693.7</b>	<b>77.6</b>	<b>1,100.7</b>	<b>3,135.9</b>	<b>394.3</b>	<b>50.2</b>	<b>37,452.5</b>
Industria de los minerales	21,811.7						<b>21,811.7</b>
Industria química	3,750.0	77.6	1,100.7				<b>4,928.3</b>
Industria de los metales	7,132.0				394.3		<b>7,526.4</b>
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				1,666.1			<b>1,666.1</b>
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				1,469.8		50.2	<b>1,520.0</b>
<b>AGRICULTURA</b>		<b>36,831.6</b>	<b>49,435.9</b>				<b>86,267.5</b>
Fermentación entérica		35,457.6					<b>35,457.6</b>
Manejo de estiércol		1,095.0	5,938.1				<b>7,033.2</b>
Cultivo de arroz		242.4					<b>242.4</b>
Manejo de suelos agrícolas			43,488.8				<b>43,488.8</b>
Quemas en campo de residuos agrícolas		36.5	8.9				<b>45.4</b>
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>89,047.1</b>	<b>819.9</b>	<b>83.2</b>				<b>89,950.3</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	15,844.7						<b>15,844.7</b>
Conversión de bosques y pastizales	59,430.5	819.9	83.2				<b>60,333.6</b>
Captura por abandono de tierras manejadas	-13,144.1						<b>-13,144.1</b>
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	26,916.0						<b>26,916.0</b>
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>216.2</b>	<b>20,992.8</b>	<b>1,775.9</b>				<b>22,984.9</b>
Eliminación de desechos sólidos		6,667.3					<b>6,667.3</b>
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		214.7	127.1				<b>341.8</b>
Incineración e incineración abierta de desechos	216.2	453.3	154.4				<b>823.9</b>
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		13,657.5	1,494.4				<b>15,151.9</b>
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>2,402.6</b>	<b>7.7</b>	<b>19.3</b>				<b>2,429.6</b>
Aviación internacional	2,326.9	7.6	19.1				<b>2,353.6</b>
Navegación internacional	75.7	0.1	0.2				<b>76.0</b>
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>36,032.9</b>						<b>36,032.9</b>

CUADRO G.8  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 1997**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>434,696.6</b>	<b>113,169.7</b>	<b>56,217.1</b>	<b>3,852.1</b>	<b>426.0</b>	<b>51.7</b>	<b>608,413.2</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>313,437.0</b>	<b>53,848.4</b>	<b>3,846.7</b>				<b>371,132.1</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	313,437.0	1,628.5	3,846.7				318,912.1
Industrias de la energía	123,627.1	65.2	212.0				123,904.3
Manufactura e industria de la construcción	56,277.8	85.0	208.2				56,571.0
Transporte	100,408.4	403.8	3,033.4				103,845.6
Comercial, residencial y agropecuario	33,123.6	1,074.5	393.1				34,591.3
<b>Emisiones fugitivas</b>		52,219.9					52,219.9
Minas de carbón		2,703.2					2,703.2
Petróleo y gas natural		49,516.7					49,516.7
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>35,075.8</b>	<b>75.3</b>	<b>850.8</b>	<b>3,852.1</b>	<b>426.0</b>	<b>51.7</b>	<b>40,331.7</b>
Industria de los minerales	24,856.6						24,856.6
Industria química	3,196.5	75.3	850.8				4,122.6
Industria de los metales	7,022.7				426.0		7,448.8
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				1,703.4			1,703.4
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				2,148.6		51.7	2,200.3
<b>AGRICULTURA</b>		<b>37,323.7</b>	<b>49,622.1</b>				<b>86,945.8</b>
Fermentación entérica		35,855.9					35,855.9
Manejo de estiércol		1,108.6	6,050.5				7,159.1
Cultivo de arroz		322.5					322.5
Manejo de suelos agrícolas			43,562.7				43,562.7
Quemas en campo de residuos agrícolas		36.7	8.9				45.6
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>85,987.2</b>	<b>819.9</b>	<b>83.2</b>				<b>86,890.4</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	17,545.1						17,545.1
Conversión de bosques y pastizales	56,227.0	819.9	83.2				57,130.1
Captura por abandono de tierras manejadas	-13,739.8						-13,739.8
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	25,955.0						25,955.0
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>196.7</b>	<b>21,102.3</b>	<b>1,814.3</b>				<b>23,113.3</b>
Eliminación de desechos sólidos		7,247.8					7,247.8
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		215.0	127.1				342.1
Incineración e incineración abierta de desechos	196.7	410.6	139.6				746.9
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		13,228.9	1,547.6				14,776.5
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>2,619.5</b>	<b>8.5</b>	<b>21.2</b>				<b>2,649.1</b>
Aviación internacional	2,560.2	8.4	21.0				2,589.6
Navegación internacional	59.3	0.1	0.1				59.5
EMISIONES DE CO <sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA	37,096.7						37,096.7

CUADRO G.9  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 1998**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>451,399.1</b>	<b>115,873.4</b>	<b>57,453.8</b>	<b>4,075.9</b>	<b>432.4</b>	<b>53.1</b>	<b>629,287.8</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>332,631.7</b>	<b>55,911.1</b>	<b>4,751.4</b>				<b>393,294.3</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	<b>332,631.7</b>	<b>1,643.4</b>	<b>4,751.4</b>				<b>339,026.6</b>
Industrias de la energía	137,881.5	75.7	233.9				138,191.1
Manufactura e industria de la construcción	57,122.4	87.1	212.8				57,422.3
Transporte	103,451.8	398.7	3,906.3				107,756.9
Comercial, residencial y agropecuario	34,176.0	1,081.9	398.3				35,656.3
<b>Emisiones fugitivas</b>		<b>54,267.7</b>					<b>54,267.7</b>
Minas de carbón		2,683.4					2,683.4
Petróleo y gas natural		51,584.3					51,584.3
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>35,360.6</b>	<b>75.6</b>	<b>773.8</b>	<b>4,075.9</b>	<b>432.4</b>	<b>53.1</b>	<b>40,771.4</b>
Industria de los minerales	25,386.5						25,386.5
Industria química	2,728.5	75.6	773.8				3,577.9
Industria de los metales	7,245.6				432.4		7,678.0
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				1,339.6			1,339.6
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				2,736.3		53.1	2,789.4
<b>AGRICULTURA</b>	<b>0.0</b>	<b>37,545.5</b>	<b>49,989.1</b>				<b>87,534.6</b>
Fermentación entérica		36,145.4					36,145.4
Manejo de estiércol		1,093.8	6,025.0				7,118.8
Cultivo de arroz		267.2					267.2
Manejo de suelos agrícolas			43,954.7				43,954.7
Quemas en campo de residuos agrícolas		39.1	9.5				48.6
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>83,201.5</b>	<b>819.9</b>	<b>83.2</b>				<b>84,104.6</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	18,807.9						18,807.9
Conversión de bosques y pastizales	53,735.3	819.9	83.2				54,638.4
Captura por abandono de tierras manejadas	-14,335.6						-14,335.6
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	24,993.9						24,993.9
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>205.3</b>	<b>21,521.3</b>	<b>1,856.3</b>				<b>23,582.9</b>
Eliminación de desechos sólidos		7,905.7					7,905.7
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		218.5	127.1				345.6
Incineración e incineración abierta de desechos	205.3	424.6	144.1				774.0
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		12,972.3	1,585.2				14,557.5
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>3,075.3</b>	<b>9.6</b>	<b>24.7</b>				<b>3,109.6</b>
Aviación internacional	2,956.0	9.4	24.4				2,989.8
Navegación internacional	119.4	0.2	0.3				119.9
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>37,572.7</b>						<b>37,572.7</b>

CUADRO G.10  
Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 1999  
(1990-2010)

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>439,894.8</b>	<b>117,490.1</b>	<b>57,285.7</b>	<b>5,075.5</b>	<b>498.6</b>	<b>55.0</b>	<b>620,299.7</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>321,696.4</b>	<b>56,633.0</b>	<b>5,124.8</b>				<b>383,454.3</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	321,696.4	1,633.6	5,124.8				<b>328,454.9</b>
Industrias de la energía	136,071.8	76.9	228.7				<b>136,377.4</b>
Manufactura e industria de la construcción	51,178.1	79.4	195.0				<b>51,452.5</b>
Transporte	104,849.7	388.9	4,309.1				<b>109,547.7</b>
Comercial, residencial y agropecuario	29,596.8	1,088.4	392.0				<b>31,077.3</b>
<b>Emisiones fugitivas</b>		54,999.4					<b>54,999.4</b>
Minas de carbón		2,836.2					<b>2,836.2</b>
Petróleo y gas natural		52,163.2					<b>52,163.2</b>
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>37,891.2</b>	<b>72.2</b>	<b>643.0</b>	<b>5,075.5</b>	<b>498.6</b>	<b>55.0</b>	<b>44,235.6</b>
Industria de los minerales	28,718.4						<b>28,718.4</b>
Industria química	1,830.0	72.2	643.0				<b>2,545.2</b>
Industria de los metales	7,342.8				498.6		<b>7,841.4</b>
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				1,847.4			<b>1,847.4</b>
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				3,228.1		55.0	<b>3,283.1</b>
<b>AGRICULTURA</b>		<b>36,631.9</b>	<b>49,529.1</b>				<b>86,161.0</b>
Fermentación entérica		35,297.1					<b>35,297.1</b>
Manejo de estiércol		1,079.5	5,961.4				<b>7,040.9</b>
Cultivo de arroz		218.0					<b>218.0</b>
Manejo de suelos agrícolas			43,558.6				<b>43,558.6</b>
Quemas en campo de residuos agrícolas		37.3	9.1				<b>46.4</b>
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>80,105.7</b>	<b>819.9</b>	<b>83.2</b>				<b>81,008.8</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	19,262.2						<b>19,262.2</b>
Conversión de bosques y pastizales	51,742.0	819.9	83.2				<b>52,645.1</b>
Captura por abandono de tierras manejadas	-14,931.4						<b>-14,931.4</b>
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	24,032.9						<b>24,032.9</b>
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>201.5</b>	<b>23,333.0</b>	<b>1,905.6</b>				<b>25,440.1</b>
Eliminación de desechos sólidos		9,406.9					<b>9,406.9</b>
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		219.6	127.1				<b>346.6</b>
Incineración e incineración abierta de desechos	201.5	417.7	141.8				<b>761.0</b>
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		13,288.8	1,636.7				<b>14,925.5</b>
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>3,124.8</b>	<b>9.3</b>	<b>24.9</b>				<b>3,159.1</b>
Aviación internacional	2,945.4	9.1	24.5				<b>2,978.9</b>
Navegación internacional	179.5	0.3	0.5				<b>180.2</b>
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>36,921.9</b>						<b>36,921.9</b>



CUADRO G.11  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2000**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>456,256.8</b>	<b>118,978.6</b>	<b>58,142.0</b>	<b>5,686.2</b>	<b>543.3</b>	<b>56.9</b>	<b>639,663.8</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>341,863.7</b>	<b>56,150.1</b>	<b>5,891.4</b>				<b>403,905.3</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	341,863.7	1,795.9	5,891.4				349,551.1
Industrias de la energía	144,851.3	83.4	237.2				145,171.8
Manufactura e industria de la construcción	57,156.3	79.2	185.3				57,420.8
Transporte	109,410.3	397.4	5,026.9				114,834.6
Comercial, residencial y agropecuario	30,445.9	1,235.9	442.0				32,123.8
<b>Emisiones fugitivas</b>		54,354.2					<b>54,354.2</b>
Minas de carbón		3,179.5					3,179.5
Petróleo y gas natural		51,174.7					51,174.7
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>40,395.3</b>	<b>73.3</b>	<b>278.8</b>	<b>5,686.2</b>	<b>543.3</b>	<b>56.9</b>	<b>47,033.7</b>
Industria de los minerales	31,627.0						31,627.0
Industria química	1,384.5	73.3	278.8				1,736.6
Industria de los metales	7,383.8				543.3		7,927.1
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				1,331.6			1,331.6
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				4,354.6		56.9	4,411.6
<b>AGRICULTURA</b>		<b>37,150.2</b>	<b>49,909.4</b>				<b>87,059.6</b>
Fermentación entérica		35,810.1					35,810.1
Manejo de estiércol		1,080.3	6,044.9				7,125.2
Cultivo de arroz		224.8					224.8
Manejo de suelos agrícolas			43,855.9				43,855.9
Quemas en campo de residuos agrícolas		35.1	8.5				43.6
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>73,791.1</b>	<b>819.9</b>	<b>83.2</b>				<b>74,694.2</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	21,123.1						21,123.1
Conversión de bosques y pastizales	45,123.4	819.9	83.2				46,026.5
Captura por abandono de tierras manejadas	-15,527.2						-15,527.2
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	23,071.9						23,071.9
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>206.8</b>	<b>24,785.1</b>	<b>1,979.2</b>				<b>26,971.0</b>
Eliminación de desechos sólidos		10,658.3					10,658.3
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		220.4	127.1				347.5
Incineración e incineración abierta de desechos	206.8	428.8	145.6				781.2
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		13,477.5	1,706.5				15,184.0
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>3,129.0</b>	<b>8.8</b>	<b>25.1</b>				<b>3,162.9</b>
Aviación internacional	2,926.9	8.5	24.6				2,960.0
Navegación internacional	202.1	0.3	0.5				202.9
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>40,078.7</b>						<b>40,078.7</b>

CUADRO G.12  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2001**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>444,717.5</b>	<b>117,860.1</b>	<b>59,667.6</b>	<b>4,913.8</b>	<b>330.7</b>	<b>59.8</b>	<b>627,549.5</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>340,865.1</b>	<b>53,884.6</b>	<b>6,824.8</b>				<b>401,574.4</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	<b>340,865.1</b>	<b>1,717.0</b>	<b>6,824.8</b>				<b>349,406.8</b>
Industrias de la energía	150,623.0	93.6	254.2				<b>150,970.7</b>
Manufactura e industria de la construcción	51,224.1	78.6	185.5				<b>51,488.2</b>
Transporte	109,300.1	385.1	5,967.3				<b>115,652.5</b>
Comercial, residencial y agropecuario	29,717.9	1,159.7	417.9				<b>31,295.4</b>
<b>Emisiones fugitivas</b>		<b>52,167.6</b>					<b>52,167.6</b>
Minas de carbón		2,690.1					<b>2,690.1</b>
Petróleo y gas natural		49,477.5					<b>49,477.5</b>
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>41,556.4</b>	<b>62.9</b>	<b>232.6</b>	<b>4,913.8</b>	<b>330.7</b>	<b>59.8</b>	<b>47,156.3</b>
Industria de los minerales	33,791.9						<b>33,791.9</b>
Industria química	1,062.0	62.9	232.6				<b>1,357.5</b>
Industria de los metales	6,702.6				330.7		<b>7,033.2</b>
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				989.7			<b>989.7</b>
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				3,924.2		59.8	<b>3,984.0</b>
<b>AGRICULTURA</b>		<b>37,192.4</b>	<b>50,492.0</b>				<b>87,684.4</b>
Fermentación entérica		35,938.6					<b>35,938.6</b>
Manejo de estiércol		1,079.1	6,066.0				<b>7,145.1</b>
Cultivo de arroz		136.8					<b>136.8</b>
Manejo de suelos agrícolas			44,416.8				<b>44,416.8</b>
Quemas en campo de residuos agrícolas		37.9	9.2				<b>47.1</b>
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>62,084.5</b>	<b>819.9</b>	<b>83.2</b>				<b>62,987.6</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	16,634.0						<b>16,634.0</b>
Conversión de bosques y pastizales	39,462.7	819.9	83.2				<b>40,365.9</b>
Captura por abandono de tierras manejadas	-16,123.0						<b>-16,123.0</b>
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	22,110.8						<b>22,110.8</b>
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>211.5</b>	<b>25,900.2</b>	<b>2,035.0</b>				<b>28,146.7</b>
Eliminación de desechos sólidos		11,734.7					<b>11,734.7</b>
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		220.3	127.1				<b>347.4</b>
Incineración e incineración abierta de desechos	211.5	438.5	148.9				<b>798.9</b>
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		13,506.7	1,759.0				<b>15,265.7</b>
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>2,942.0</b>	<b>8.3</b>	<b>23.9</b>				<b>2,974.1</b>
Aviación internacional	2,801.3	8.1	23.5				<b>2,832.9</b>
Navegación internacional	140.7	0.2	0.4				<b>141.2</b>
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>38,541.6</b>						<b>38,541.6</b>

CUADRO G.13  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2002**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>429,150.9</b>	<b>120,219.9</b>	<b>60,722.4</b>	<b>5,824.6</b>	<b>250.4</b>	<b>69.8</b>	<b>616,237.9</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>345,610.2</b>	<b>53,081.2</b>	<b>7,606.0</b>				<b>406,297.4</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	345,610.2	1,725.4	7,606.0				354,941.6
Industrias de la energía	152,021.6	108.3	264.7				152,394.6
Manufactura e industria de la construcción	52,839.6	78.2	182.8				53,100.6
Transporte	110,807.1	382.4	6,740.8				117,930.3
Comercial, residencial y agropecuario	29,942.0	1,156.5	417.6				31,516.0
<b>Emisiones fugitivas</b>		51,355.9					51,355.9
Minas de carbón		2,539.2					2,539.2
Petróleo y gas natural		48,816.6					48,816.6
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>37,948.0</b>	<b>61.2</b>	<b>120.5</b>	<b>5,824.6</b>	<b>250.4</b>	<b>69.8</b>	<b>44,274.5</b>
Industria de los minerales	32,186.5						32,186.5
Industria química	1,018.5	61.2	120.5				1,200.1
Industria de los metales	4,743.1				250.4		4,993.5
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				1,528.0			1,528.0
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				4,296.5		69.8	4,366.4
<b>AGRICULTURA</b>		<b>38,045.9</b>	<b>50,820.0</b>				<b>88,865.9</b>
Fermentación entérica		36,784.0					36,784.0
Manejo de estiércol		1,092.9	6,170.6				7,263.4
Cultivo de arroz		131.1					131.1
Manejo de suelos agrícolas			44,640.2				44,640.2
Quemas en campo de residuos agrícolas		37.9	9.2				47.2
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>45,368.8</b>	<b>1,110.1</b>	<b>112.7</b>				<b>46,591.6</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	9,488.5						9,488.5
Conversión de bosques y pastizales	41,806.6	1,110.1	112.7				43,029.4
Captura por abandono de tierras manejadas	-17,091.0						-17,091.0
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	11,164.6						11,164.6
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>223.8</b>	<b>27,921.4</b>	<b>2,063.3</b>				<b>30,208.5</b>
Eliminación de desechos sólidos		12,915.4					12,915.4
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		227.4	127.1				354.5
Incineración e incineración abierta de desechos	223.8	443.9	149.0				816.8
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		14,334.7	1,787.2				16,121.9
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>2,843.2</b>	<b>7.6</b>	<b>23.5</b>				<b>2,874.3</b>
Aviación internacional	2,744.9	7.5	23.3				2,775.6
Navegación internacional	98.3	0.1	0.2				98.7
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>38,354.1</b>						<b>38,354.1</b>

CUADRO G.14  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2003**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>438,553.2</b>	<b>123,372.1</b>	<b>61,358.3</b>	<b>5,935.5</b>	<b>160.5</b>	<b>78.0</b>	<b>629,457.6</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>353,845.5</b>	<b>54,887.8</b>	<b>8,090.9</b>				<b>416,824.2</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	353,845.5	1,744.9	8,090.9				<b>363,681.3</b>
Industrias de la energía	154,403.8	118.0	280.9				<b>154,802.7</b>
Manufactura e industria de la construcción	54,347.7	79.5	187.6				<b>54,614.8</b>
Transporte	114,547.2	387.3	7,203.5				<b>122,137.9</b>
Comercial, residencial y agropecuario	30,546.7	1,160.2	419.0				<b>32,125.9</b>
<b>Emisiones fugitivas</b>		53,142.9					<b>53,142.9</b>
Minas de carbón		3,013.6					<b>3,013.6</b>
Petróleo y gas natural		50,129.2					<b>50,129.2</b>
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>36,421.5</b>	<b>66.3</b>	<b>111.9</b>	<b>5,935.5</b>	<b>160.5</b>	<b>78.0</b>	<b>42,773.8</b>
Industria de los minerales	30,823.0						<b>30,823.0</b>
Industria química	801.0	66.3	111.9				<b>979.3</b>
Industria de los metales	4,797.6				160.5		<b>4,958.1</b>
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				1,580.5			<b>1,580.5</b>
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				4,354.9		78.0	<b>4,432.9</b>
<b>AGRICULTURA</b>		<b>38,084.6</b>	<b>50,971.4</b>				<b>89,056.0</b>
Fermentación entérica		36,798.7					<b>36,798.7</b>
Manejo de estiércol		1,086.4	6,139.0				<b>7,225.5</b>
Cultivo de arroz		160.1					<b>160.1</b>
Manejo de suelos agrícolas			44,822.8				<b>44,822.8</b>
Quemas en campo de residuos agrícolas		39.4	9.6				<b>49.0</b>
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>47,978.8</b>	<b>1,110.1</b>	<b>112.7</b>				<b>49,201.6</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	10,017.0						<b>10,017.0</b>
Conversión de bosques y pastizales	42,246.5	1,110.1	112.7				<b>43,469.2</b>
Captura por abandono de tierras manejadas	-18,058.9						<b>-18,058.9</b>
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	13,774.3						<b>13,774.3</b>
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>307.4</b>	<b>29,223.3</b>	<b>2,071.3</b>				<b>31,602.0</b>
Eliminación de desechos sólidos		13,983.3					<b>13,983.3</b>
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		229.1	127.1				<b>356.1</b>
Incineración e incineración abierta de desechos	307.4	454.2	152.1				<b>913.7</b>
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		14,556.7	1,792.1				<b>16,348.9</b>
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>3,055.9</b>	<b>8.3</b>	<b>25.3</b>				<b>3,089.4</b>
Aviación internacional	2,958.2	8.2	25.0				<b>2,991.4</b>
Navegación internacional	97.6	0.1	0.2				<b>98.0</b>
EMISIONES DE CO <sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA	38,547.1						<b>38,547.1</b>

CUADRO G.15  
Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2004  
(1990-2010)

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	468,921.2	123,970.0	63,329.3	6,404.8	128.4	84.2	662,837.9
<b>ENERGÍA</b>	374,622.0	54,014.3	9,680.8				438,317.1
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	374,622.0	1,803.3	9,680.8				386,106.1
Industrias de la energía	151,658.1	124.9	246.1				152,029.1
Manufactura e industria de la construcción	61,822.2	83.7	199.1				62,105.0
Transporte	129,823.6	434.7	8,815.2				139,073.4
Comercial, residencial y agropecuario	31,318.1	1,160.0	420.5				32,898.6
<b>Emisiones fugitivas</b>		52,211.0					52,211.0
Minas de carbón		2,623.5					2,623.5
Petróleo y gas natural		49,587.5					49,587.5
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	44,483.0	70.3	111.1	6,404.8	128.4	84.2	51,281.8
Industria de los minerales	38,661.9						38,661.9
Industria química	1,020.0	70.3	111.1				1,201.4
Industria de los metales	4,801.1				128.4		4,929.5
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				2,331.4			2,331.4
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				4,073.4		84.2	4,157.6
<b>AGRICULTURA</b>		37,911.5	51,332.6				89,244.2
Fermentación entérica		36,616.2					36,616.2
Manejo de estiércol		1,087.9	6,179.9				7,267.8
Cultivo de arroz		167.1					167.1
Manejo de suelos agrícolas			45,142.9				45,142.9
Quemas en campo de residuos agrícolas		40.3	9.8				50.2
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	49,509.8	1,110.1	112.7				50,732.5
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	9,466.4						9,466.4
Conversión de bosques y pastizales	42,686.3	1,110.1	112.7				43,909.0
Captura por abandono de tierras manejadas	-19,026.9						-19,026.9
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	16,384.0						16,384.0
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	306.4	30,863.7	2,092.2				33,262.2
Eliminación de desechos sólidos		15,156.1					15,156.1
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		227.7	127.1				354.8
Incineración e incineración abierta de desechos	306.4	454.3	152.2				912.9
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		15,025.6	1,812.9				16,838.5
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	3,390.5	9.2	28.1				3,427.8
Aviación internacional	3,294.2	9.1	27.9				3,331.2
Navegación internacional	96.3	0.1	0.2				96.7
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	38,687.4						38,687.4

CUADRO G.16  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2005**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>462,146.3</b>	<b>132,606.8</b>	<b>63,589.2</b>	<b>8,351.1</b>	<b>128.4</b>	<b>91.4</b>	<b>666,913.0</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>372,648.4</b>	<b>61,963.3</b>	<b>10,076.1</b>				<b>444,687.8</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	372,648.4	1,775.9	10,076.1				<b>384,500.4</b>
Industrias de la energía	157,024.6	122.0	286.1				<b>157,432.7</b>
Manufactura e industria de la construcción	59,226.0	91.1	210.7				<b>59,527.8</b>
Transporte	126,203.1	404.1	9,162.3				<b>135,769.6</b>
Comercial, residencial y agropecuario	30,194.7	1,158.7	417.0				<b>31,770.4</b>
<b>Emisiones fugitivas</b>		60,187.4					<b>60,187.4</b>
Minas de carbón		2,553.3					<b>2,553.3</b>
Petróleo y gas natural		57,634.1					<b>57,634.1</b>
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>38,144.2</b>	<b>68.0</b>	<b>116.9</b>	<b>8,351.1</b>	<b>128.4</b>	<b>91.4</b>	<b>46,900.0</b>
Industria de los minerales	32,395.5						<b>32,395.5</b>
Industria química	769.5	68.0	116.9				<b>954.4</b>
Industria de los metales	4,979.3				128.4		<b>5,107.7</b>
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				2,710.7			<b>2,710.7</b>
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				5,640.3		91.4	<b>5,731.7</b>
<b>AGRICULTURA</b>		<b>37,572.9</b>	<b>51,172.9</b>				<b>88,745.7</b>
Fermentación entérica		36,274.6					<b>36,274.6</b>
Manejo de estiércol		1,085.3	6,158.9				<b>7,244.3</b>
Cultivo de arroz		170.1					<b>170.1</b>
Manejo de suelos agrícolas			45,003.5				<b>45,003.5</b>
Quemas en campo de residuos agrícolas		42.8	10.4				<b>53.2</b>
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>51,042.6</b>	<b>1,110.1</b>	<b>112.7</b>				<b>52,265.4</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	8,917.7						<b>8,917.7</b>
Conversión de bosques y pastizales	43,126.1	1,110.1	112.7				<b>44,348.8</b>
Captura por abandono de tierras manejadas	-19,994.9						<b>-19,994.9</b>
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	18,993.7						<b>18,993.7</b>
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>311.0</b>	<b>31,892.5</b>	<b>2,110.6</b>				<b>34,314.1</b>
Eliminación de desechos sólidos		16,253.1					<b>16,253.1</b>
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		228.4	127.1				<b>355.4</b>
Incineración e incineración abierta de desechos	311.0	463.5	155.7				<b>930.2</b>
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		14,947.5	1,827.9				<b>16,775.4</b>
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>3,632.5</b>	<b>9.9</b>	<b>30.1</b>				<b>3,672.5</b>
Aviación internacional	3,533.4	9.8	29.9				<b>3,573.1</b>
Navegación internacional	99.0	0.1	0.2				<b>99.4</b>
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>40,114.8</b>						<b>40,114.8</b>

CUADRO G.17  
Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2006  
(1990-2010)

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>475,508.6</b>	<b>142,139.6</b>	<b>64,694.9</b>	<b>12,496.9</b>	<b>128.4</b>	<b>90.9</b>	<b>695,059.3</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>380,383.8</b>	<b>68,631.3</b>	<b>11,030.5</b>				<b>460,045.6</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	380,383.8	1,794.3	11,030.5				393,208.5
Industrias de la energía	154,777.5	137.6	273.7				155,188.9
Manufactura e industria de la construcción	60,974.0	85.8	195.9				61,255.6
Transporte	134,126.5	419.5	10,145.0				144,691.0
Comercial, residencial y agropecuario	30,505.7	1,151.5	415.9				32,073.0
<b>Emisiones fugitivas</b>		66,837.1					66,837.1
Minas de carbón		2,364.6					2,364.6
Petróleo y gas natural		64,472.4					64,472.4
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>44,335.6</b>	<b>69.6</b>	<b>132.8</b>	<b>12,496.9</b>	<b>128.4</b>	<b>90.9</b>	<b>57,254.2</b>
Industria de los minerales	38,283.4						38,283.4
Industria química	888.0	69.6	132.8				1,090.4
Industria de los metales	5,164.2				128.4		5,292.6
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				3,862.9			3,862.9
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				8,634.0		90.9	8,724.9
<b>AGRICULTURA</b>		<b>37,746.7</b>	<b>51,253.2</b>				<b>88,999.9</b>
Fermentación entérica		36,431.3					36,431.3
Manejo de estiércol		1,086.1	6,194.7				7,280.8
Cultivo de arroz		187.8					187.8
Manejo de suelos agrícolas			45,048.4				45,048.4
Quemas en campo de residuos agrícolas		41.5	10.1				51.6
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>50,475.0</b>	<b>1,110.1</b>	<b>112.7</b>				<b>51,697.8</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	8,813.3						8,813.3
Conversión de bosques y pastizales	43,565.9	1,110.1	112.7				44,788.7
Captura por abandono de tierras manejadas	-19,617.7						-19,617.7
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	17,713.5						17,713.5
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>314.3</b>	<b>34,581.9</b>	<b>2,165.8</b>				<b>37,062.0</b>
Eliminación de desechos sólidos		17,280.9					17,280.9
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		230.5	127.1				357.6
Incineración e incineración abierta de desechos	314.3	468.2	157.3				939.8
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		16,602.3	1,881.5				18,483.7
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>3,624.4</b>	<b>9.7</b>	<b>30.2</b>				<b>3,664.2</b>
Aviación internacional	3,522.8	9.5	29.9				3,562.3
Navegación internacional	101.5	0.1	0.3				101.9
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>38,924.2</b>						<b>38,924.2</b>

CUADRO G.18  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2007**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>493,826.6</b>	<b>147,614.3</b>	<b>66,448.7</b>	<b>14,077.7</b>	<b>128.4</b>	<b>111.9</b>	<b>722,207.7</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>401,286.7</b>	<b>72,508.5</b>	<b>12,400.6</b>				<b>486,195.9</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	401,286.7	1,836.8	12,400.6				<b>415,524.1</b>
Industrias de la energía	156,212.8	148.7	273.2				<b>156,634.7</b>
Manufactura e industria de la construcción	64,642.9	87.0	199.1				<b>64,929.0</b>
Transporte	147,420.4	451.7	11,506.7				<b>159,378.9</b>
Comercial, residencial y agropecuario	33,010.6	1,149.4	421.6				<b>34,581.5</b>
<b>Emisiones fugitivas</b>		70,671.8					<b>70,671.8</b>
Minas de carbón		2,588.0					<b>2,588.0</b>
Petróleo y gas natural		68,083.7					<b>68,083.7</b>
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>41,432.6</b>	<b>66.2</b>	<b>132.2</b>	<b>14,077.7</b>	<b>128.4</b>	<b>111.9</b>	<b>55,949.1</b>
Industria de los minerales	35,194.9						<b>35,194.9</b>
Industria química	1,140.0	66.2	132.2				<b>1,338.4</b>
Industria de los metales	5,097.7				128.4		<b>5,226.1</b>
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				4,371.0			<b>4,371.0</b>
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				9,706.8		111.9	<b>9,818.7</b>
<b>AGRICULTURA</b>		<b>38,040.6</b>	<b>51,594.7</b>				<b>89,635.3</b>
Fermentación entérica		36,725.7					<b>36,725.7</b>
Manejo de estiércol		1,087.8	6,245.0				<b>7,332.9</b>
Cultivo de arroz		184.0					<b>184.0</b>
Manejo de suelos agrícolas			45,339.2				<b>45,339.2</b>
Quemas en campo de residuos agrícolas		43.1	10.5				<b>53.6</b>
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>50,780.5</b>	<b>1,110.1</b>	<b>112.7</b>				<b>52,003.3</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	9,582.0						<b>9,582.0</b>
Conversión de bosques y pastizales	44,005.7	1,110.1	112.7				<b>45,228.5</b>
Captura por abandono de tierras manejadas	-19,240.6						<b>-19,240.6</b>
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	16,433.4						<b>16,433.4</b>
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>326.8</b>	<b>35,888.8</b>	<b>2,208.5</b>				<b>38,424.1</b>
Eliminación de desechos sólidos		18,303.5					<b>18,303.5</b>
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		232.6	127.1				<b>359.6</b>
Incineración e incineración abierta de desechos	326.8	493.5	165.9				<b>986.2</b>
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		16,859.2	1,915.6				<b>18,774.8</b>
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>3,691.3</b>	<b>9.9</b>	<b>30.6</b>				<b>3,731.9</b>
Aviación internacional	3,582.7	9.8	30.4				<b>3,622.9</b>
Navegación internacional	108.6	0.2	0.3				<b>109.0</b>
EMISIONES DE CO <sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA	38,751.0						<b>38,751.0</b>



CUADRO G.19  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2008**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>507,258.4</b>	<b>158,330.2</b>	<b>68,332.0</b>	<b>15,189.5</b>	<b>128.4</b>	<b>110.1</b>	<b>749,348.6</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>415,243.6</b>	<b>81,107.6</b>	<b>14,253.4</b>				<b>510,604.6</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	415,243.6	1,902.9	14,253.4				431,399.8
Industrias de la energía	153,800.8	156.5	298.0				154,255.4
Manufactura e industria de la construcción	61,078.3	87.9	197.1				61,363.3
Transporte	166,496.6	511.3	13,335.8				180,343.8
Comercial, residencial y agropecuario	33,867.9	1,147.0	422.5				35,437.4
<b>Emisiones fugitivas</b>		79,204.7					79,204.7
Minas de carbón		3,369.5					3,369.5
Petróleo y gas natural		75,835.3					75,835.3
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>42,538.6</b>	<b>69.1</b>	<b>131.6</b>	<b>15,189.5</b>	<b>128.4</b>	<b>110.1</b>	<b>58,167.2</b>
Industria de los minerales	36,014.5						36,014.5
Industria química	1,347.0	69.1	131.6				1,547.7
Industria de los metales	5,177.0				128.4		5,305.5
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				4,331.1			4,331.1
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				10,858.4		110.1	10,968.4
<b>AGRICULTURA</b>		<b>38,380.4</b>	<b>51,611.0</b>				<b>89,991.4</b>
Fermentación entérica		37,111.5					37,111.5
Manejo de estiércol		1,092.0	6,299.5				7,391.5
Cultivo de arroz		134.5					134.5
Manejo de suelos agrícolas			45,301.2				45,301.2
Quemas en campo de residuos agrícolas		42.3	10.3				52.6
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>48,924.9</b>	<b>1,110.1</b>	<b>112.7</b>				<b>50,147.7</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	8,189.5						8,189.5
Conversión de bosques y pastizales	44,445.5	1,110.1	112.7				45,668.3
Captura por abandono de tierras manejadas	-18,863.4						-18,863.4
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	15,153.3						15,153.3
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>551.3</b>	<b>37,663.1</b>	<b>2,223.4</b>				<b>40,437.8</b>
Eliminación de desechos sólidos		19,535.4					19,535.4
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		235.2	127.1				362.3
Incineración e incineración abierta de desechos	551.3	485.4	163.1				1,199.8
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		17,407.1	1,933.2				19,340.3
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>3,801.8</b>	<b>9.7</b>	<b>31.7</b>				<b>3,843.1</b>
Aviación internacional	3,670.6	9.5	31.4				3,711.5
Navegación internacional	131.1	0.2	0.3				131.7
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>39,003.2</b>						<b>39,003.2</b>

CUADRO G.20  
**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2009**  
**(1990-2010)**

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>488,360.3</b>	<b>165,454.4</b>	<b>68,602.9</b>	<b>14,905.4</b>	<b>128.4</b>	<b>108.1</b>	<b>737,559.6</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>400,425.7</b>	<b>86,064.9</b>	<b>13,557.7</b>				<b>500,048.4</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	<b>400,425.7</b>	<b>1,851.4</b>	<b>13,557.7</b>				<b>415,834.9</b>
Industrias de la energía	159,907.0	162.3	445.2				<b>160,514.4</b>
Manufactura e industria de la construcción	55,919.1	78.9	181.1				<b>56,179.1</b>
Transporte	152,188.5	471.0	12,514.6				<b>165,174.1</b>
Comercial, residencial y agropecuario	32,411.2	1,139.3	416.8				<b>33,967.3</b>
<b>Emisiones fugitivas</b>		<b>84,213.5</b>					<b>84,213.5</b>
Minas de carbón		5,473.6					<b>5,473.6</b>
Petróleo y gas natural		78,739.9					<b>78,739.9</b>
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>39,964.5</b>	<b>70.7</b>	<b>131.0</b>	<b>14,905.4</b>	<b>128.4</b>	<b>108.1</b>	<b>55,308.2</b>
Industria de los minerales	34,459.0						<b>34,459.0</b>
Industria química	1,185.0	70.7	131.0				<b>1,386.7</b>
Industria de los metales	4,320.5				128.4		<b>4,448.9</b>
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				3,930.5			<b>3,930.5</b>
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				10,974.9		108.1	<b>11,083.1</b>
<b>AGRICULTURA</b>		<b>38,932.9</b>	<b>52,570.8</b>				<b>91,503.7</b>
Fermentación entérica		37,635.2					<b>37,635.2</b>
Manejo de estiércol		1,100.5	6,378.8				<b>7,479.2</b>
Cultivo de arroz		156.9					<b>156.9</b>
Manejo de suelos agrícolas			46,182.2				<b>46,182.2</b>
Quemas en campo de residuos agrícolas		40.4	9.8				<b>50.3</b>
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>47,410.1</b>	<b>1,110.1</b>	<b>112.7</b>				<b>48,632.9</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	7,138.0						<b>7,138.0</b>
Conversión de bosques y pastizales	44,885.3	1,110.1	112.7				<b>46,108.1</b>
Captura por abandono de tierras manejadas	-18,486.3						<b>-18,486.3</b>
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	13,873.1						<b>13,873.1</b>
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>559.9</b>	<b>39,275.8</b>	<b>2,230.8</b>				<b>42,066.4</b>
Eliminación de desechos sólidos		20,851.3					<b>20,851.3</b>
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		245.4	127.1				<b>372.5</b>
Incineración e incineración abierta de desechos	559.9	493.0	165.7				<b>1,218.7</b>
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		17,686.0	1,938.0				<b>19,624.0</b>
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>3,253.0</b>	<b>8.5</b>	<b>27.2</b>				<b>3,288.7</b>
Aviación internacional	3,160.5	8.3	26.9				<b>3,195.8</b>
Navegación internacional	92.5	0.1	0.2				<b>92.9</b>
EMISIONES DE CO <sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA	37,787.3						<b>37,787.3</b>

CUADRO G.21  
Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - 2010  
(1990-2010)

Categoría de Emisión	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Total CO <sub>2</sub> eq.
	(Gg)						
<b>Total de emisiones nacionales</b>	<b>493,450.6</b>	<b>166,716.4</b>	<b>69,140.1</b>	<b>18,692.3</b>	<b>128.4</b>	<b>124.4</b>	<b>748,252.2</b>
<b>ENERGÍA</b>	<b>405,130.2</b>	<b>84,966.0</b>	<b>13,721.5</b>				<b>503,817.6</b>
<b>Consumo de combustibles fósiles</b>	405,130.2	1,846.2	13,721.5				420,697.9
Industrias de la energía	162,232.4	163.9	572.9				162,969.2
Manufactura e industria de la construcción	56,488.6	78.5	173.7				56,740.8
Transporte	153,384.5	469.7	12,557.8				166,412.0
Comercial, residencial y agropecuario	33,024.7	1,134.0	417.1				34,575.8
<b>Emisiones fugitivas</b>		83,119.8					83,119.8
Minas de carbón		6,556.9					6,556.9
Petróleo y gas natural		76,562.9					76,562.9
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>42,081.4</b>	<b>70.0</b>	<b>130.4</b>	<b>18,692.3</b>	<b>128.4</b>	<b>124.4</b>	<b>61,226.9</b>
Industria de los minerales	35,233.7						35,233.7
Industria química	1,348.5	70.0	130.4				1,548.9
Industria de los metales	5,499.2				128.4		5,627.6
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				3,897.8			3,897.8
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre				14,794.6		124.4	14,919.0
<b>AGRICULTURA</b>		<b>39,247.0</b>	<b>52,937.4</b>				<b>92,184.4</b>
Fermentación entérica		37,961.5					37,961.5
Manejo de estiércol		1,106.0	6,447.5				7,553.5
Cultivo de arroz		137.8					137.8
Manejo de suelos agrícolas			46,479.8				46,479.8
Quemas en campo de residuos agrícolas		41.8	10.2				51.9
<b>USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>45,669.6</b>	<b>1,110.1</b>	<b>112.7</b>				<b>46,892.4</b>
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	5,860.6						5,860.6
Conversión de bosques y pastizales	45,325.1	1,110.1	112.7				46,547.9
Captura por abandono de tierras manejadas	-18,109.2						-18,109.2
Emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> de los suelos	12,593.0						12,593.0
<b>DESECHOS (PICC 2006)</b>	<b>569.4</b>	<b>41,323.4</b>	<b>2,238.1</b>				<b>44,130.8</b>
Eliminación de desechos sólidos		22,117.7					22,117.7
Tratamiento biológico de los desechos sólidos		249.7	127.1				376.8
Incineración e incineración abierta de desechos	569.4	501.8	168.8				1,239.9
Tratamiento y eliminación de aguas residuales		18,454.1	1,942.3				20,396.4
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>							
<b>BUNKERS</b>	<b>3,395.1</b>	<b>8.5</b>	<b>28.5</b>				<b>3,432.1</b>
Aviación internacional	3,297.9	8.3	28.3				3,334.6
Navegación internacional	97.2	0.1	0.2				97.6
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>37,387.2</b>						<b>37,387.2</b>

**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



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

**INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES  
DE EFECTO INVERNADERO 1990-2010**

Se terminó de imprimir en los talleres de Amelia Hernández Ugalde /  
SEPRIM, HEUA730908-AM1. Tel.: 5443-7754, 5443 7753.

El tiraje consta de doscientos ejemplares,  
impresos en papel bond de 90 gramos.



La preparación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) es un esfuerzo de nuestro país para cumplir con los compromisos adquiridos al firmar (1992) y posteriormente ratificar (1993) la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, misma que entró en vigor para México el 21 de marzo de 1994.

La actualización del INEGEI 1990-2010 presenta la estimación de las emisiones de cinco categorías, por fuente y sumideros, y de los seis gases de efecto invernadero incluidos en el anexo A del Protocolo de Kioto.

Este inventario se estimó con las Directrices revisadas del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) de 1996 y con la Orientación del PICC sobre Buenas Prácticas y la Gestión de la Incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI 2000. En esta edición se estimó por primera vez la categoría de desechos con la metodología del PICC 2006.

