



**COMISIÓN DE COOPERACIÓN
ECOLÓGICA FRONTERIZA**



Center for Climate Strategies
Helping States and the Nation Tackle Climate Change

**EMISIONES DE GASES DE
EFECTO INVERNADERO
EN CHIHUAHUA ✓
Y PROYECCIONES DE
CASOS DE REFERENCIA
1990-2025**

**EN COLABORACIÓN CON EL GOBIERNO DEL
ESTADO DE CHIHUAHUA**



JUNIO 2010

Emisiones de gases de efecto invernadero en Chihuahua y proyecciones de casos de referencia 1990-2025.

Autores: Daniel Chacón Anaya
María Elena Giner
Mario Vázquez Valles
Stephen M. Roe
Juan A. Maldonado
Holly Lindquist
Brad Strobe
Rachel Anderson
Cristina Quiroz
Jackson Schreiber

ISBN: 978-607-8021-08-6

ISBN: 978-607-8021-08-6



© BECC-COCEF
1ª. edición, 2010
Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza
Border Environment Cooperation Commission
Blvd. Tomás Fernández núm. 8069
Ciudad Juárez, Chihuahua, 32470
Tel. (52-656) 688-4600
Impreso en México - Printed in Mexico
Impreso en papel reciclado 24 libras

Emisiones de gases de efecto invernadero en Chihuahua y proyecciones de casos de referencia 1990-2025 / Daniel Chacón Anaya, María Elena Giner, Mario Vázquez Valles, Stephen M. Roe, Juan A. Maldonado, Holly Lindquist, Brad Strode, Rachel Anderson, Cristina Quiroz, Jackson Schreiber. 1ª. ed. Ciudad Juárez, Chih.: Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, 2010. 127p.; 27 cm.

Incluye bibliografía

ISBN: 978-607-8021-08-6

Este informe es una evaluación preliminar de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante el periodo de 1990 a 2005, así como una proyección de las emisiones hasta el 2025. El inventario y proyección sirve como un punto de partida para apoyar al estado con un panorama completo de las emisiones de GEI actuales y las posibles emisiones futuras en Chihuahua. Este estudio es fundamental para la elaboración del Plan Estatal de Acción Climática (PEAC). El inventario y las proyecciones comprenden los seis tipos de gases que se incluyen en el inventario nacional de emisiones de GEI de México y comúnmente se reportan en los informes internacionales conforme al Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y hexafluoruro de azufre (SF₆). Las emisiones de estos GEI se presentan usando una métrica común, el CO₂ equivalente (CO₂e).

1. Gases de efecto invernadero – Chihuahua, México – Estadísticas (1990-2005)
2. Gases de efecto invernadero - Chihuahua, México – Proyecciones (2025)
3. Gases de efecto invernadero – Chihuahua, México – Plan Estatal de Acción Climática
4. Gases de efecto invernadero – Aspectos ambientales – Chihuahua, México

TD885.8G56 E55 2010



**COMISIÓN DE COOPERACIÓN ECOLÓGICA FRONTERIZA
(COCEF)**

**EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN CHIHUAHUA
Y PROYECCIONES DE CASOS DE REFERENCIA 1990-2025**

**CONTRATO NO. CONTA09-035
PID 2025**

Elaborado por:

Stephen M. Roe, Juan A. Maldonado, Holly Lindquist, Brad Strode, Rachel Anderson,
Cristina Quiroz y Jackson Schreiber

The Center for Climate Strategies
1899 L Street, Suite 900
Washington, DC 20036

Con apoyo de la

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología

Revisión Abril de 2010
Impresión Octubre de 2010



The Center for Climate Strategies
Helping States and the Nation Tackle Climate Change

[Esta página se dejó en blanco intencionalmente]

Agradecimientos

Agradecemos todo el tiempo y el apoyo que nos brindaron a las diversas instancias del Estado de Chihuahua, así como a los estados vecinos y a las dependencias federales. Nuestro agradecimiento en particular a las siguientes personas: Arq. Carlos Carrera Robles, Dra. Silvia Castro Arreola, Ing. Francisco Vigil e Ing. Bertha Terán Murillo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SDUE); Biol. Julia Martínez e Ing. Luis Conde del Instituto Nacional de Ecología (INE); Mtro. Daniel Chacón e Ing. María Elena Giner, PE; de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF).

Los autores también desean expresar su agradecimiento a los señores Michael Lazarus, Maureen Mullen, Stephen Roe y Randy Strait del Centro de Estrategias Climáticas [Center for Climate Strategies (CCS)] quienes aportaron valiosos comentarios durante el desarrollo de este informe.

[Esta página se dejó en blanco intencionalmente]

Contenidos

| | <u>Pagina</u> |
|--|----------------------|
| Agradecimientos | iii |
| Acrónimos y Términos Importantes | v |
| Resumen Ejecutivo | vii |
| Resumen de Resultados Preliminares | 1 |
| Introducción | 1 |
| Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chihuahua: Fuentes y Tendencias | 3 |
| Emisiones Históricas..... | 3 |
| Descripción General..... | 3 |
| Un Análisis Minucioso a los Dos Sectores Principales: Suministro Eléctrico y Transporte..... | 7 |
| Proyecciones de Casos de Referencia..... | 9 |
| Incertidumbres Principales y Pasos Siguietes..... | 11 |
| Enfoque | 12 |
| Metodología General | 12 |
| Principios y Lineamientos Generales..... | 14 |
| Apéndice A. Suministro y Consumo de Electricidad..... | A-1 |
| Apéndice B. Quema de Combustible Residencial, Comercial e Industrial (RCI) | B-1 |
| Apéndice C. Consumo de Energía en el Transporte | C-1 |
| Apéndice D. Procesos Industriales y Uso de Productos | D-1 |
| Apéndice E. Industrias de Combustibles Fósiles..... | E-1 |
| Apéndice F. Agricultura | F-1 |
| Apéndice G. Manejo de Residuos | G-1 |
| Apéndice H. Silvicultura y Uso de Suelo..... | H-1 |
| Apéndice I. Recomendaciones del INE para la siguiente actualización de los Inventarios de GEI .. | I-1 |



[Esta página se dejó en blanco intencionalmente]

Acrónimos y Términos Importantes

a - año

AR – Aguas Residuales

bbls – Barriles

Btu – Unidad Térmica Británica

C – Carbono

CaCO₃ – Carbonato de Calcio

CCS – Center for Climate Strategies [*Centro de Estrategias Climáticas*]

CFCs – Clorofluorocarbonos

CH₄ – Metano

CHP – Combined Heat and Power [*Calor y Energía Combinados*]

CO₂ – Dióxido de Carbono

CO₂e – Dióxido de Carbono Equivalente

CONAFOR – Comisión Nacional Forestal

DBO – Demanda Bioquímica de Oxígeno

EE.UU – Estados Unidos de América

EIIP – Emission Inventory Improvement Program [*Programa de Mejoras a los Inventarios de Emisiones*]

EPA EE.UU. - United States Environmental Protection Agency [Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos]

GEI – Gases de Efecto Invernadero

Gg – Giga gramo

GLP – Gas Licuado de Petróleo

GWh – Giga watt-hora

H₂CO₃ – Acido Carbónico

HCC – Herramienta Calculadora de Carbono

HCFCs – Hidroclorofluorocarbonos

HEA – Horno Eléctrico de Arco

HFCs – Hidrofluorocarbonos

HNO₃ – Acido Nítrico

INEGI – Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía



IPCC – International Panel on Climate Change [*IPCC-Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático*]

kg – Kilogramo

kWh – Kilowatt-hora

lb – Libra

LFGTE – Landfill Gas Collection System and Landfill-Gas-to-Energy [*Sistema de Recolección de Gases de Relleno Sanitario y Biogás-a-energía*]

Mg – Mega gramos

MMBtu – Millón de Unidad Térmica Británica

MTm – Millón de toneladas métricas

MTmCO_{2e} – Millón de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente

N₂O – Óxido Nitroso

NEMS – National Energy Modeling System [*Sistema Nacional de Modelaje de Energía*]

NH₃ – Amoniacó

OEIDRUS - Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable

PCG – Potencial de Calentamiento Global

PFCs – Perfluorocarbonos

PMC – Productos de Madera Cosechada

ppb – Partes por billón

ppm – Partes por millón

ppmv – Partes por millón por volumen

ppt – Partes por trillón

RCI – Residencial, Comercial, e Industrial

RS – Relleno Sanitario

SDO – Sustancias Destructoras de Ozono

SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SENER – Secretaría de Energía

SF₆ – Hexafluoruro de azufre

SIACON -- Sistema de Información Agropecuaria de Consulta

SIT – State Greenhouse Gas Inventory Tool [*Herramienta para inventarios estatales de gases de efecto invernadero*]

T&D – Transmisión y Distribución

Tm – Tonelada métrica (equivalente a 1.102 toneladas cortas [toneladas americanas])

Resumen Ejecutivo

La Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) cuyo principal objetivo es apoyar proyectos ambientales para mejorar el medio ambiente y la salud humana en la frontera entre los EUA y México, ha venido implementando diversas acciones para apoyar a los estados fronterizos mexicanos para que elaboren su Plan Estatal de Acción Climática (PEAC); uno de los insumos más importantes para el PEAC es el inventario y pronóstico de los Gases de Efecto de Invernadero (GEI); con este objetivo se contrató al Centro de Estrategias Climáticas (*Center for Climate Strategies*, CCS) para que en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SDUE), se llevará a cabo una evaluación preliminar de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante el periodo de 1990 a 2005, así como una proyección de las emisiones hasta el 2025. La SDUE aportó liderazgo, coordinación e insumo técnico al desarrollo de este estudio. El inventario y proyección sirve como un punto de partida para apoyar al estado con un panorama completo de las emisiones de GEI actuales y las posibles emisiones futuras en Chihuahua.

Se calcularon las emisiones antropogénicas de GEI y los sumideros de carbono antropogénicos (almacenamiento de carbono) de 1990 a 2025. Las estimaciones históricas sobre emisiones de GEI (1990 a 2005)¹ se elaboraron usando una serie de principios y lineamientos generalmente aceptados para los inventarios estatales de emisiones de GEI con base en datos y cifras específicas sobre Chihuahua en la medida de lo posible. Las proyecciones iniciales de los casos de referencia (2006-2025) se sustentan en una compilación de proyecciones sobre la producción de energía, el consumo de combustible y otras actividades generadoras de GEI en Chihuahua, las cuales se basan en las proyecciones oficiales del gobierno y alternativamente en la extrapolación de tendencias históricas. Las fuentes de datos, métodos y los resultados detallados por nivel de sector se describen en los apéndices de este reporte.

El inventario y las proyecciones comprenden los seis tipos de gases que se incluyen en el inventario nacional de emisiones de GEI de México² y comúnmente se reportan en los informes internacionales conforme al Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y hexafluoruro de azufre (SF₆). Las emisiones de estos GEI se presentan usando una métrica común, el CO₂ equivalente (CO₂e), la cual indica la aportación relativa de cada gas, por masa unitaria, al forzamiento radiativo global promedio con base en el potencial de calentamiento global (PCG) ponderado.³

¹ El último año de datos históricos disponibles es distinto según el sector, oscilando entre el 2000 y el 2005.

² Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI)

³ Los cambios en las concentraciones atmosféricas de GEI pueden alterar el equilibrio de las transferencias de energía entre la atmósfera, el espacio, la tierra y los océanos. Uno de los indicadores de estos cambios se denomina forzamiento radiativo, el cual es sencillamente la medida de los cambios en la energía disponible en el sistema Tierra-atmósfera (IPCC, 1996). Manteniendo todo lo demás constante, los incrementos en las concentraciones de GEI en la atmósfera producirán un forzamiento radiativo positivo (es decir, un incremento neto en la absorción de energía por parte de la Tierra), <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>. Las estimaciones de las emisiones de CO₂e se basan en los valores de potencial de PCG listado en el Reporte de la Segunda Evaluación del IPCC(SAR)



Como se indica en el Cuadro ES-1, las actividades en Chihuahua constituyeron aproximadamente 20.0- millones de toneladas métricas de emisiones de CO₂e (MTmCO₂e) *brutas basadas en la producción*⁴ en 2005, una cantidad igual a cerca del 3.0% de las emisiones brutas de GEI de México en el 2005, excluyendo los sumideros de carbono, tales como reservas de carbono en zonas forestales. En Chihuahua, las emisiones brutas de GEI basadas en la producción aumentaron en un 27% de 1990 al 2005, mientras que en el ámbito nacional, aumentaron en solamente un 31% en el mismo lapso.⁵ La aumentación en las emisiones en Chihuahua de 1990 al 2005 se relaciona principalmente con el aumento en el consumo de electricidad y el sector del autotransporte.

En este informe también se incluyen estimaciones iniciales sobre los sumideros de carbono que se encuentran dentro de las zonas boscosas y en los almacenamientos de carbono en relleno sanitarios de Chihuahua. Sin embargo, aún se necesita trabajar más para poder comprender mejor sobre las emisiones/los sumideros de CO₂ en las zonas arboladas urbanas, los cambios en el uso de suelo y las prácticas de cultivo que generan cambios en los suelos agrícolas. Por otro lado, existe necesidad considerable de depurar aún más las estimaciones iniciales sobre los sumideros forestales que se presentan en este informe (Ej. contabilizar las pérdidas/ganancias en zonas forestales; ver Apéndice H). Trabajo adicional para mejorar las estimaciones de los sumideros de carbono en zonas agrícolas y forestales podría dar como resultado cambios sustanciales en las estimaciones presentadas en este informe. Las estimaciones actuales indican que en el 2005 se secuestraron en la biomasa forestal de Chihuahua y en los rellenos sanitarios alrededor de 7.8 MTmCO₂e; sin embargo, esto excluye cualquier pérdida relacionada con la conversión de suelos forestales debido a la falta de información. La inclusión de estos sumideros arroja un resultado de 12.1MTmCO₂e en emisiones netas en Chihuahua para el 2005.

En la Figura ES-1 se comparan las emisiones brutas de producción per cápita y por unidad de derrama económica en México y en el Estado.⁶ En una base per cápita, Chihuahua emitió aproximadamente 5.9 toneladas métricas brutas de CO₂e (MTmCO₂e) en 1995, 2% menor que el promedio nacional de 6.0 MTmCO₂e en 1995. Las emisiones per cápita en Chihuahua aumentaron ligeramente a 6.2 MTmCO₂e en el 2005, mientras que las emisiones per cápita a nivel nacional aumentaron solamente 6.4 MTmCO₂e en el mismo año. El crecimiento económico de Chihuahua excedió el aumento de las emisiones para el periodo de 1995-2000 dando como resultado la disminución en emisiones de GEI por unidad de producto estatal.

Tal como se ilustra en la Figura ES-2 y se indica en forma numérica en el Cuadro ES-1, conforme a las proyecciones de los casos de referencia, las emisiones brutas de GEI basadas en

⁴ De las emisiones "brutas" se excluyen las emisiones de GEI eliminadas (secuestradas) debido a la actividad forestal y otros usos de suelo. Asimismo, de las emisiones "basadas en el consumo" se excluyen las emisiones de GEI relacionadas con la electricidad para exportación.

⁵ La comparación con los resultados nacionales se obtuvo de *México Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México: INE-SEMARNAT, 2006. Disponible en www.ine.gob.mx. Los valores de las emisiones anuales fueron del orden de 498,748 y 618,072 giga gramos en 1990 y 2002 respectivamente. Las emisiones de 2005 se derivaron de estos valores en 655,477 giga gramos.

⁶ Datos históricos de población disponibles del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Se contó con las proyecciones de población por parte de la Comisión Nacional de Población (CONAPO).

consumo en Chihuahua aumentan de 1990 a 2025. Se proyecta que lleguen a los 27.9 MTmCO₂e para el año 2020. Esto representaría un incremento del 81% por encima de los niveles de 1990. Como se muestra en la Figura ES-3, se proyecta que el sector transporte será el contribuidor más grande en el aumento de las emisiones en Chihuahua, seguido de las emisiones del sector eléctrico.

Existen algunas lagunas de información en este análisis, particularmente con respecto a las proyecciones de los casos de referencia. Las tareas primordiales para resolver dichas lagunas consisten en el análisis y actualización de los generadores de emisiones claves en las emisiones de GEI en el futuro de Chihuahua (como los supuestos sobre el índice de crecimiento para la generación y consumo de electricidad, consumo de combustible para transporte, procesos industriales y consumo de combustible RCI). En los Apéndices A al H se presentan los métodos detallados, las fuentes de datos, y los supuestos que se consideraron para cada sector generador de GEI, además de que también se incluyen las descripciones de las incertidumbres significativas en las estimaciones de las emisiones y/o los métodos, así como se sugieren los siguientes pasos para depurar el inventario y las proyección de casos de referencia.

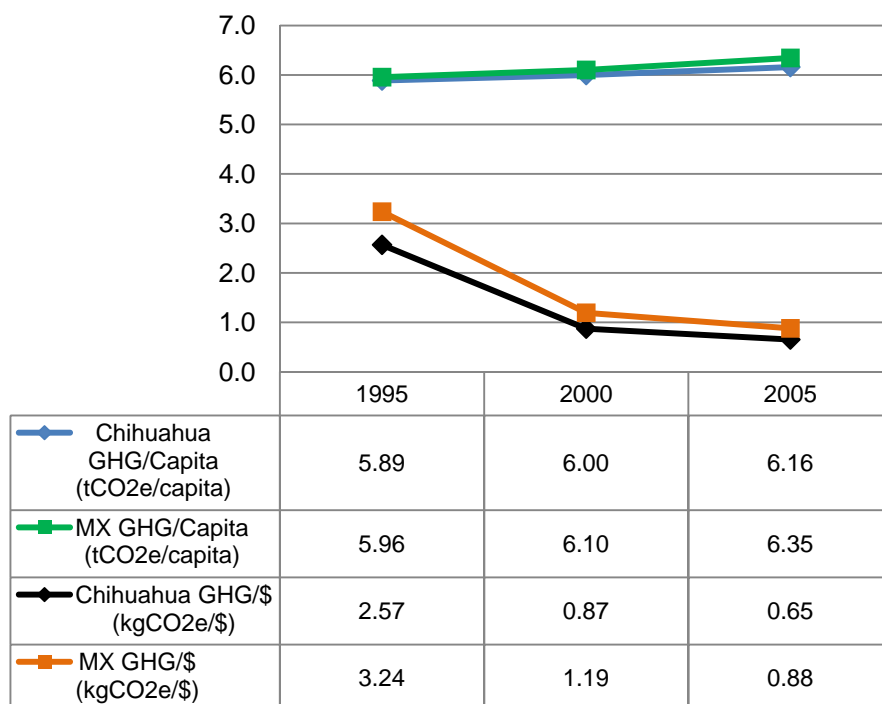
Cuadro ES-1. Emisiones de GEI Históricas y de Casos de Referencia en Chihuahua por Sector

| (Millones de Toneladas Métricas de CO ₂ e) | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| En base al Consumo Energético | 9.9 | 12.2 | 13.2 | 14.0 | 16.7 | 18.1 | 20.7 | 24.1 |
| En base al Consumo Eléctrico | 4.02 | 5.34 | 5.83 | 5.91 | 6.86 | 6.98 | 8.52 | 10.79 |
| En base a la Producción de Electricidad | 4.31 | 4.04 | 5.96 | 6.20 | 5.55 | 8.22 | 7.19 | 7.55 |
| Gas/Diesel | 0.23 | 0.25 | 0.20 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Gas Natural | 0.79 | 0.94 | 2.83 | 3.67 | 3.98 | 7.42 | 7.19 | 7.55 |
| Combustóleo | 3.29 | 2.85 | 2.93 | 2.51 | 1.57 | 0.81 | 0.00 | 0.00 |
| Electricidad Neta Importada | -0.30 | 1.29 | -0.13 | -0.29 | 1.31 | -1.24 | 1.33 | 3.24 |
| Res/Com/Ind (RCI) | 2.52 | 2.53 | 2.86 | 2.37 | 2.58 | 2.76 | 2.96 | 3.25 |
| Gas/Diesel | 0.08 | 0.19 | 0.22 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.06 |
| Gasolina: Motor | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Gas Licuado de Petróleo | 1.40 | 1.37 | 1.09 | 0.94 | 0.84 | 0.78 | 0.74 | 0.71 |
| Gas Natural | 1.01 | 0.93 | 1.39 | 1.18 | 1.46 | 1.68 | 1.90 | 2.20 |
| Combustóleo | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.14 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.23 |
| Biocombustibles Sólidos: Leña | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 |
| Transporte | 3.37 | 4.36 | 4.49 | 5.60 | 7.02 | 8.12 | 8.98 | 9.85 |
| Transportación Carretera-Gasolina | 1.95 | 2.88 | 3.05 | 3.84 | 4.57 | 5.26 | 5.77 | 6.29 |
| Transportación Carretera-Diesel | 0.96 | 1.13 | 0.97 | 1.37 | 2.10 | 2.49 | 2.81 | 3.14 |
| Transportación Carretera-GLP | 0.02 | 0.05 | 0.21 | 0.20 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| Transportación Carretera-Gas Nat. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 |
| Aviación | 0.22 | 0.11 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ferrocarril | 0.22 | 0.19 | 0.19 | 0.20 | 0.26 | 0.29 | 0.31 | 0.33 |
| Industria de Combustibles Fósiles | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.11 | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.22 |
| Transmisión de Gas Natural | 0 | 0 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Distribución de Gas Natural | 0 | 0 | 0.04 | 0.11 | 0.19 | 0.20 | 0.20 | 0.21 |
| Procesos Industriales | 0.98 | 1.17 | 1.59 | 2.10 | 2.25 | 2.64 | 3.04 | 3.44 |
| Producción de Cemento | 0.18 | 0.24 | 0.30 | 0.42 | 0.62 | 0.78 | 0.93 | 1.09 |
| Producción de Hierro y Acero | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.65 | 0.61 | 0.72 | 0.83 | 0.94 |
| Uso de Piedra Caliza y Dolomita | 0.32 | 0.45 | 0.77 | 0.87 | 0.81 | 0.91 | 1.01 | 1.12 |
| Sustitutos SDO | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.20 | 0.24 | 0.27 | 0.30 |
| Manejo de Residuos (Bruto) | 0.73 | 0.82 | 0.91 | 1.02 | 0.89 | 0.88 | 0.93 | 1.03 |
| Aguas Residuales Domesticas | 0.29 | 0.34 | 0.37 | 0.39 | 0.40 | 0.42 | 0.43 | 0.45 |
| Aguas Residuales Industriales | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Rellenos Sanitarios | 0.33 | 0.37 | 0.41 | 0.46 | 0.33 | 0.30 | 0.34 | 0.42 |
| Quema a Cielo Abierto | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.15 |
| Almacenamiento de Carbono en Relleno Sanitario | -0.08 | -0.08 | -0.10 | -0.09 | -0.10 | -0.11 | -0.12 | 0.00 |
| Agricultura | 3.64 | 3.46 | 2.38 | 2.55 | 2.76 | 3.00 | 3.27 | 3.54 |
| Fermentación Entérica | 2.23 | 2.19 | 1.39 | 1.54 | 1.70 | 1.88 | 2.08 | 2.26 |

| (Millones de Toneladas Métricas de CO ₂ e) | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Manejo de Estiércol | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.07 |
| Suelos Manejados | 1.35 | 1.21 | 0.96 | 0.97 | 1.02 | 1.07 | 1.13 | 1.21 |
| Silvicultura y Uso de Suelo | -7.09 | -7.65 | -6.52 | -7.85 | -8.36 | -8.36 | -8.36 | -8.36 |
| Forestal (flujo de carbono) | -7.24 | -7.69 | -6.57 | -7.75 | -8.31 | -8.31 | -8.31 | -8.31 |
| Incendios Forestales (sin emisiones de CO ₂) | 0.15 | 0.06 | 0.06 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Cultivos Leñosos | 0.01 | -0.02 | -0.01 | -0.10 | -0.06 | -0.06 | -0.06 | -0.06 |
| Emisiones Brutas (en base al consumo) | 15.40 | 17.74 | 18.18 | 19.67 | 22.57 | 24.60 | 27.94 | 32.13 |
| <i>Incremento relativo a 1990</i> | 0% | 15% | 18% | 28% | 47% | 60% | 81% | 109% |
| Sumideros para Emisiones | -7.32 | -7.78 | -6.67 | -7.85 | -8.41 | -8.42 | -8.43 | -8.31 |
| Emisiones Netas (incl. silvicultura*) | 8.09 | 9.96 | 11.51 | 11.83 | 14.16 | 16.18 | 19.50 | 23.82 |
| <i>Incremento relativo a 1990</i> | 0% | 23% | 42% | 46% | 75% | 100% | 141% | 195% |
| Emisiones Brutas (en base a la producción) | 15.70 | 16.45 | 18.31 | 19.97 | 21.26 | 25.85 | 26.61 | 28.89 |
| <i>Incremento relativo a 1990</i> | 0% | 5% | 17% | 27% | 35% | 65% | 69% | 84% |
| Emisiones Netas (incl. silvicultura*) | 8.38 | 8.67 | 11.64 | 12.12 | 12.85 | 17.42 | 18.18 | 20.58 |
| <i>Incremento relativo a 1990</i> | 0% | 3% | 39% | 45% | 53% | 108% | 117% | 145% |

Nota: Pudiera que los totales no den la suma exacta de los subtotales mostrados en este cuadro debido al redondeo independiente.

Figura ES-1. Emisiones Brutas de GEI Históricas Basadas en la Producción en Chihuahua y a Nivel Nacional per Cápita y por Unidad de Derrama Económica⁷



⁷ Actividad económica expresada en valores del 2006. Información extraída del INEGI y del Banco de Información Económica.

Figura ES-2. Emisiones brutas de GEI basadas en el Consumo en Chihuahua por Sector, 1990-2020

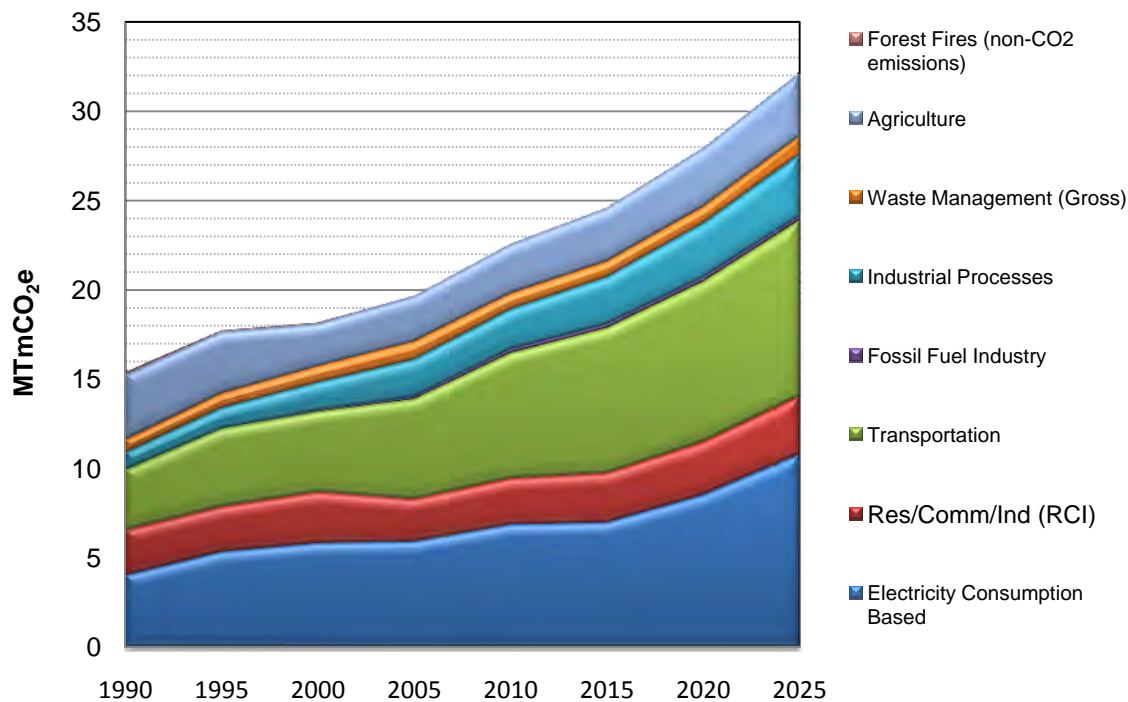
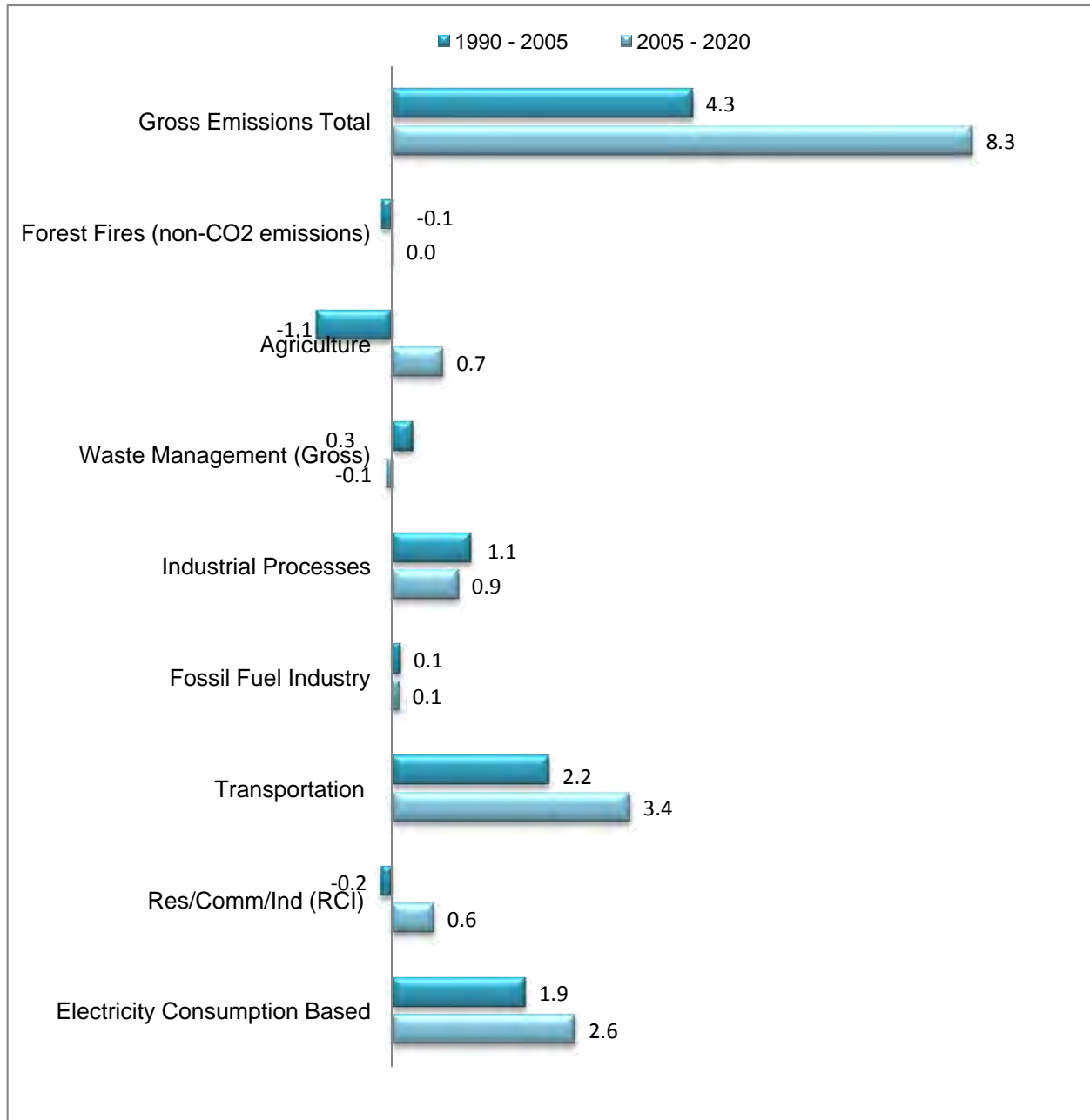


Figura ES-3. Contribuciones por Sector al Aumento en las Emisiones Brutas en Chihuahua, 1990-2020: Proyecciones de Casos de Referencia (Con base en MTmCO₂e)



Res/Com – consumo directo de combustible en sectores residenciales y comerciales. SDO – sustancia destructora del ozono. Las emisiones relacionadas con otros procesos industriales incluyen todas las industrias identificadas en el Apéndice D, con excepción de las emisiones relacionadas con los sustitutos de las SDO que se muestran por separado en esta gráfica. Los datos sobre los estados de EE.UU. indican que se espera un alto nivel de crecimiento en las emisiones para los sustitutos de las SDO. Las emisiones generadas por los incendios forestales-incluyen solamente emisiones de metano y óxido nítrico. Las emisiones generadas por el manejo de residuos excluyen el almacenamiento de carbono en rellenos sanitarios.

Resumen de Resultados Preliminares

Introducción

La Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) cuyo principal objetivo es apoyar proyectos ambientales para mejorar el medio ambiente y la salud humana en la frontera entre los EUA y México, ha venido implementando diversas acciones para apoyar a los estados fronterizos mexicanos para que elaboren su Plan Estatal de Acción Climática (PEAC); uno de los insumos más importantes para el PEAC es el inventario y pronóstico de los Gases de Efecto de Invernadero (GEI), con este objetivo se contrató al Centro de Estrategias Climáticas (*Center for Climate Strategies*, CCS) ; que elaboró este informe en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Estado de Chihuahua (SDUE). En él se presenta una evaluación preliminar de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y sumideros antropogénicos en el Estado del año 1990 al 2025. El inventario y proyección constituyen un punto inicial para que el Estado tenga un panorama completo de las emisiones de GEI actuales y de las posibles emisiones futuras de GEI en Chihuahua y de esta manera puedan servir para informar sobre una posterior identificación y análisis de opciones para la aplicación de políticas tendientes a mitigar las emisiones de GEI.

Las estimaciones históricas sobre emisiones de GEI (1990 a 2005) se elaboraron usando una serie de principios y lineamientos generalmente aceptados para los inventarios estatales de emisiones de GEI tal como se describe en la sección titulada "Enfoque", a continuación. Para estas estimaciones se consideraron datos y cifras específicos sobre Chihuahua en la medida de lo posible. Las proyecciones iniciales de los casos de referencia (2006-2025) se sustentan en una compilación de diversas proyecciones sobre la producción de energía, el consumo de combustible y otras actividades generadoras de GEI en Chihuahua, además de un grupo de sencillos y elementales supuestos que se describen en los apéndices de este informe. Mientras que 2005 es comúnmente el año con los datos históricos más recientes, existen algunas fuentes para los cuales se aplica un año diferente; no obstante, el inventario histórico será comúnmente mencionado aquí como el periodo de 1990 a 2005. Los apéndices por nivel de sector proporcionan los detalles sobre las fuentes de datos y los años aplicables de disponibilidad.

Este informe comprende los seis tipos de gases que se incluyen en el inventario nacional de GEI de México y en el informe internacional de GEI conforme al Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y hexafluoruro de azufre (SF₆). Las emisiones de estos GEI se presentan usando una métrica común, el CO₂ equivalente (CO₂e), la cual indica la aportación relativa de cada gas, por masa unitaria al forzamiento radiativo global promedio con base en el potencial de calentamiento global (PCG) ponderado.⁸

⁸ Los cambios en las concentraciones atmosféricas de GEI pueden alterar el equilibrio de las transferencias de energía entre la atmósfera, el espacio, la tierra y los océanos. Una forma de medir estos cambios se denomina forzamiento radiativo, el cual es una sencilla medida de los cambios en la energía disponible en el sistema Tierra atmósfera (IPCC, 1996). Siempre y cuando todo lo demás sea constante, los aumentos en las concentraciones de GEI en la atmósfera producirán un forzamiento radiativo positivo (es decir, un incremento neto en la absorción de energía por parte de la Tierra), <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>. Las estimaciones de CO₂ presentadas en este reporte se basan en los valores de PCG previstos en el Segundo Reporte de Evaluación del IPCC (SAR).

Cabe mencionar que las estimaciones preliminares sobre emisiones representan las *emisiones de GEI relacionadas con las fuentes de electricidad que se usan para satisfacer las demandas de Chihuahua*, las cuales corresponden a una contabilización de emisiones basada en el consumo (ver abajo la sección titulada "Enfoque"). Otra manera de examinar las emisiones eléctricas es considerando las *emisiones de GEI que producen las plantas generadoras de electricidad en el Estado*. El presente informe contempla ambos métodos de contabilización de emisiones, pero con el fin de darle consistencia y claridad a los datos, todos los resultados totales mostrados en los cuadros de resumen y en gráficos se reportan usando cifras *basadas en el consumo*.

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chihuahua: Fuentes y Tendencias

El Cuadro 1 presenta un resumen de las emisiones de GEI para Chihuahua por sector calculadas para los años 1990, 2000, 2005, 2010, 2020 y 2025. En él se presentan los resultados del inventario y proyección de emisiones GEI de acuerdo a cuatro formas de contabilidad: 1) emisiones por consumo, 2) emisiones por producción, 3) emisiones netas, 4) emisiones brutas. El tipo de contabilidad se especifica en cada figura y cuadro. Adicionalmente, es importante resaltar que las comparaciones con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) se hicieron en base de la contabilidad de las emisiones brutas por producción para ser consistentes con la presentación de los resultados por los autores del INEGEI.

Los detalles sobre los métodos y las fuentes de datos que se usaron para elaborar las estimaciones se presentan en los apéndices de este informe. En las siguientes secciones se ofrece un breve planteamiento sobre las fuentes de emisión de GEI (emisiones positivas, o *brutas*) y de los sumideros (emisiones negativas) por separado, a fin de identificar claramente las tendencias e incertidumbres de cada uno. Un cálculo de emisión neta incluye ambos, fuentes y sumideros de GEI.

En esta próxima sección del informe se presenta un resumen de las emisiones históricas (1990 a 2005), seguido de un resumen de las emisiones de los años proyectados en los casos de referencia (2006 a 2025) y las incertidumbres principales. Posteriormente se plantea una descripción general de la metodología general, los principios y los lineamientos que se siguieron para elaborar los inventarios. En los Apéndices A al H se exponen los métodos detallados, las fuentes de datos y los supuestos de cada sector generador de GEI.

Emisiones Históricas

Descripción General

Los análisis preliminares sugieren que en el 2005, las actividades en Chihuahua contabilizaron aproximadamente 20.0 millones de toneladas métricas de emisiones de CO₂e (MTmCO₂e), una cantidad equivalente a alrededor del 3.0% de las emisiones de GEI en México (con base en las emisiones nacionales del 2005).⁹ Las emisiones brutas de GEI en Chihuahua están aumentando a un ritmo poco menor que las del país en general (las emisiones brutas excluyen los sumideros de carbono, como los bosques). Las emisiones brutas de GEI en Chihuahua aumentaron de 27% de 1990 al 2005, mientras que las emisiones nacionales se elevaron un 31% en ese mismo lapso.

⁹ La comparación con los resultados nacionales proviene de la publicación oficial titulada: *México, Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México: INE-SEMARNAT, 2006. Disponible en www.ine.gob.mx. Los valores de las emisiones anuales fueron del orden de 498,747.57 y 618,072 giga gramos en 1990 y 2002, respectivamente. Las emisiones del 2005 se obtuvieron a partir de estos valores, con un resultado de 655,476.60 giga gramos.

En la Figura ES-1 se comparan las emisiones per cápita y por unidad de derrama económica en México y en el Estado.¹⁰ En una base per cápita, Chihuahua emitió aproximadamente 5.9 toneladas métricas brutas de CO₂e (MTmCO₂e) en 1995, 2% menor que el promedio nacional de 6.0 MTmCO₂e en 1995. Las emisiones per cápita en Chihuahua aumentaron ligeramente a 6.2 MTmCO₂e en el 2005, mientras que las emisiones per cápita a nivel nacional aumentaron solamente 6.4 MTmCO₂e en el mismo año. El crecimiento económico de Chihuahua excedió el aumento de las emisiones para el periodo de 1995-2000 dando como resultado la disminución en emisiones de GEI por unidad de producto estatal.

En la Figura 2 se comparan las emisiones brutas de GEI basadas en producción de Chihuahua con las emisiones de todo México en el 2005, conforme a los sectores productivos que considera el Instituto Nacional de Ecología (INE). La principal fuente de emisiones de GEI en Chihuahua es el uso de energía. El uso de energía incluye actividades tales como la generación de energía, transporte, producción de combustibles fósiles y exploración, así como el consumo combustibles primarios residencial, comercial e industrial (Ej. gasolina, diesel, carbón, gas natural, gas licuado de petróleo). En el 2005, el sector energético representó el 72% de las emisiones totales de GEI en el estado de Chihuahua. A nivel nacional, el sector eléctrico representó un 63% de las emisiones brutas de GEI en el 2005.

Cuadro 1. Emisiones de GEI Históricas y de Casos de Referencia en Chihuahua por Sector

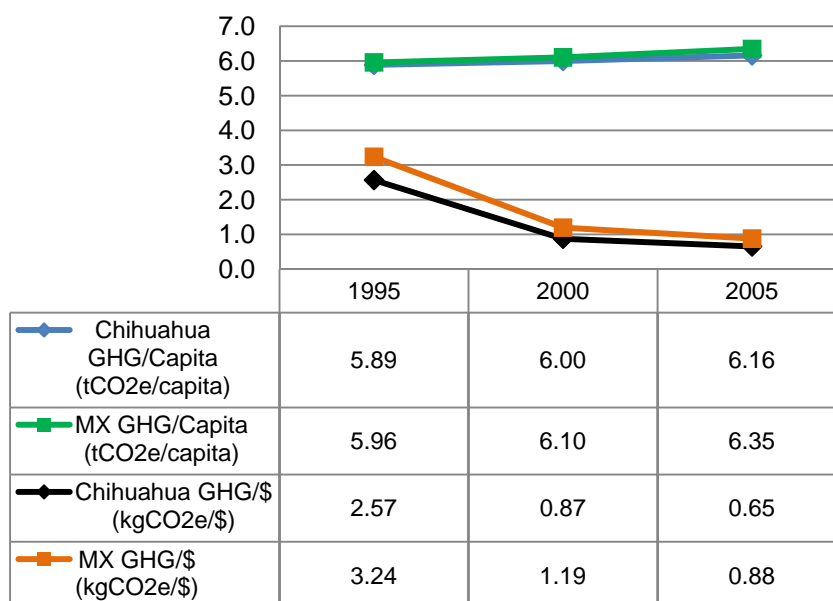
| (Millones de Toneladas Métricas de CO ₂ e) | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| En base al Consumo Energético | 9.9 | 12.2 | 13.2 | 14.0 | 16.7 | 18.1 | 20.7 | 24.1 |
| En base al Consumo Eléctrico | 4.02 | 5.34 | 5.83 | 5.91 | 6.86 | 6.98 | 8.52 | 10.79 |
| En base a la Producción de Electricidad | 4.31 | 4.04 | 5.96 | 6.20 | 5.55 | 8.22 | 7.19 | 7.55 |
| Gas/Diesel | 0.23 | 0.25 | 0.20 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Gas Natural | 0.79 | 0.94 | 2.83 | 3.67 | 3.98 | 7.42 | 7.19 | 7.55 |
| Combustóleo | 3.29 | 2.85 | 2.93 | 2.51 | 1.57 | 0.81 | 0.00 | 0.00 |
| Electricidad Neta Importada | -0.30 | 1.29 | -0.13 | -0.29 | 1.31 | -1.24 | 1.33 | 3.24 |
| Res/Com/Ind (RCI) | 2.52 | 2.53 | 2.86 | 2.37 | 2.58 | 2.76 | 2.96 | 3.25 |
| Gas/Diesel | 0.08 | 0.19 | 0.22 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.06 |
| Gasolina: Motor | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Gas Licuado de Petróleo | 1.40 | 1.37 | 1.09 | 0.94 | 0.84 | 0.78 | 0.74 | 0.71 |
| Gas Natural | 1.01 | 0.93 | 1.39 | 1.18 | 1.46 | 1.68 | 1.90 | 2.20 |
| Combustóleo | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.14 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.23 |
| Biocombustibles Sólidos: Leña | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 |
| Transporte | 3.37 | 4.36 | 4.49 | 5.60 | 7.02 | 8.12 | 8.98 | 9.85 |
| Transportación Carretera-Gasolina | 1.95 | 2.88 | 3.05 | 3.84 | 4.57 | 5.26 | 5.77 | 6.29 |
| Transportación Carretera-Diesel | 0.96 | 1.13 | 0.97 | 1.37 | 2.10 | 2.49 | 2.81 | 3.14 |
| Transportación Carretera-GLP | 0.02 | 0.05 | 0.21 | 0.20 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| Transportación Carretera-Gas Nat. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 |
| Aviación | 0.22 | 0.11 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ferrocarril | 0.22 | 0.19 | 0.19 | 0.20 | 0.26 | 0.29 | 0.31 | 0.33 |
| Industria de Combustibles Fósiles | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.11 | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.22 |
| Transmisión de Gas Natural | 0 | 0 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Distribución de Gas Natural | 0 | 0 | 0.04 | 0.11 | 0.19 | 0.20 | 0.20 | 0.21 |
| Procesos Industriales | 0.98 | 1.17 | 1.59 | 2.10 | 2.25 | 2.64 | 3.04 | 3.44 |
| Producción de Cemento | 0.18 | 0.24 | 0.30 | 0.42 | 0.62 | 0.78 | 0.93 | 1.09 |
| Producción de Hierro y Acero | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.65 | 0.61 | 0.72 | 0.83 | 0.94 |
| Uso de Piedra Caliza y Dolomita | 0.32 | 0.45 | 0.77 | 0.87 | 0.81 | 0.91 | 1.01 | 1.12 |
| Sustitutos SDO | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.20 | 0.24 | 0.27 | 0.30 |
| Manejo de Residuos (Bruto) | 0.73 | 0.82 | 0.91 | 1.02 | 0.89 | 0.88 | 0.93 | 1.03 |

¹⁰ Datos históricos de población disponibles del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Se contó con las proyecciones de población por parte de la Comisión Nacional de Población (CONAPO).

| (Millones de Toneladas Métricas de CO ₂ e) | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
| Aguas Residuales Domesticas | 0.29 | 0.34 | 0.37 | 0.39 | 0.40 | 0.42 | 0.43 | 0.45 |
| Aguas Residuales Industriales | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Rellenos Sanitarios | 0.33 | 0.37 | 0.41 | 0.46 | 0.33 | 0.30 | 0.34 | 0.42 |
| Quema a Cielo Abierto | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.15 |
| Almacenamiento de Carbono en Relleno Sanitario | -0.08 | -0.08 | -0.10 | -0.09 | -0.10 | -0.11 | -0.12 | 0.00 |
| Agricultura | 3.64 | 3.46 | 2.38 | 2.55 | 2.76 | 3.00 | 3.27 | 3.54 |
| Fermentación Entérica | 2.23 | 2.19 | 1.39 | 1.54 | 1.70 | 1.88 | 2.08 | 2.26 |
| Manejo de Estiércol | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.07 |
| Suelos Manejados | 1.35 | 1.21 | 0.96 | 0.97 | 1.02 | 1.07 | 1.13 | 1.21 |
| Silvicultura y Uso de Suelo | -7.09 | -7.65 | -6.52 | -7.85 | -8.36 | -8.36 | -8.36 | -8.36 |
| Forestal (flujo de carbono) | -7.24 | -7.69 | -6.57 | -7.75 | -8.31 | -8.31 | -8.31 | -8.31 |
| Incendios Forestales (sin emisiones de CO ₂) | 0.15 | 0.06 | 0.06 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Cultivos Leñosos | 0.01 | -0.02 | -0.01 | -0.10 | -0.06 | -0.06 | -0.06 | -0.06 |
| Emisiones Brutas (en base al consumo) | 15.40 | 17.74 | 18.18 | 19.67 | 22.57 | 24.60 | 27.94 | 32.13 |
| <i>Incremento relativo a 1990</i> | 0% | 15% | 18% | 28% | 47% | 60% | 81% | 109% |
| Sumideros para Emisiones | -7.32 | -7.78 | -6.67 | -7.85 | -8.41 | -8.42 | -8.43 | -8.31 |
| Emisiones Netas (incl. silvicultura*) | 8.09 | 9.96 | 11.51 | 11.83 | 14.16 | 16.18 | 19.50 | 23.82 |
| <i>Incremento relativo a 1990</i> | 0% | 23% | 42% | 46% | 75% | 100% | 141% | 195% |
| Emisiones Brutas (en base a la producción) | 15.70 | 16.45 | 18.31 | 19.97 | 21.26 | 25.85 | 26.61 | 28.89 |
| <i>Incremento relativo a 1990</i> | 0% | 5% | 17% | 27% | 35% | 65% | 69% | 84% |
| Emisiones Netas (incl. silvicultura*) | 8.38 | 8.67 | 11.64 | 12.12 | 12.85 | 17.42 | 18.18 | 20.58 |
| <i>Incremento relativo a 1990</i> | 0% | 3% | 39% | 45% | 53% | 108% | 117% | 145% |

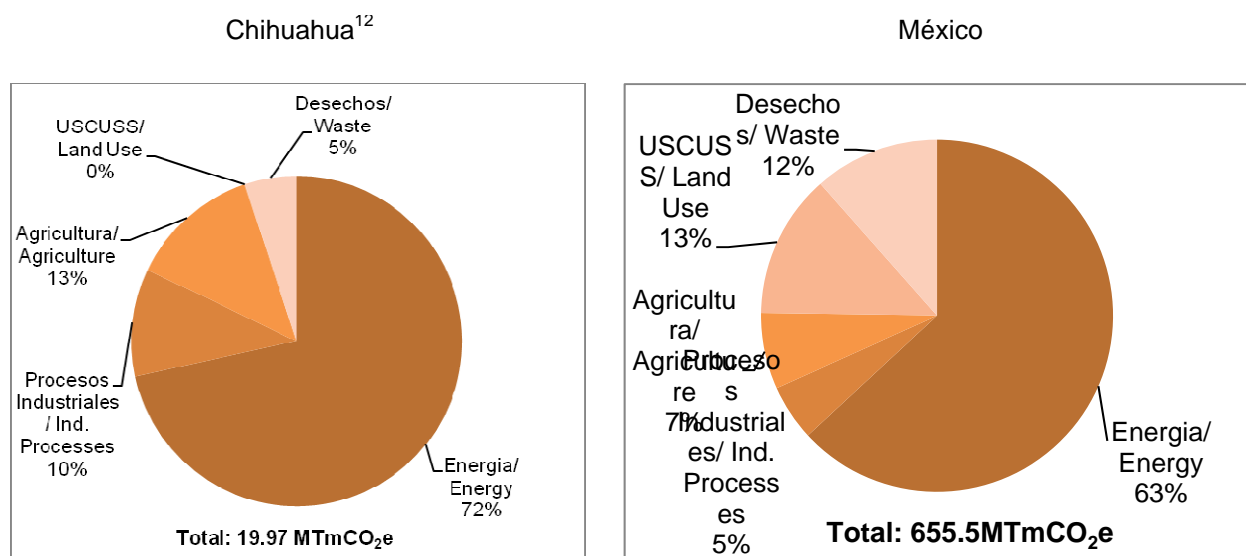
Nota: Pudiera que los totales no den la suma exacta de los subtotales mostrados en este cuadro debido al redondeo independiente.

Figura 1. Emisiones brutas de GEI Históricas Basadas en Producción en Chihuahua y en México, per cápita y por Unidad de Derrama Económica en Dólares ¹¹



¹¹ Actividad económica expresada en valores del 2006. Información extraída de INEGI y Banco de Información Económica.

Figura 2. Emisiones Brutas de GEI Basadas en Producción en Chihuahua y México en el 2005 por Sector



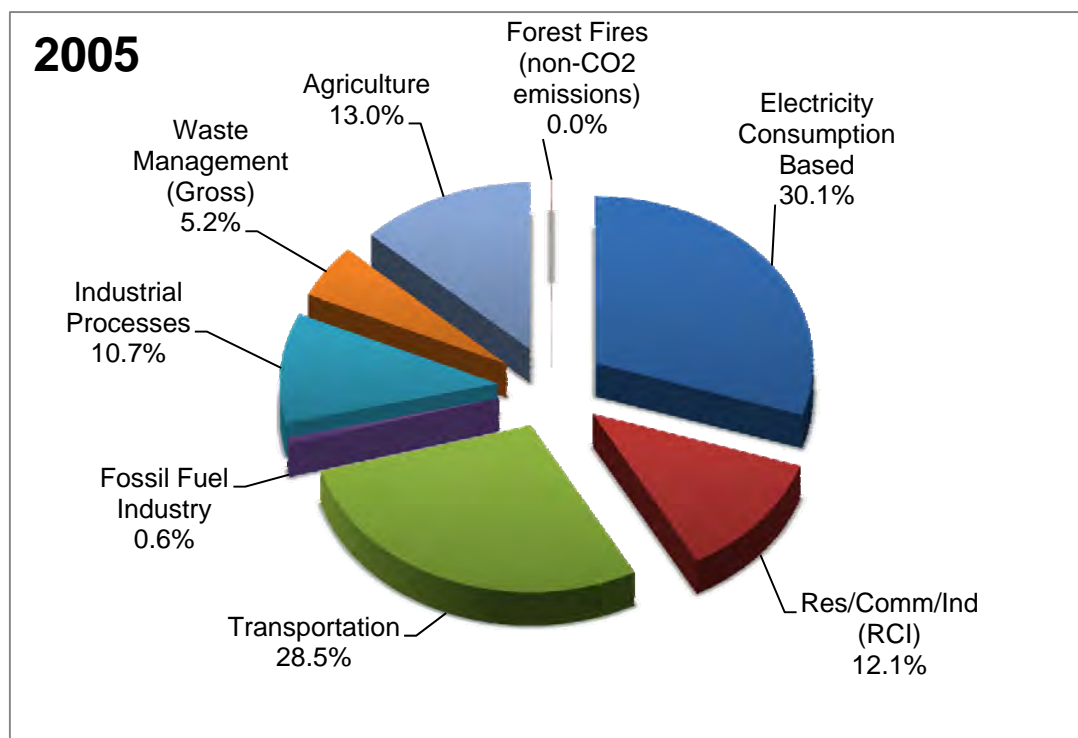
Los resultados del resumen en este inventario y proyección para Chihuahua se presentan con un desglose adicional de las fuentes de emisiones en comparación con los resultados del resumen del *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero* elaborado por el INE. En el Cuadro 2 se presenta la correspondencia entre los sectores generadores de GEI que considera Chihuahua y el INE, mientras que en la Figura 3 se muestra la distribución de emisiones por sectores de actividad en Chihuahua para el año 2005.

Cuadro 2. Correspondencia entre los Sectores Generadores de GEI entre el INE y Chihuahua

| INE | Chihuahua |
|--|---|
| Energía / Energy | Electricidad (Basada en el Consumo) |
| Energía / Energy | Industria de Combustibles Fósiles |
| Energía / Energy | Consumo de Combustibles RCI |
| Energía / Energy | Transporte Carretero/Gasolina |
| Energía / Energy | Transporte Carretero/Diesel |
| Energía / Energy | Aviación |
| Agricultura / Agriculture | Agricultura |
| Procesos Industriales / Ind. Processes | Sustitutos de SDO |
| Procesos Industriales / Ind. Processes | Otros Procesos Industriales |
| Desechos / Waste | Manejo de Desechos |
| USCUSS / Land Use (Uso de Suelo) | Forestales y por uso de suelo (emisiones netas) |

¹² Trabajo adicional para mejorar el flujo de carbono debido al uso y cambios en el uso de suelo a uso de suelo (USCUSS) podría dar como resultado diferencias sustanciales en las estimaciones presentadas en este informe. Debido a la limitada información, las actuales estimaciones se enfocan en el flujo de carbono dentro de usos de suelo seleccionados excluyendo las pérdidas de carbono como consecuencia de la deforestación (Ej. Cuando el suelo forestal es convertido a suelo de cultivo).

Figura 3. Emisiones Brutas de GEI en Chihuahua por Sector, 2005



Un Análisis Minucioso a los Dos Sectores Principales: Suministro Eléctrico y Transporte

Sector de Suministro Eléctrico

En 2005, las emisiones relacionadas con el sector eléctrico representaron el 30% de las emisiones brutas del estado de Chihuahua. El consumo de electricidad en Chihuahua en 2005 dio como resultado un 5.9 MTmCO₂e de las emisiones de GEI, 6.2 MTmCO₂e fue la producción estatal y 0.3 MTmCO₂e de la electricidad fue exportada. En 2007, tres plantas de ciclo combinado (Samaluyuca II, Chihuahua y Chihuahua II) generaron el 79 % de la electricidad del estado por medio del uso de gas natural; el 16 % de la electricidad del estado fue generada en instalaciones termales convencionales por la mezcla de combustóleo, diesel y gas natural y solo el 4% de la electricidad fue importada de otros estados mexicano, así como de los proveedores Rio Grande Cooperative y American Electric Power en los EE.UU.

Se estima que las emisiones relacionadas con el consumo de electricidad aumenten a 10.8 MTmCO₂e en 2025, un 83% de incremento sobre las emisiones de 2005. Se espera que el gas natural permanezca como la fuente dominante de combustible para el sector eléctrico en Chihuahua, representando de esta manera el 100% de la producción de electricidad en el estado para el 2025.

Sector de Transporte

El sector transporte en Chihuahua incluye: transporte carretero, embarcaciones marítimas, ferrocarril y aviación. Durante los años del inventario (1990 al 2005) las emisiones totales provenientes del transporte incrementaron un 67% alcanzando las 5.6 MTmCO₂e en 2005. Las

actividades más importantes dentro del sector transporte que generaron mayores cantidades de emisiones de GEI fueron aquellas relacionadas con la combustión de gasolina y diesel en carretera representando de esta manera el 93% de las emisiones totales del transporte en 2005.

En el 2025, las emisiones provenientes del sector transporte se espera que sean del orden de 9.9 MTmCO₂e representando un 194% de incremento con relación a 1990. Las emisiones generadas por el transporte en carretera se espera que contabilicen el 97% del total de las emisiones del sector transporte para el 2025. Las emisiones por parte del sector aviación bajaron a cero en 2002 y se estima que representen emisiones insignificantes en el total del sector transporte para el 2025, 6% por debajo de 1990. Las emisiones por parte del sector ferrocarril se espera que contabilicen el 3% de las emisiones totales del sector transporte en 2025, 7% por debajo de 1990.

Proyecciones de Casos de Referencia

Tomando como base diversas fuentes para las proyecciones como se menciona posteriormente y en los apéndices, el CCS desarrolló una sencilla proyección de casos de referencia de las emisiones de GEI hasta el 2025. Tal como se ilustra en la Figura 4 y se demuestra numéricamente en el Cuadro 1, según las proyecciones de los casos de referencia, las emisiones brutas de GEI en Chihuahua continúan aumentando constantemente, elevándose hasta unos 32.1 MTmCO₂e en el año 2025, un 109% por encima de los niveles de 1990. Lo anterior equivale a un índice de crecimiento anual del 2.1% para el periodo de 1990 hasta el 2025.

La Figura 4 muestra las estimaciones del inventario y las proyecciones de los casos de referencia de todos los sectores. Las contribuciones por sector a las emisiones brutas de GEI aparecen en la Figura 5 en la cual se presentan además las estimaciones de las contribuciones al aumento en las emisiones brutas de GEI en el inventario (1990-2005) y la proyección de los casos de referencia (2005-2020). Los mayores aumentos en las emisiones de los periodos 1990-2005 y 2005-2020 se reflejan en los sectores de transporte y después de 2005, del suministro de electricidad. El Cuadro 3 resume los índices de crecimiento que rigen el crecimiento en las proyecciones de casos de referencia en Chihuahua, así como las fuentes de datos.

Figura 4. Emisiones Brutas de GEI Basadas en Producción en Chihuahua por sector, 1990-2025

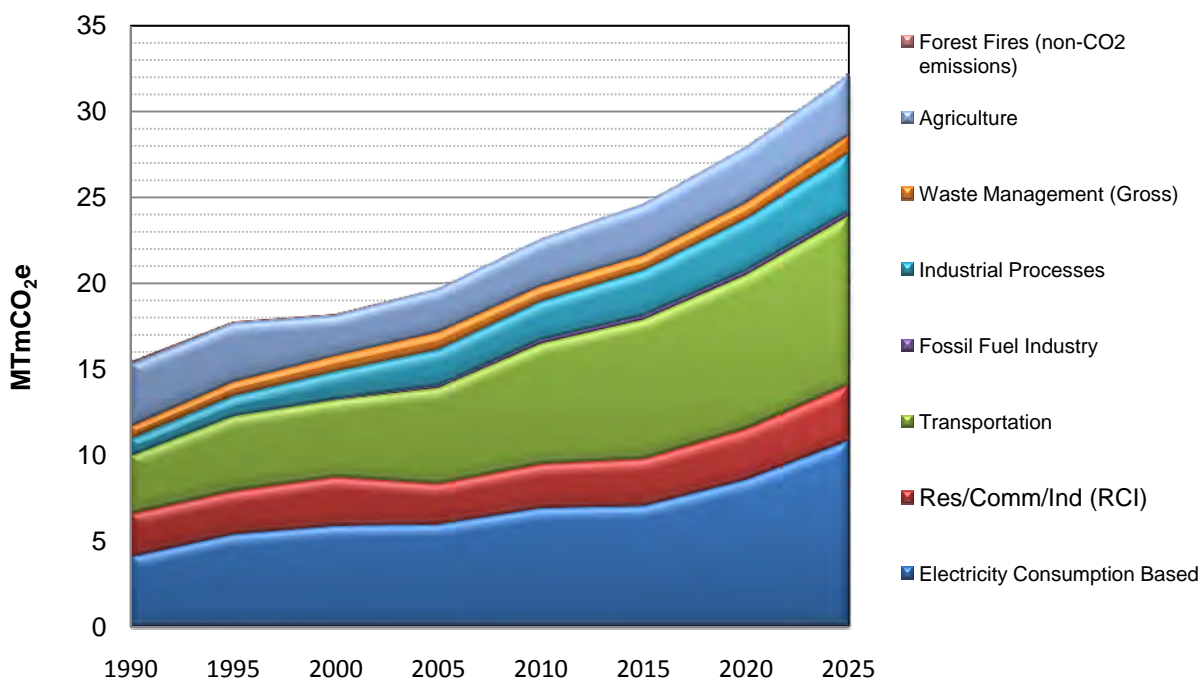
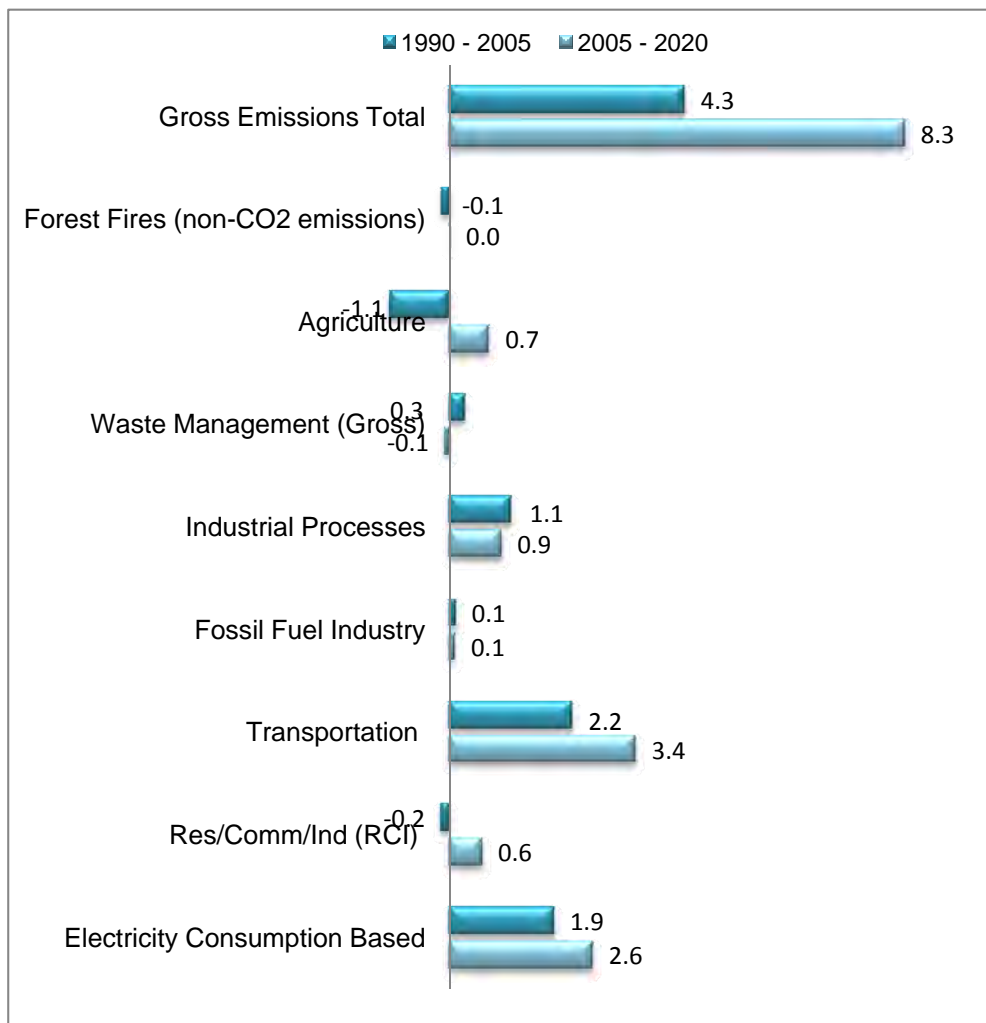


Figura 5. Contribuciones por Sector al Aumento en las Emisiones Brutas en Chihuahua, 1990-2020



Res/Com – consumo directo de combustible en sectores residenciales y comerciales. SDO – sustancia destructora del ozono. Las emisiones relacionadas con otros procesos industriales incluyen todas las industrias identificadas en el Apéndice D, con excepción de las emisiones relacionadas con los sustitutos de las SDO que se muestran por separado en esta gráfica. Los datos sobre los estados de EE.UU. indican que se espera un alto nivel de crecimiento en las emisiones para los sustitutos de las SDO. Las emisiones generadas por los incendios forestales-incluyen solamente emisiones de metano y óxido nítrico. Las emisiones generadas por el manejo de residuos excluyen el almacenamiento de carbono en rellenos sanitarios.

Cuadro 3. Índices Principales de Crecimiento Anual Históricos y Proyectados para Chihuahua

| Datos de Actividad | Periodo | Índice Anual Medio (%) | Fuentes |
|-------------------------|-------------|------------------------|--|
| Población | 1990 – 2005 | 1.91 | Población Histórica, INEGI |
| | 2005 - 2025 | 0.76 | Población proyectada, SEDESOL |
| Demanda de Electricidad | 1990 – 2007 | 2.76 | SENER: <i>Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017</i> |
| | 2008 - 2017 | 1.83 | |
| Diesel | 1990 – 2007 | 3.86 | Sistema de Información Energética, PEMEX |
| Gasolina | 1990 – 2007 | 4.61 | Sistema de Información Energética, PEMEX |
| Turbosina | 1990 – 2002 | -1.86 | Sistema de Información Energética, PEMEX |
| Padrón Vehicular | 1990 – 2007 | 4.10 | INEGI. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación |
| Población Pecuaria | 1990 – 2005 | -1.00 | SIACON |
| Producción de Cultivos | 1990 – 2005 | 4.52 | SIACON |

Incertidumbres Principales y Pasos Siguietes

Existen algunas lagunas de información en este inventario, particularmente con respecto a las proyecciones de los casos de referencia. Las tareas primordiales para resolver dichas lagunas consisten en analizar y actualizar la información sobre los generadores de emisiones, como la demanda de electricidad proveniente del combustóleo, la importación de energía eléctrica y la electricidad de las plantas hidroeléctricas. Contar con información adicional sobre la segregación del consumo de diesel en el estado por modalidad de transporte (marítimo, ferroviario, carretero) por años de inventario puede ayudar a reducir la incertidumbre en cuanto a las emisiones proyectadas. Los datos históricos de la actividad relacionados con la producción de cemento, la producción de cal y el uso de piedra caliza, también podrían ayudar a reducir la incertidumbre relacionada con las estimaciones de las proyecciones.

Aún es necesario realizar más trabajo para: depurar las estimaciones sobre el secuestro de carbono de zonas arboladas; agregar las estimaciones sobre secuestro de carbono en zonas forestales; agregar el flujo carbono en suelos agrícolas; y agregar el flujo neto de carbono relacionado con otros cambios en el uso de suelo (Ej. pérdidas/ganancias en superficies boscosas). Tal como se describe en el Apéndice H, la falta de datos para captar el flujo neto de carbono debido al cambio de uso de suelo es un área clave para trabajo futuro. Los cálculos actuales de sumideros netos de carbono en el sector forestal podrían cambiar dramáticamente una vez que las emisiones provenientes del cambio de uso de suelo sean cuantificadas debido a las pérdidas históricas y futuras de áreas forestales.

Los índices de crecimiento aplicados se rigen por inciertas tendencias económicas, demográficas y de uso de suelo (incluyendo patrones de crecimiento e impactos al sistema de transporte) las cuales merecen un análisis y consideración más minuciosos. Dichas tendencias se mencionan en el Cuadro 3. En los apéndices por sector se presentan más detalles sobre las incertidumbres

principales y los pasos a seguir que se sugieren para depurar las estimaciones planteadas en este informe.

Enfoque

La meta principal de la compilación de los inventarios y las proyecciones de los casos de referencia presentados en este documento es ayudar al Estado de Chihuahua con un conocimiento general de las emisiones de GEI histórico, actual y proyectado (previstas). En las siguientes secciones se explica la metodología general y los principios y lineamientos que se siguieron en el desarrollo de estas estimaciones sobre GEI en Chihuahua.

Metodología General

La meta global de este esfuerzo era presentar estimaciones sencillas y claras, haciendo hincapié en su solidez, consistencia y transparencia. Por lo tanto, el CCS se basó, en lo posible, en proyecciones de referencia de las mejores fuentes nacionales, estatales y regionales de las que se pudo disponer. En general, los datos de proyección se limitaron al área de consumo y producción de energía. Para los sectores no-energéticos, el CCS recurrió al análisis sencillo de hojas de cálculo y extrapolaciones constantes de los índices de crecimiento de las tendencias históricas, en lugar de usar un complicado modelaje para emisiones futuras.

El CCS adoptó enfoques similares para la contabilización de emisiones para los inventarios históricos tal como lo recomendó el INE en su inventario¹³ nacional de emisiones de GEI y en sus lineamientos para las entidades federativas. Estos lineamientos para los inventarios están fundamentados en las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el organismo internacional responsable del desarrollo de métodos coordinados para la realización de inventarios nacionales de GEI.¹⁴ Cualquier excepción a este enfoque está identificada en el apéndice del sector aplicable con una razón provista para la selección de métodos alternativos o fuentes de datos. Estos métodos de inventarios proveen flexibilidad tomando en cuenta las condiciones locales. Un resumen de las fuentes claves de los datos del inventario y métodos generales usados en el Cuadro 4 junto con métodos comparativos usados para desarrollar el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI). El lector deberá consultar el apéndice del sector relacionado para el detalle de los métodos y las fuentes de datos usadas para el desarrollo de las emisiones de inventario y proyección.

¹³ INE. *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, 2006 <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/637-cpcc-comnal-3>.

<http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>.

¹⁴ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>.



Cuadro 4. Fuentes Principales de Datos y Comparación con los Métodos de Inventarios Nacionales

| Sector | Fuentes Claves de Datos | Método | Comparación con el INEGI |
|---|---|---|---|
| Suministro y Consumo de Electricidad | SENER y CFE: sector a nivel estatal-basado en datos sobre consumo de electricidad; INEGI: datos sobre la generación de electricidad a nivel estatal | IPCC 2006, Método de Nivel 1 donde el consumo de combustible es multiplicado por los factores de emisión por defecto. | IPCC1996, Método de Nivel 1; datos sobre la producción nacional de electricidad de la SENER. |
| Quema de combustible en sectores Residencial, Comercial, e Industrial (RCI) | SENER: consumo de combustible a nivel estatal para los sectores RCI | IPCC 2006, Método Nivel 1 donde el consumo de combustible es multiplicado por los factores de emisión por defecto. | IPCC 1996, Método Nivel 1; consumo de combustible a nivel nacional de la SENER. |
| Uso de Energía en el Transporte | SENER: Consumo de combustible a nivel estatal por tipo de combustible SCT: Estadísticas estatales usadas para asignar ventas de combustibles a usos finales (Ej. Infraestructura ferroviaria, movimiento de carga nacional por agua) | IPCC 2006, Método Nivel 1 donde el consumo de combustible es multiplicado por los factores de emisión por defecto. | IPCC 1996, Método Nivel 1; la SENER proporcionó datos sobre el consumo de combustible para todas las fuentes excepto aeronaves. IPCC 1996, Método Nivel 2 para aviación basado en estadísticas de aterrizajes y despegues. |
| Procesos Industriales y Uso de Productos | CANACEM: Producción nacional de cemento asignada a nivel estatal como una función de población. | IPCC 2006, Método Nivel 1, donde la producción de cemento se multiplica por el factor de emisión por defecto. | IPCC 1996, Método Nivel 1; datos nacionales sobre la producción de cemento de la CANACEM. |
| | Servicio Geológico Mexicano: producción de minerales por estado | IPCC 2006, el consumo de Nivel 1 se multiplica por el factor de emisión por defecto. El consumo se obtiene a través del balance de masa usando la producción estatal. | IPCC 1996, Método Nivel 1 donde la producción de minerales del Servicio Geológico Mexicano se multiplica por el factor de emisión por defecto. El consumo se obtiene a través del balance de masa usando los datos de producción nacional y de importación/exportación. |
| | INEGI: datos de registro de vehículos y factores de emisión del IPCC para emisiones de HFC como originalmente se | IPCC: las emisiones de HFC –el número de unidades móviles de aire acondicionado (AC) se multiplica por el | IPCC1996, El método Nivel 1 donde los HCF fugitivas son calculados a través del balance de masa usando los datos |

| Sector | Fuentes Claves de Datos | Método | Comparación con el INEGI |
|-----------------------------------|--|--|---|
| | desarrolló por el Centro Mario Molina, Inventario Estatal de Emisiones de GEI del Estado de Chihuahua, 2005 | factor de emisión por defecto del IPCC. | de la producción nacional, importaciones y exportaciones. |
| Industria de Combustibles Fósiles | SENER, PEMEX, CRE: datos sobre infraestructura de producción, transmisión y distribución (Ej. Tubería de transmisión y distribución a nivel estatal, compresores de gas, instalaciones para almacenamiento) | EPA, Método SIT, donde la infraestructura de la industria de combustibles fósiles se multiplica por los factores de emisión promedio de la industria de EE.UU. | IPCC1996, Método Nivel 1, donde los datos de la producción nacional de PEMEX se multiplican por los factores de emisión por defecto. |
| Agricultura | SAGARPA - SIACON: datos sobre la producción de cultivos y ganado a nivel estatal, Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes: Datos sobre la aplicación de fertilizantes | IPCC 2006, Método Nivel 1 y factores de emisión. | Directrices del IPCC 1996 y 2003 y datos nacionales de SAGARPA-SIACON Un número de factores de emisión fueron los actualizados con base en los estudios de campo realizados en México. |
| Manejo de Residuos | SEDESOL: datos sobre la generación de residuos sólidos a nivel estatal CONAGUA: datos sobre tratamiento de aguas residuales domesticas a nivel estatal | IPCC 2006, Método Nivel 1 y factores de emisión. | IPCC1996, Método Nivel 1 con datos nacionales de SEDESOL para la generación de residuos sólidos. |
| Silvicultura y Uso de Suelo | Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO): áreas forestadas totales por estado. SEMARNAT- CONAFOR: cosecha de Madera, incendios forestales y hectáreas enfermas por estado. SIACON: Numero de acres de cultivos de arboles perennes. | IPCC 2006, Método Nivel 1. El CCS depende de las estadísticas de cobertura forestal de la FAO y en la cobertura de cultivos de madera de la SIACON. La evaluación del CCS contempla los flujos de carbono en categorías selectas de uso de suelo debido a las prácticas de uso de suelo. | Métodos del IPCC 2003. El INE evaluó los flujos de carbono con base en los mapas digitales nacionales (mapas de vegetación del INEGI, 1993, 2003). La evaluación del INE contempla los flujos de carbono en categorías selectas de prácticas de uso de suelo y cambios en el uso del mismo. |

Principios y Lineamientos Generales

Una parte primordial de este esfuerzo tiene que ver con el establecimiento y uso de principios contables generalmente aceptados para la evaluación de las emisiones históricas y proyectadas de GEI, como se señala a continuación:

- **Transparencia:** El CCS reportó las fuentes de datos, los métodos y los supuestos claves con el fin de que se pueda realizar un análisis y se abran oportunidades para hacer modificaciones posteriormente, con base en las aportaciones de otras entidades. Asimismo, en caso de existir incertidumbre importantes, estas se reportan en el informe.
- **Consistencia:** En la medida posible, el inventario y las proyecciones se diseñaron para que tuvieran consistencia externa con los sistemas estatales y nacionales actuales o futuros de presentación de informes sobre GEI. En casi todos los sectores, el CCS uso las metodologías del IPCC y puso especial atención a la manera en que estas fueron adaptadas en México para satisfacer sus necesidades. Estas estimaciones iniciales se aumentaron y/o modificaron en caso necesario para ajustarlas a los inventarios estatales y a las necesidades de las proyecciones de los casos de referencia (Ej. necesidades de análisis de planeación de mitigación de GEI). Con el propósito de lograr consistencia al hacer las proyecciones de los casos de referencia, el CCS definió las acciones de los casos de referencia para fines de las proyecciones como *aquellas que actualmente se realizan o razonablemente se prevén durante el lapso del análisis*.
- **Prioridad a las fuentes de datos estatales y locales existentes:** Al recabar los datos, en caso de haber controversia entre las distintas fuentes, el CCS concedió mayor prioridad a los datos y análisis locales y estatales, seguido por las fuentes regionales con los datos nacionales o supuestos simplificados, como la extrapolación lineal constante de las tendencias usadas por defecto cuando sean necesarias.
- **Prioridad a las fuentes de emisiones significativas:** En general, a las fuentes con niveles de emisiones relativamente bajos se les prestó menos atención que a las que generaron mayores contribuciones de GEI.
- **Cobertura Integral de Gases, Sectores, Actividades Estatales, y Periodos de Tiempo:** El presente análisis tiene la intención de abordar ampliamente las emisiones/los sumideros de GEI relacionados con las actividades en Chihuahua, por lo cual comprende los seis GEI señalados en las directrices del IPCC y reportados en los inventarios nacionales: CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFCs, y PFCs. Las estimaciones de los inventarios corresponden al año 1990, incluyéndose los años posteriores hasta la fecha más reciente (normalmente de 2005 a 2007). La proyección para cada fuente inicia al año siguiente del más reciente inventario y se extiende por cada año hasta el 2025.
- **Uso de Estimaciones Basadas en el Consumo:** El CCS calculó las emisiones generadas por las actividades que se realizan en Chihuahua para el sector de suministro de electricidad. La explicación sobre el uso de este método común de informar es que éste refleja de manera más precisa el impacto de las estratégicas políticas basadas en datos estatales tendientes a la eficiencia energética en las emisiones globales de GEI. Aunque este es un enfoque común para el desarrollo de los inventarios de GEI locales y estatales, puede diferir en cómo algunos inventarios son compilados cuando se basan en la producción estatal, en particular en el caso de la electricidad.

Como se mencionó anteriormente, el CCS calculó las emisiones relacionadas con la electricidad *consumida* en Chihuahua, lo cual implica contabilizar las fuentes de electricidad que usan los organismos operadores de Chihuahua para satisfacer las demandas de sus usuarios. A medida

que se depure posteriormente este análisis, se podría intentar también calcular otras emisiones sectoriales sobre la base del consumo, como por ejemplo contabilizar las emisiones derivadas del combustible que se usa en Chihuahua para el transporte, pero tomando en cuenta también las emisiones generadas por la extracción, refinación y distribución (algunas de las cuales se presentan fuera del estado). En este ejemplo, lo que se plantea puede implicar aventurarse en el terreno relativamente complejo del análisis de los ciclos de vida útil. En general, el CCS recomienda considerar un enfoque basado en el consumo cuando éste mejore significativamente la estimación del impacto de las posibles estrategias de mitigación sobre las emisiones. Por ejemplo, en el sector de manejo de residuos sólidos, la reutilización, el reciclaje y la reducción en las fuentes pueden derivar en una reducción de las emisiones debido a la baja en los requerimientos de energía para la producción de material (como papel, cartón y aluminio), aunque no haya en el estado producción de esos materiales ni emisiones relacionadas con la misma.

Mientras que los datos primarios y los métodos principales para la mayor parte de sectores son consecuentes con el inventario nacional, para algunos sectores los datos a nivel estatal o regional fueron usados. En el Cuadro 4 se resumen las fuentes claves y los métodos; sin embargo, el lector deberá consultar el apéndice aplicable listado abajo para obtener más detalles sobre los métodos y fuentes de datos para desarrollar los inventarios y proyecciones para cada sector de la fuente:

- Apéndice A. Suministro y Consumo de Electricidad
- Apéndice B. Consumo de Combustible Residencial, Comercial e Industrial (RCI)
- Apéndice C. Consumo de Energía en el Transporte
- Apéndice D. Procesos Industriales
- Apéndice E. Industria de Combustibles Fósiles
- Apéndice F. Agricultura
- Apéndice G. Manejo de Residuos
- Apéndice H. Silvicultura y Uso de Suelo

Apéndice A. Suministro y Consumo de Electricidad

Descripción General

En este apéndice se describen las fuentes de datos, los principales supuestos y la metodología que se usó para desarrollar un inventario y proyección de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el periodo de 1990-2025 relacionado con la generación de electricidad suministrada la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Las emisiones para los años históricos 1990-2008 se elaboraron en función del consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad. Las emisiones proyectadas para el 2025 se estimaron en base a las proyecciones de consumo de electricidad y de la capacidad proyectada de generación estatal de electricidad publicados por la Secretaria de Energía (SENER).

Desde una perspectiva analítica y política, es importante distinguir entre emisiones de GEI que estén relacionadas con la electricidad producida dentro del estado (algo que podría ser consumida fuera del estado) comparadas con las emisiones de GEI relacionadas con la electricidad consumida dentro del estado (algo que podría ser producida fuera del estado). Tal distinción requiere una contabilidad para las importaciones y exportaciones de electricidad y sus emisiones relacionadas. Consecuentemente, la información de las emisiones se provee en este apéndice tanto para los alcances basados en la producción como en el consumo.

Los siguientes temas se incluyen en este Apéndice:

- *Alcance del inventario de gases de efecto invernadero y proyección:* esta sección provee un resumen de los GEI incluidos en el inventario, el nivel (corriente arriba o corriente abajo) en el cual estas emisiones son estimadas, una discusión sobre los inventarios basados en la producción y consumo, así como los supuestos de la proyección.
- *Fuentes de datos:* en esta sección se presenta una descripción general de las fuentes de datos que se usaron para elaborar el inventario y proyección.
- *Metodología para el inventario de gases de efecto invernadero y proyección basado en la producción:* esta sección provee una descripción general de los alcances metodológicos utilizados para desarrollar el I&P de GEI basados en la producción para el sector eléctrico.
- *Metodología para el inventario y proyección de gases de efecto invernadero basados en el consumo:* esta sección provee una descripción general de los alcances metodológicos utilizados en el desarrollo del I&P basados en el consumo para el sector eléctrico.
- *Resultados de Emisiones para el Caso de Referencia:* para los métodos basados tanto en la producción como en el consumo, estas secciones proveen una descripción general de los resultados clave para el sector eléctrico.
- *Incertidumbres principales y necesidades futuras de investigación:* en esta sección se revisan las incertidumbres principales en este análisis relacionadas con la información disponible, factores de emisión y otros parámetros, así como los supuestos utilizados para crear este inventario y proyección.

Alcance del Inventario y Proyección de Suministro Eléctrico

Los GEIs incluidos en este inventario y proyección de emisiones del sector de suministro de electricidad incluyen el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Las emisiones para este sector se estiman en la fuente de combustión – la planta de suministro de energía eléctrica (Ej. emisiones corriente abajo). Las emisiones derivadas de la exploración, extracción, refinación y transporte de combustibles fósiles (Ej. emisiones corriente arriba) no se incluyen en este apéndice. Las emisiones corrientes arriba del sector eléctrico que ocurren dentro de las fronteras de Coahuila se incluyen en el sector de Industria de Combustibles Fósiles. También las emisiones de gases de alto potencial de calentamiento global como el hexafluoruro de azufre e hidrofluorocarbonos emitidos por los generadores de electricidad son capturadas dentro del sector de Procesos Industriales.

Dentro del sector eléctrico, las emisiones de GEI pueden ser cuantificadas sobre la base de combustibles quemados en el estado durante la generación de electricidad (Ej. estimado basado en la producción). Las emisiones provenientes del sector eléctrico pueden ser caracterizadas en base a la electricidad consumida dentro del estado, el cual capta la generación en el estado, así como las importaciones y exportaciones de electricidad (Ej. estimado basado en el consumo). Ambos tipos de estimaciones son útiles. Las estimaciones basadas en el consumo son particularmente útiles para el análisis de mitigación de GEI cuando se consideran las implicaciones de políticas y acciones que podrían impactar las emisiones provenientes de las plantas de generación de energía, ambas dentro y fuera del estado o región, tales como las medidas de eficiencia de energía. Con el fin de presentar los resúmenes de las emisiones totales del estado a través de todos los sectores en este reporte, se utilizaron los estimados de las emisiones basadas en el consumo, excepto cuando se comparan las emisiones estatales con las del INEGEI, cuyos resultados siguen una contabilidad por producción.

El inventario y proyección basados en la producción incluye emisiones que resultan de la electricidad exportada por productores de energía de Chihuahua, mientras que el inventario basado en el consumo incluye emisiones provenientes de la electricidad importada y excluye las emisiones de la electricidad exportada. Como Chihuahua ha sido un exportador neto de electricidad durante muchos años, las estimaciones del inventario basadas en la producción son más bajas que las estimaciones del inventario basadas en el consumo. El inventario y proyección basado en el consumo supone alguna pérdida por transporte y distribución (T&D) y robo. Las emisiones originadas por la pérdida y robo en T&D son intrínsecamente captadas dentro de las estimaciones basadas en la producción.

Fuentes de Datos

El CCS consideró varias fuentes de información en el desarrollo del inventario y proyección de las emisiones de GEI provenientes del sector eléctrico en Chihuahua. Estas se resumen brevemente a continuación:

- *Consumo histórico de combustibles fósiles:* la SENER¹⁵ proporcionó un cuaderno de trabajo de Excel conteniendo el consumo de combustóleo y diesel en las instalaciones proveedoras de electricidad en Chihuahua y en otros estados fronterizos de México para el periodo de 1996 al 2008.
- *Demanda histórica y proyectada de gas natural en el sector eléctrico:* esta información se obtuvo de la publicación *Prospectiva 2008-2017 del Mercado de Gas Natural*¹⁶ de la SENER. Este reporte provee datos históricos que datan de 1996 así como consumos proyectados de gas natural en el sector eléctrico hasta 2017.
- *Ampliaciones de la capacidad eléctrica planeada:* esta información se obtuvo de la publicación titulada *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*¹⁷ de la SENER. Esta fuente proveyó información relacionada con las unidades generadoras de electricidad que están programadas para iniciar operaciones antes del 2017, incluyendo la capacidad nominal, tecnología y combustible usado para la generación de electricidad. Los proyectos en la etapa de desarrollo para los cuales los estudios de sitio y factibilidad no han sido terminados, no se consideran en esta proyección. El reporte de la SENER también provee las especificaciones tecnológicas para un proyecto típico, incluyendo el factor de capacidad, eficiencia y uso propio.
- *Datos de generación de electricidad en el estado:* las estadísticas estatales del 1990 al 2000 se recopilaron del INEGI¹⁸. Información suplementaria se obtuvo de la publicación *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017* de la SENER. Esta fuente provee datos históricos para el periodo de 1993 a 2007 y proyecciones para el periodo de 2008 a 2017 sobre el consumo de electricidad en el estado, capacidad instalada de plantas de energías renovables y no renovables y promedio anual de generación y comercio de energía eléctrica doméstica y extranjera necesarias para cumplir con las crecientes demandas¹⁹. Mientras esta fuente proporcionó los registros para las importaciones y exportaciones históricas de electricidad con los EE.UU. no hubo fuentes disponibles que proporcionaran información sobre la cantidad de electricidad comercializada entre los estados mexicanos.
- *Contenido energético de los productos petrolíferos:* esta información se obtuvo de la publicación *Balance Nacional de Energía 2007* de la Secretaría de Energía (SENER) y de ediciones anteriores.²⁰
- *Factores de emisión de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O):* para todos los combustibles, estos factores de emisión se basaron en los valores por defecto indicados en los Cuadros 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, Capítulo 2, Volumen 2 del Panel

¹⁵ Consumos históricos de combustibles fósiles en las plantas generadoras de energía se obtuvo directamente de la Secretaría de Energía (SENER) en respuesta a una carta de petición a la Agencia de Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales de Tamaulipas. Marzo 2007.

¹⁶ SENER. 2009. "Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2008-2017." Disponible en:

<http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>

¹⁷ SENER. 2009. "Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017." Disponible en:

<http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>.

¹⁸ INEGI, con datos de la SENER, *Compendio estadístico del sector energía*,

¹⁹ SENER. 2009. "Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017." Disponible en:

<http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>

²⁰ SENER. 2008. "Balance Nacional de Energía 2007." Disponible en:

<http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=48#prop2008>



Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), *Directrices para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*.²¹

- *Potenciales de calentamiento global*: los potenciales de calentamiento global para CH₄ y N₂O se basan en los valores propuestos por el Segundo Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).²²

Metodología General del Inventario y Proyección de Gases de Efecto Invernadero Las Directrices del IPCC de 2006 plantean los métodos para calcular las emisiones de GEI en términos de fuentes y gases ofreciendo tres enfoques para estimar las emisiones de combustibles fósiles para la combustión estacionaria. Un enfoque Nivel I se usó para estimar las emisiones de GEI derivadas del sector eléctrico. De acuerdo a las directrices del IPCC de 2006, un método de Nivel I es el más apropiado cuando no están disponibles los factores de emisión específicos sobre el país, tecnología o instalaciones. Los métodos Nivel II son usados cuando los datos de la quema de combustible de las estadísticas nacionales de energía y los factores de emisión específicos sobre el país están disponibles. Los métodos Nivel III son apropiados cuando los datos sobre la quema de combustible y los factores específicos de emisión sobre tecnología están disponibles. Los métodos Nivel III incluyen las mediciones de emisiones en las plantas generadoras de energía o modelados de emisiones que corresponde con las estadísticas de combustible en el estado. Mientras que los métodos Nivel II (y en menor grado los métodos Nivel III) pudieran ser más precisos y apropiados para Chihuahua, los datos disponibles y los factores de emisión a nivel de instalaciones o tecnología no son suficientes para completar totalmente un inventario y proyección con base en los enfoques Nivel II o Nivel III.

El método del Nivel I del IPCC se basa en el uso del combustible y las emisiones de todas las fuentes de combustión son estimadas en base a las cantidades de combustibles quemados y en los factores de emisión específicos del combustible. Los factores de emisión Nivel I están disponibles para cada uno de los gases de efecto invernadero relevantes y se presentan en el Cuadro A-1. La calidad de los factores de emisión difiere entre gases. Para el CO₂, los factores de emisión principalmente dependen del contenido de carbono del combustible. Las condiciones de combustión (eficiencia de combustión, carbono retenido en escoria y cenizas, etc.) puede variar por una cantidad pequeña basada en la edad y en la condición de la unidad de combustión; sin embargo, dada la falta de factores de emisión específica de la instalación, las emisiones de CO₂ se estiman precisamente con base en la cantidad de combustibles quemados y en el contenido promedio de carbono de los combustibles.²³

²¹ IPCC. 2006. "Directrices 2006 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático para Inventarios de Gases de Efecto Invernadero." Disponible en: <http://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>

²² IPCC. 1995. "Segundo Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático." Disponible en: http://www.IPCC.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm#1

²³ Factores de emisión para metano y óxido nitroso dependen de la tecnología de combustión y de las condiciones de operación y varía significativamente, ambos entre las instalaciones de combustión individual y dentro de la misma unidad con el paso del tiempo. Debido a su variabilidad, el uso de los factores de emisión promedio específico de combustible para estos gases introduce incertidumbres relativamente grandes. Este párrafo está tomado del Capítulo 1, Volumen 2 de las Directrices 2006 del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, pagina 1.6. http://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf



Los reportes de la SENER, *Prospectiva del Sector Eléctrico* indican que Chihuahua importa electricidad de Estados Unidos a través de la interconexión entre El Paso, Texas y Ciudad Juárez. Las emisiones de electricidad que es importada de EE.UU son calculada usando los factores de emisión para la sub-región eGRID WECC Southwest, como se documenta en el Protocolo General del Registro del Clima.²⁴ El resto de la electricidad que es necesaria para llenar el vacío entre la producción y la demanda de electricidad se asume será transferido de estados vecinos mexicanos. Antes del 2007, la SENER reportó que solamente la interconexión entre Chihuahua y otros estados mexicanos es con el estado de Durango. Los informes *Prospectiva del Sector Eléctrico* de la SENER también muestran que existe una abundante generación en Durango para proveer a Chihuahua con electricidad adicional. Después de 2007, los informes de la SENER muestran una interconexión entre Chihuahua y Coahuila, México. Coahuila también se espera que sea un exportador de electricidad, basado en el Inventario y Proyección del Sector Eléctrico desarrollado por el CCS. Los perfiles de generación en esos estados son usados para desarrollar los factores de emisión para las importaciones.

Cuadro A-1. Factores de Emisión usados para el Inventario y Proyección

| Fuente de Energía | EF CO ₂ | EF N ₂ O | EF CH ₄ |
|---------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Gas Natural (kg/TJ) | 56,100 | 0.1 | 1 |
| Combustóleo(kg/TJ) | 77,400 | 0.6 | 3 |
| Diesel (kg/TJ) | 77,400 | 0.6 | 3 |
| Importaciones de EE.UU (kg/MWh) | 1,254 | 0.018 | 0.015 |
| Importaciones Interestatales | Varían por Año | | |

Estos factores de emisión se basaron en los valores por defecto del IPCC 2006.

En el enfoque utilizado para inventariar las emisiones de GEI se da prioridad a los registros históricos disponibles, particularmente al sector eléctrico y a los informes de gas natural por parte de la SENER, los cuales proveen información histórica y proyecciones hasta 2017. El primer grupo de registros históricos perteneció al volumen de gas natural en millones de pies cúbicos por día usados por el sector eléctrico en el estado de Chihuahua de 1996 al 2008.²⁵ El segundo grupo de registros históricos detalló los consumos de carbón, diesel y combustóleo dentro del sector eléctrico en Chihuahua expresados en Terajoules (TJ) para el periodo de 1996 al 2008.²⁶ Finalmente, el tercer grupo de registros históricos provee información sobre las importaciones y exportaciones de electricidad internacional para el periodo de 1993 a 2007 reportado por los informes *Prospectiva del Sector Eléctrico* de la SENER.²⁷ Los flujos importados de electricidad a Chihuahua son a través de interconexiones existentes entre EE.UU. y México; estas interconexiones son manejadas por el Servicio Eléctrico Nacional (SEN), el

²⁴ “Registro del Clima. 2008. “Protocolo General del Registro v.1.1” Cuadro 14.1. Disponible en: <http://www.theclimateregistry.org/downloads/GRP.pdf>.

²⁵ SENER. 2009. “Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2008-2017.” Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>

²⁶ Consumos históricos de combustibles fósiles en las plantas generadoras de energía se obtuvo directamente de la Secretaría de Energía (SENER) en respuesta a una carta de petición a la Agencia de Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales de Tamaulipas. Marzo 2007.

²⁷ SENER. 2009. “Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017.” Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>



Western Electricity Coordinating Council (WECC) y el Electric Reliability Council of Texas (ERCOT).

Las proyecciones de emisiones de GEI del sector de suministro eléctrico se basan en las proyecciones oficiales de las estimaciones de ventas de electricidad, en las proyecciones oficiales estimadas de quema de gas natural dentro del sector eléctrico y en la información sobre la capacidad de generación adicional planeada. Las ampliaciones para la capacidad de generación planeada y el retiro de las unidades de generación eléctrica son consideradas en orden para asegurar que el combustible proyectado quemado dentro del sector eléctrico no exceda la cantidad de combustible que pudiera ser quemado en las instalaciones de generación de electricidad en cada año. Las siguientes secciones mostrarán que la capacidad es insuficiente para mantener el índice de crecimiento en el consumo de gas natural del 2008 al 2017 y posterior al 2020. Sin embargo, debido a que Chihuahua está proyectada para ser un importador de electricidad neto, se espera que el consumo de electricidad continúe creciendo después del 2017 con el déficit en producción creado por la electricidad generada fuera de Chihuahua. Como con el inventario histórico de GEI, las emisiones de GEI son estimadas tanto para el escenario basado en la producción como para el escenario basado en el consumo.

Metodología para las Emisiones de Inventario Basado en la Producción

El inventario basado en la producción utilizó datos de consumo de combustible, además de datos de generación en específico de combustibles en las plantas de generación de electricidad de Chihuahua. Los siguientes pasos se tomaron para aplicar los datos disponibles y los supuestos basados en aquellos datos para generar el inventario histórico de GEI basados en la producción.

Generación de electricidad: La generación de electricidad en las plantas generadoras de electricidad en Chihuahua está reportada en la *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017* de la SENER y en ediciones anteriores.²⁸ A partir de estos reportes, la generación de electricidad por combustible puede determinarse para los años 2003 al 2007. Los valores totales de generación eléctrica que datan de 1990 fueron proporcionados por la SENER. En 2007, tres plantas de ciclo combinado (Samalayuca II, Chihuahua y Chihuahua II) generaron el 79% de la electricidad del estado con el uso de gas natural; 16% de la electricidad del estado se generó en centrales térmicas convencionales de una mezcla de combustóleo, diesel y gas natural; y solo menos del 4% de la electricidad fue importada de otros estados mexicanos, así como de la Rio Grande Cooperative y American Electric Power de los EE.UU.²⁹ Aunque un porcentaje relativamente pequeño del total de la electricidad usada en Chihuahua en 2007 fue importada, en otros años, una mayor proporción de la electricidad total fue importada. Los resúmenes de los datos de 2007 se muestran en el Cuadro A-2 y en la Figura A-1. La Figura A-2 es una representación de la generación de electricidad en estas instalaciones de 2003 a 2007.

²⁸ SENER. 2009. "Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017." Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>. Ediciones anteriores disponibles en el mismo sitio.

²⁹ SENER. 2009. "Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017." Available at: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>



Gas Natural: Los datos concernientes a la cantidad de gas natural usado en el sector eléctrico están provistos por la *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2008-2017* y en ediciones anteriores de ese reporte. El contenido de energía de gas natural consumido se obtuvo multiplicando el volumen de gas natural quemado de cada año (como se informó en los reportes de la *Prospectiva de Mercado del Gas Natural*) por contenido de energía, utilizando los valores netos de contenido de energía por año publicado por la SENER en el *Balance Nacional de Energía 2007*.³⁰ Los valores del consumo de combustible para el gas natural se retro proyectaron para los años 1990 a 1994 suponiendo una participación constante de la generación total para cada fuente de generación de combustible fósil.

Otros combustibles fósiles: no se tiene conocimiento de que se consuma carbón por parte del sector eléctrico en Chihuahua. Los datos de consumo para combustóleo y diesel para los años de 1996 al 2008 fueron provistos directamente al CCS por la SENER.³¹ El contenido de energía de estos combustibles se obtuvo multiplicando el volumen de estos combustibles quemados cada año por el contenido de energía (en TJ por barril) usando los valores netos de contenido de energía por año publicados por la SENER en el *Balance Nacional de Energía 2007*.³² Los valores de consumo de combustible para carbón y combustóleo fueron retro proyectados para los años de 1990 a 1995.

Energía renovable: la información provista al CCS por la SENER indicó que existen dos plantas hidroeléctricas pequeñas que contabilizaron 99 GWh de generación de electricidad en 2007. El informe *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2008-2017* de la SENER no proporcionó información sobre estas plantas; se asumió que 99 GWh de electricidad proveniente de las plantas hidroeléctricas fue generada en cada año sobre el inventario histórico.

³⁰ SENER. 2008. "Balance Nacional de Energía 2007." Disponible en:
<http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=48#prop2008>

³¹ Consumos históricos de combustibles fósiles en las plantas generadoras de energía se obtuvo directamente de la Secretaría de Energía (SENER) en respuesta a una carta de petición a la Agencia de Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales de Tamaulipas. Marzo 2007.

³² SENER. 2008. "Balance Nacional de Energía 2007." Disponible en:
<http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=48#prop2008>



Cuadro A-2. Características de Generación de Electricidad por Planta de Combustible Fósil, 2007

| Nombre de la Planta | Tipo de Generador | Tipo de Combustible | Capacidad Bruta (MW) | Generación Bruta (GWh) | Consumo de Combustible (TJ) |
|--------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------|
| Francisco Villa | TC | Combustóleo/Diesel | 300 | 1,026 | 10,907.48 |
| Samalayuca | TC | Combustóleo/Natural gas | 316 | 1,004 | 14,695.46 |
| Samalayuca II | CC | Gas Natural | 522 | 3,982 | 32,638.60 |
| Chihuahua II (El Encino) | CC | Gas Natural | 619 | 4,301 | 35,253.29 |
| Chihuahua (PIE) | CC | Gas Natural | 259 | 1,428 | 11,704.65 |

CT: termoeléctrica convencional, CC: ciclo combinado
Cuadro elaborado por el CCS con datos de la SENER

Figura A-1. Participación de Generación de Electricidad Bruta por Fuente de Energía, 2007

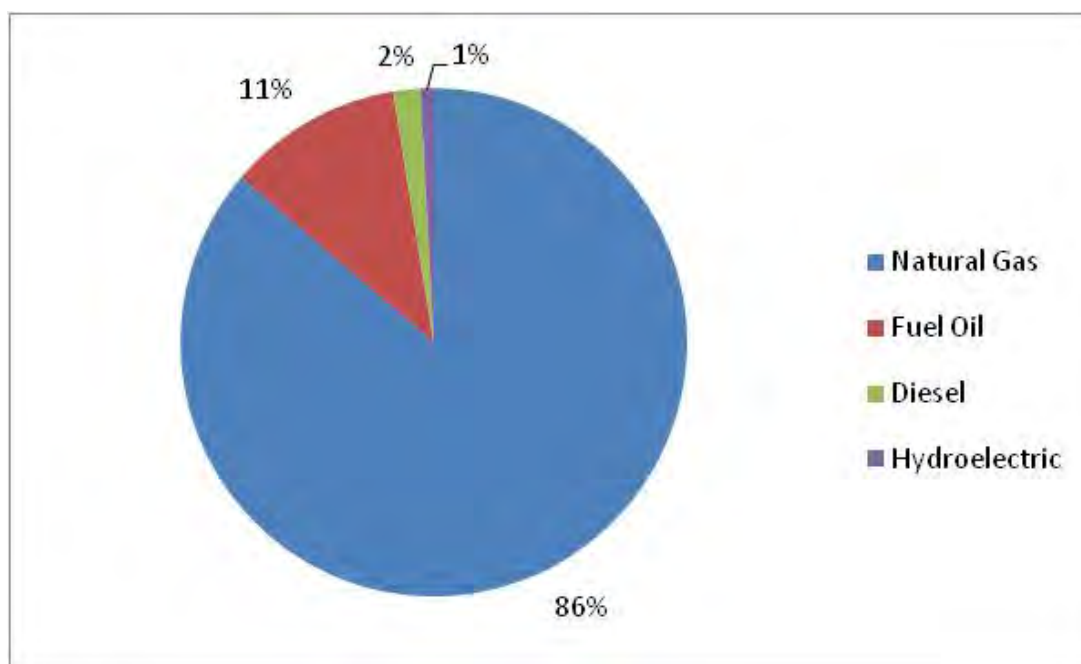
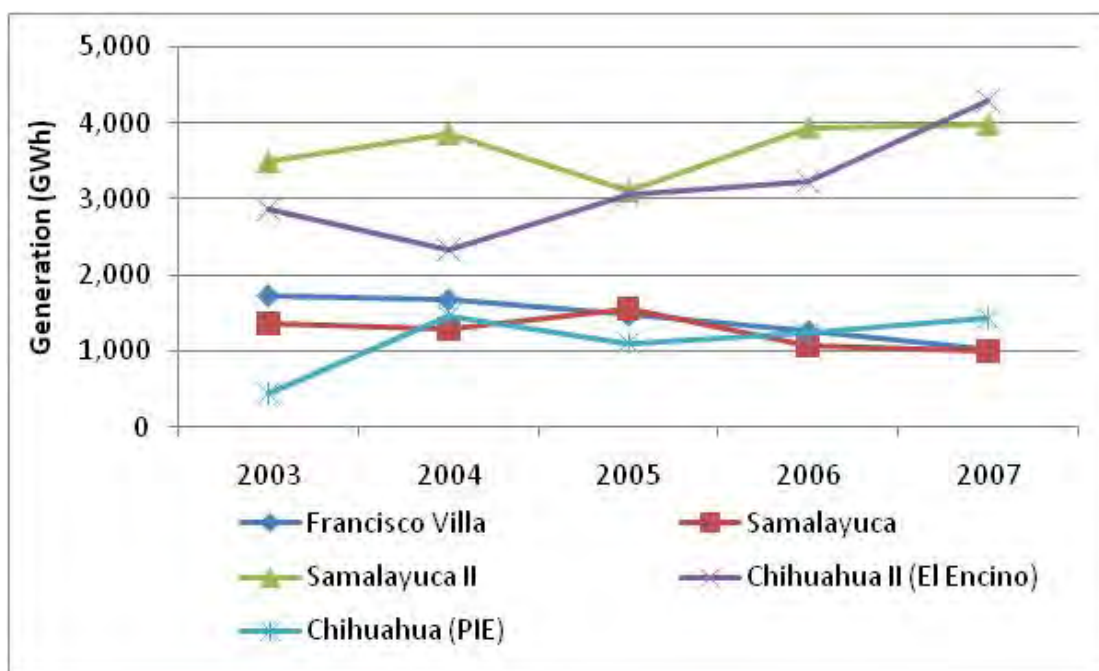


Figura A-2. Generación de Electricidad por Planta de Combustible Fossil, 2003-2007



PIE: Productores Independientes de Energía

Metodología para la Proyección de Emisiones Basado en la Producción.

La proyección de emisiones basado en la producción utilizó las proyecciones de la SENER para el uso de combustible, ventas de electricidad y capacidad planeada. La metodología para cada tipo de combustible es descrito a continuación:

Gas natural: La proyección de consumo de gas natural en el sector eléctrico para los años 2008 al 2017 está prevista en el informe *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2008- 2017*.³³ El incremento medio anual del 3.5% para 2008 al 2017 se aplicó a cada año posterior al 2018; sin embargo, basado en la capacidad disponible y planeada (mostrada en el Cuadro A-3),³⁴ es evidente que no habrá capacidad suficiente para incrementar el consumo de gas natural posterior al 2020. Por lo tanto, el consumo de gas natural en el sector eléctrico para el 2021 hasta el 2025 se supone será igual a la cantidad de gas natural necesaria para operar las instalaciones en el supuesto 80% de factor de capacidad. El índice de calor calculado para el 2007 se aplicó al consumo proyectado de gas natural para proyectar la generación de electricidad.

³³ SENER. 2009. "Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2008-2017." Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>

³⁴ El cuadro muestra la capacidad planeada adherida, como también la generación asumida, basada en las características típicas de una planta de generación eléctrica. Información de la capacidad y asunciones de las características fue adquirida de: SENER. 2009. "Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017." Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>.



Cuadro A-3. Ampliaciones de la Capacidad Planeada de Gas Natural y Características Supuestas³⁵

| Tipo de Planta | Año | Capacidad (MW) | Eficiencia Bruta | Factor de Capacidad | Uso Propio | Índice de Calor (TJ/GWh) | Generación Estimada (GWh) |
|-----------------|------|----------------|------------------|---------------------|------------|--------------------------|---------------------------|
| Ciclo Combinado | 2012 | 459 | 51.4% | 0.8 | 2.9% | 7.21 | 3,123 |
| Ciclo Combinado | 2014 | 690 | 51.4% | 0.8 | 2.9% | 7.21 | 4,695 |

Cuadro elaborado por el CCS con datos de la SENER

Otros combustibles fósiles: De acuerdo al *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017* de la SENER, la planta Francisco Villa (300 MW; combustóleo y diesel) concluiría operaciones en el 2014 y la planta de Samalayuca I (316 MW; combustóleo y gas natural) para el 2017. Por lo tanto, el CCS asumió que en 2014 el diesel no será usado en el sector eléctrico y el uso del combustóleo se reducirá. En 2017, se asume que el combustóleo ya no se usará en el sector eléctrico. El índice de calor para diesel y combustóleo en 2007 del inventario histórico de GEI es usado para estimar la generación para 2008 y posterior a los años donde estos combustibles sean utilizados.

Energía renovable: La SENER no reporta la generación de energía renovable en Chihuahua.³⁶ Por lo tanto, se asume que la electricidad anual generada en las plantas hidroeléctricas para 2008 al 2025 es igual al total de la generación para el año 2007 (99 GWh).

El Cuadro A-4 y la Figura A-3 muestran el consumo de combustible por tipo para el (1990-2025). La electricidad generada por las plantas hidroeléctricas no está incluida en estos gráficos ya que estos resaltan la generación de electricidad por quema de combustibles fósiles. El Cuadro A-5 y la Figura A-4 muestran la generación de electricidad sobre este periodo para todo tipo de combustible. Estos gráficos muestran que el gas natural llegó a ser la principal fuente de combustible fósil para la generación de electricidad en Chihuahua durante el periodo 1998-2025. El pico que se da en 2015 en las Figuras A-3 y A-4 es más alto que el nivel de consumo de combustible fósil y de generación de electricidad en 2020-2025. Las proyecciones de SENER no dan razón de este pico en la producción proyectada de electricidad. También está representada la reducción en la capacidad de generación programada para las plantas Francisco Villa y Samalayuca I, las cuales serán retiradas en 2014 y 2017 respectivamente.

³⁵ SENER. 2009. "Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017." Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>.

³⁶ SENER. 2009. "Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017." Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>.

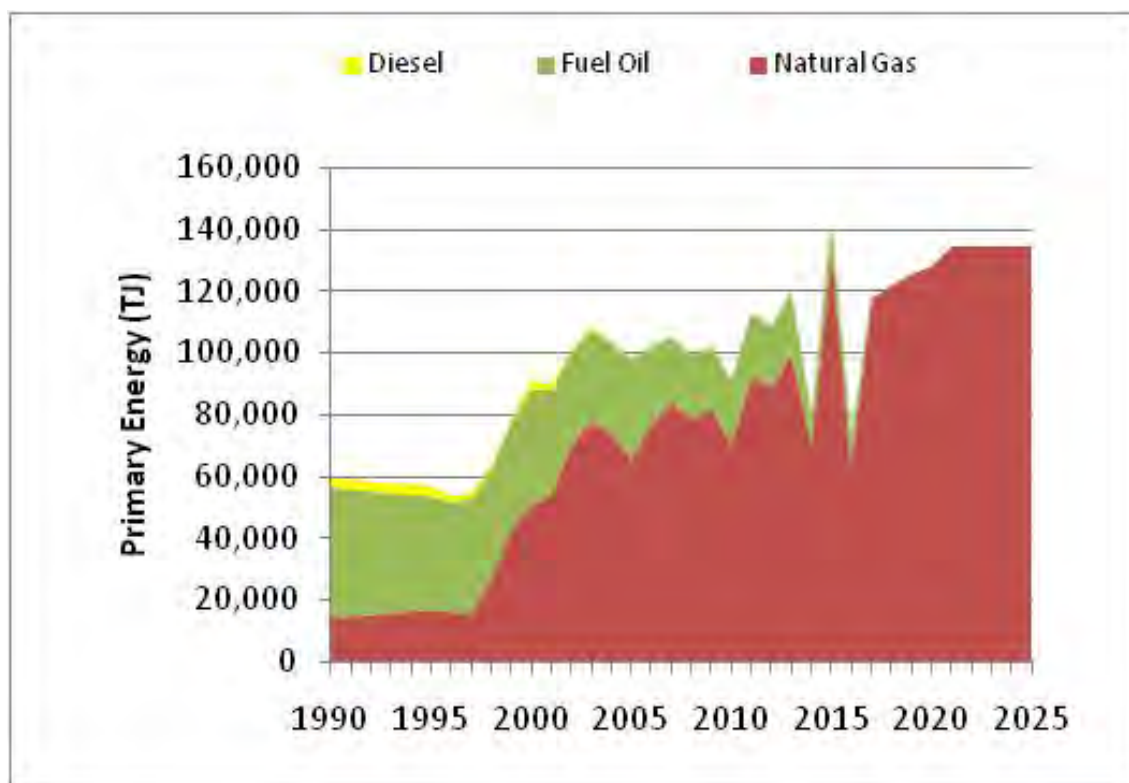


Cuadro A-4. Inventario y Proyección Basado en la Producción- Consumo de Combustible Fósil (TJ): 1990-2025

| Año | Gas Natural | Combustóleo | Diesel | Consumo Total de Combustible |
|------|-------------|-------------|--------|------------------------------|
| 1990 | 14,105 | 42,413 | 3,085 | 59,603 |
| 1995 | 16,752 | 36,754 | 3,341 | 56,847 |
| 2000 | 50,471 | 37,705 | 2,660 | 90,836 |
| 2005 | 65,366 | 32,344 | 307 | 98,016 |
| 2010 | 70,804 | 20,279 | 50 | 91,134 |
| 2015 | 132,061 | 10,403 | 0 | 142,464 |
| 2020 | 128,007 | 0 | 0 | 128,007 |
| 2025 | 134,482 | 0 | 0 | 134,482 |

Cuadro elaborado por el CCS con datos de la SENER

Figura A-3. Inventario y Proyección Basado en la Producción – Consumo de Combustibles Fósiles: 1990-2025

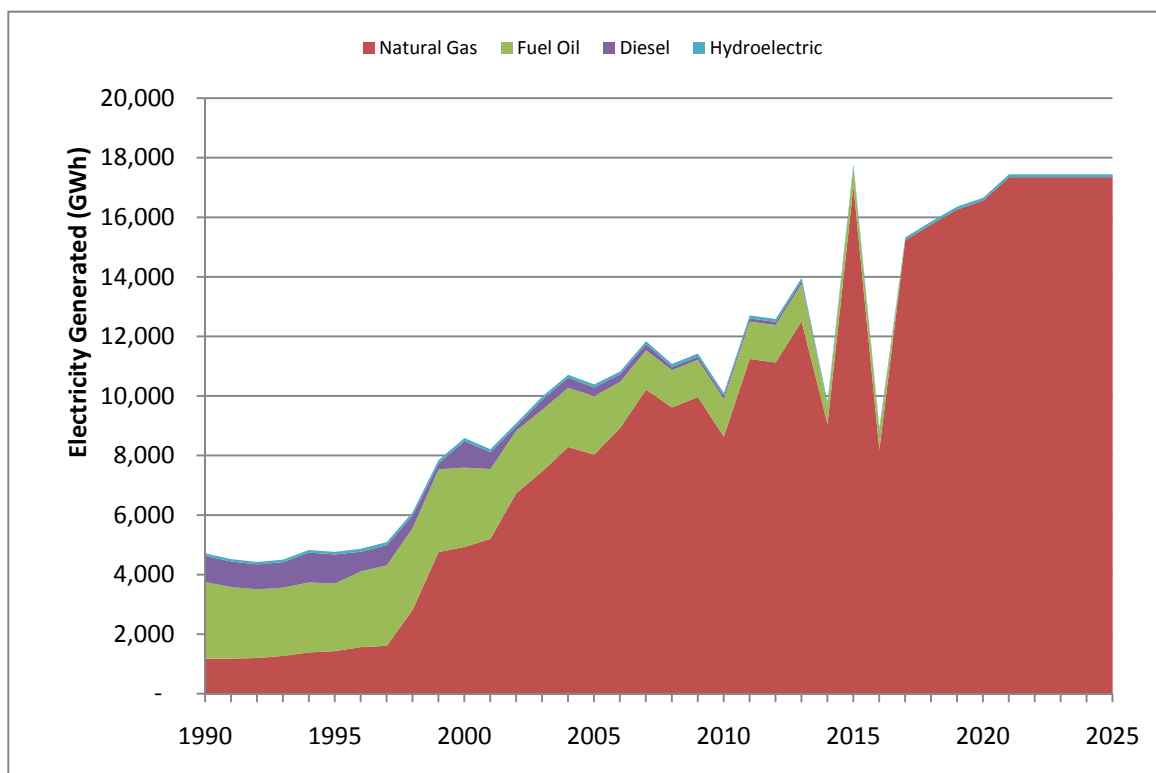


Cuadro A-5. Inventario y Proyección Basado en la Producción – Generación de Electricidad (GWh): 1990-2025

| Año | Gas Natural | Combustóleo | Diesel | Hidroeléctrica | Producción Total |
|------|-------------|-------------|--------|----------------|------------------|
| 1990 | 1,180 | 2,568 | 883 | 86 | 4,717 |
| 1995 | 1,430 | 2,271 | 976 | 88 | 4,764 |
| 2000 | 4,930 | 2,667 | 889 | 101 | 8,587 |
| 2005 | 8,030 | 1,963 | 296 | 99 | 10,388 |
| 2010 | 8,638 | 1,254 | 109 | 99 | 10,100 |
| 2015 | 17,044 | 643 | 0 | 99 | 17,787 |
| 2020 | 16,555 | 0 | 0 | 99 | 16,654 |
| 2025 | 17,345 | 0 | 0 | 99 | 17,444 |

Cuadro elaborado por el CCS con datos de la SENER

Figura A-4. Generación Total de Electricidad – por Tipo de Combustible: 1990-2025: 1990-2025



Resultado de las Emisiones para el Caso de Referencia en Base a la Producción

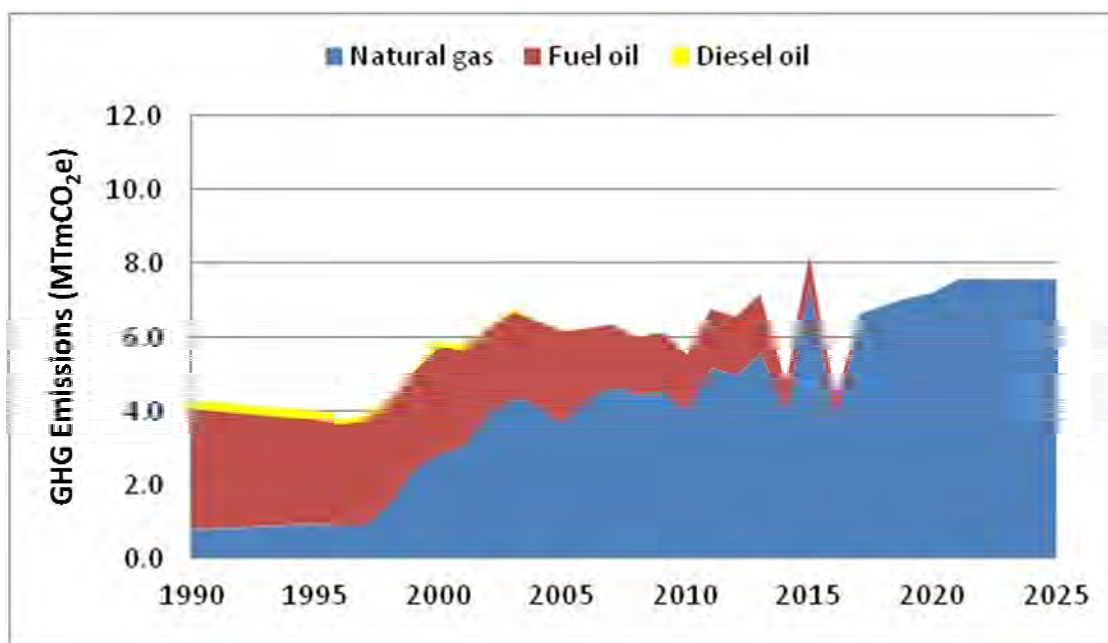
Los métodos descritos en las dos secciones previas provén detalle de como el CCS utilizó la información existente y las proyecciones oficiales para estimar el contenido de energía de los combustibles usados para 1990 hasta el 2025. Las emisiones de GEI basadas en la producción histórica y proyectada se muestran en el Cuadro A-6 y en la Figura A-5. La contribución de cada tipo de combustible a las emisiones de GEI está en línea con el consumo de energía fósil correspondiente. Los resultados ponen en evidencia que las emisiones de GEI derivadas del gas natural dominan el total de las emisiones de GEI basadas en la producción a partir del año 1999.

Cuadro A-6. Emisiones de GEI basadas en la Producción procedentes del Sector Eléctrico (MTmCO₂e): 1990-2025

| Año | Gas Natural | Combustóleo | Diesel | Emisiones basadas en la Producción Total |
|------|-------------|-------------|--------|--|
| 1990 | 0.79 | 3.29 | 0.23 | 4.31 |
| 1995 | 0.94 | 2.85 | 0.25 | 4.04 |
| 2000 | 2.83 | 2.93 | 0.20 | 5.96 |
| 2005 | 3.67 | 2.51 | 0.02 | 6.20 |
| 2010 | 3.98 | 1.57 | 0.004 | 5.55 |
| 2015 | 7.42 | 0.81 | 0.00 | 8.22 |
| 2020 | 7.19 | 0.00 | 0.00 | 7.19 |
| 2025 | 7.55 | 0.00 | 0.00 | 7.55 |

Cuadro elaborado por el CCS con datos de la SENER

Figura A-5. Emisiones de GEI basadas en la Producción procedentes del Sector Eléctrico: 1990-2025



Metodología de las Emisiones de Inventario Basado en el Consumo

El inventario basado en el consumo toma en cuenta las emisiones resultantes de la electricidad consumida en Chihuahua, incluyendo las emisiones de electricidad importada pero excluyendo las emisiones de electricidad producida en, pero exportada del estado.

$$\text{Electricidad basada en el Consumo (GWh)} = \text{Ventas en el estado} + \text{Perdidas}$$

El inventario basado en el consumo se basa principalmente en los datos de ventas de electricidad reportadas en la *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017* de la SENER y en ediciones anteriores.³⁷ Se supone que la misma mezcla de combustibles para la generación bruta de electricidad se extiende a las ventas de electricidad en el estado. Los valores de venta de electricidad se multiplicaron por los índices de calor (TJ/GWh) determinados en base del análisis de las emisiones por producción para obtener el equivalente consumo energético en Terajoules.

La cantidad de electricidad importada de los EE.UU para los años 1993 al 2007 fue reportada por los informes *Prospectiva del Sector Eléctrico* de la SENER. No se contó con información sobre importaciones de electricidad de otros estados en México. Se pudo observar en los informes *Prospectiva del Sector Eléctrico* de la SENER que existe capacidad de transmisión para conectar la red eléctrica en Chihuahua con otros estados mexicanos. La cantidad de electricidad importada se ajustó tomando la diferencia entre la suma de la electricidad vendida, pérdida de electricidad y producción bruta de electricidad. En el caso de que el valor de esta diferencia sea negativo para un año determinado, se asume que Chihuahua no fue un exportador neto de electricidad en ese año.

Previo al 2007, la única interconexión conocida entre Chihuahua y otros estados mexicanos era con Durango. El factor de emisión para las importaciones de Durango está basado en el perfil de generación en Durango, el cual es aproximadamente 76% gas natural y 26% combustóleo.

Existen pérdidas importantes de electricidad debido a la pérdida y robos en el transporte y distribución de la electricidad (T&D). Mientras una pequeña cantidad de pérdida de T&D es normal (Ej. 3% de la red de transmisión y 5% usado en las plantas de generación eléctrica), un informe académico de la Universidad de Rice en Houston, Texas afirmó que la pérdida total para el sistema eléctrico en México podría exceder un 25%.³⁸ Sin embargo, ha sido determinado que la tasa de pérdida publicada por la CFE brinda una representación más realista de la pérdida de electricidad en Nuevo León. La tasa de pérdida de la CFE fue aplicada a la generación total en cada año para estimar la cantidad de electricidad perdida. Para años en los que no hay tasa de pérdida disponible (1990-1999), se asume la tasa de pérdida como un promedio de la tasa de

³⁷ SENER. 2009. "Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017." Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=466>. Ediciones anteriores también disponibles en este mismo sitio.

³⁸ Hartley, Peter y Eduardo Martínez-Chombo. 2002. "Oferta y Demanda de Electricidad en México." Rice University, Houston, TX. Disponible en: http://www.rice.edu/energy/publications/docs/Hartley_ElectricityDemandSupplyMexico.pdf.



pérdida anual de los años 2000-2009 (10.7%³⁹). Las exportaciones e importaciones interestatales fueron estimadas asumiendo que todo exceso o déficit de electricidad sería explicado por las exportaciones e importaciones interestatales, respectivamente.

Metodología de la Proyección de Emisiones Basado en el Consumo

La proyección basada en el consumo se elabora en función del consumo de electricidad en Chihuahua. El consumo de electricidad para la región noreste de México está estimado por la *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017* de la SENER. El consumo de electricidad para Chihuahua está indexado a la proyección de la región noroeste para los años 2008 al 2017. El incremento promedio anual de 4.6% se aplicó cada año para estimar el consumo total para 2018 al 2025; entonces, los desgloses específicos de las fuente fueron multiplicados por los índices de calor de 2007 (TJ/GWh) calculados del inventario histórico de GEI basado en la producción para reportar el contenido usado en los cálculos de las emisiones.

Consistente con los inventarios históricos de GEI, las proyecciones de ventas de electricidad exceden la producción de electricidad de 2008 al 2025. Las proyecciones de electricidad importada a Chihuahua de otros estados mexicano no estuvieron disponibles; por lo tanto, fue necesario hacer un supuesto en relación a las ventas de electricidad y perdidas en T&D.

Se asume que el porcentaje de electricidad perdida sería igual a la tasa de promedio anual de pérdida (10.7%). Este valor fue escogido como un estimado conservadoramente bajo de pérdida en T&D. La cantidad de electricidad importada anualmente durante el periodo de proyección fue calculada restando la perdida de electricidad y consumo de la producción.

Las emisiones de las importaciones durante el periodo de la proyección son calculadas basadas en los factores de emisión anual derivados del inventario y proyección de Coahuila. Coahuila fue seleccionado como el estado más probable para importaciones ya que está proyectado para tener un exceso de capacidad de producción y la capacidad de transmisión entre Chihuahua y Coahuila es mayor que entre Chihuahua y Durango. En el evento de que no haya suficiente electricidad exportada a Coahuila para satisfacer la demanda en Chihuahua, el exceso de la demanda se asume será compuesta por las importaciones de Durango. Los factores de emisión de Durango están basados en los perfiles de generación de 2007 en Durango lo que significa alrededor del 76% del gas natural y 26% del combustóleo.

El Cuadro A-7 y la Figura A-6 muestran la disposición de la energía eléctrica en el estado; incluyendo los consumos, importaciones, perdidas y exportaciones. La Figura A-7 muestra el consumo de energía primario a través del inventario histórico y proyectado de casos de referencia que fue usado para calcular las estimaciones de emisiones de GEI.

³⁹ CFE. "Pérdidas Totales de Energía 2000-2009." Disponible en:
<http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=304>

Cuadro A-7. Disposición de Energía Eléctrica en todo el Estado (GWh): 1990-2025

| Inventario basado en el Consumo | | | | |
|---------------------------------|----------------------|-------------|---------|-------------|
| Año | Consumo en Chihuahua | Importación | Perdida | Exportación |
| 1990 | 4,112 | 857 | 503 | 958 |
| 1995 | 6,223 | 1,967 | 508 | 0 |
| 2000 | 7,493 | 129 | 910 | 312 |
| 2005 | 8,774 | 983 | 2,597 | 0 |
| 2010 | 10,455 | 2,594 | 2,239 | 0 |
| 2015 | 13,200 | 0 | 3,103 | 1,483 |
| 2020 | 16,489 | 1,954 | 2,119 | 0 |
| 2025 | 20,647 | 4,598 | 1,396 | 0 |

Cuadro elaborado por el CCS con datos de la SENER y CFE

Figura A-6. Disposición de Energía Eléctrica en todo el Estado: 1990-2025

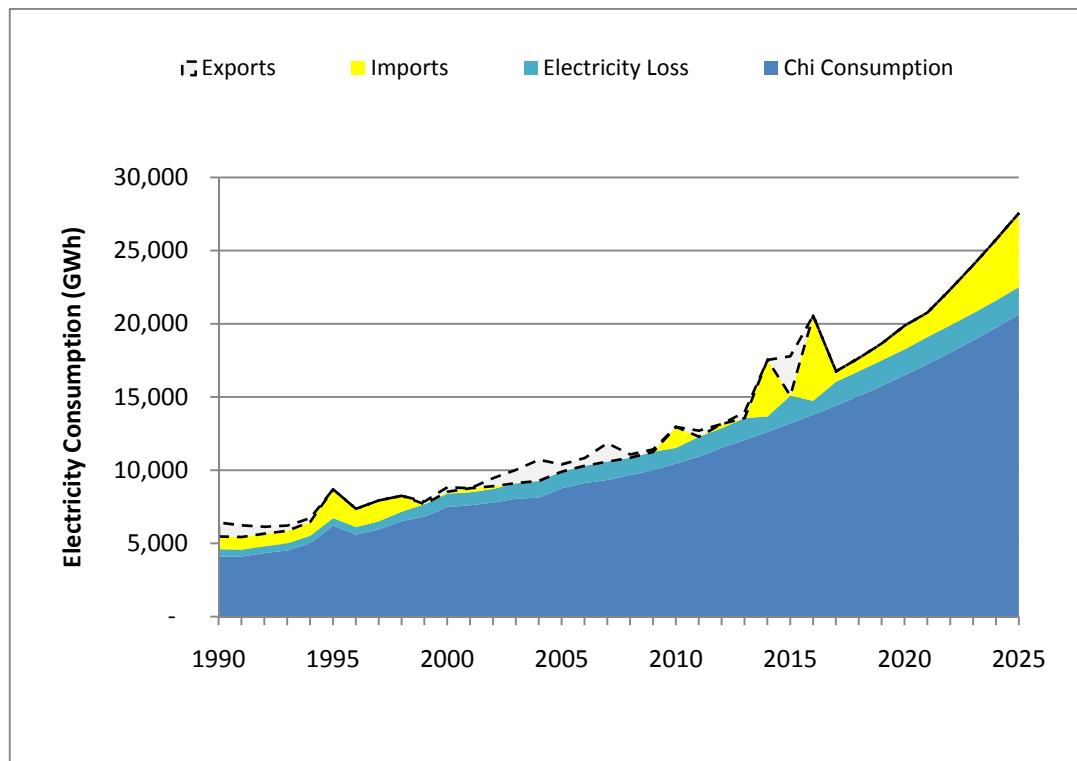
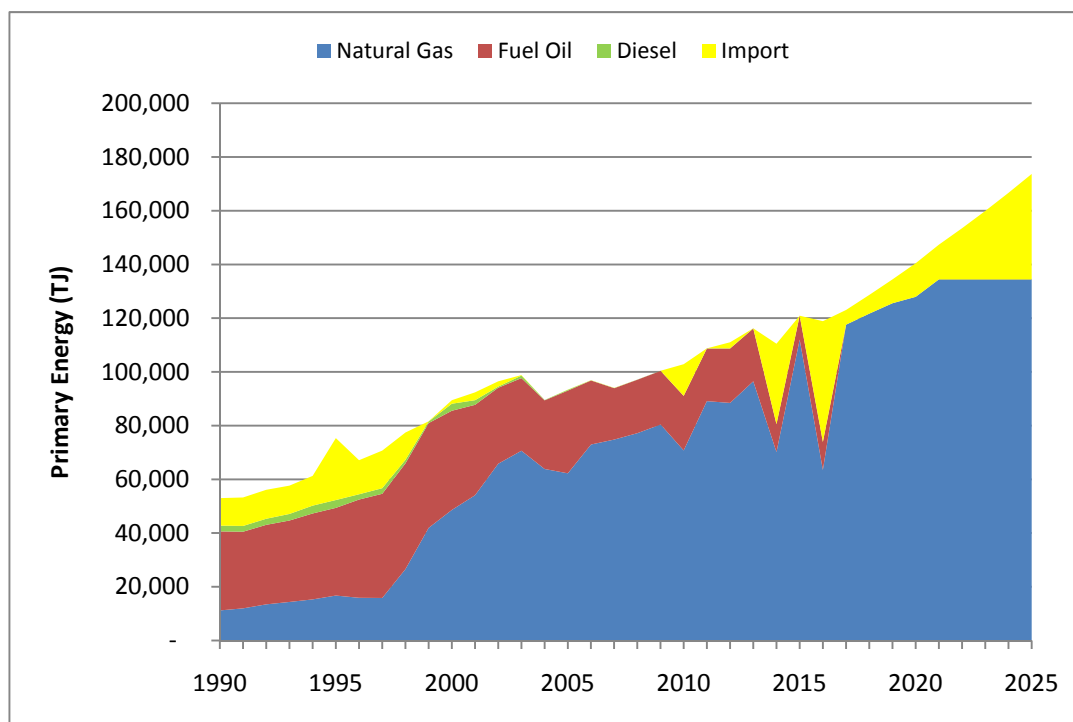


Figura A-7. Inventario y Proyección Basado en el Consumo – Uso de Energía Fósil: 1990-2025

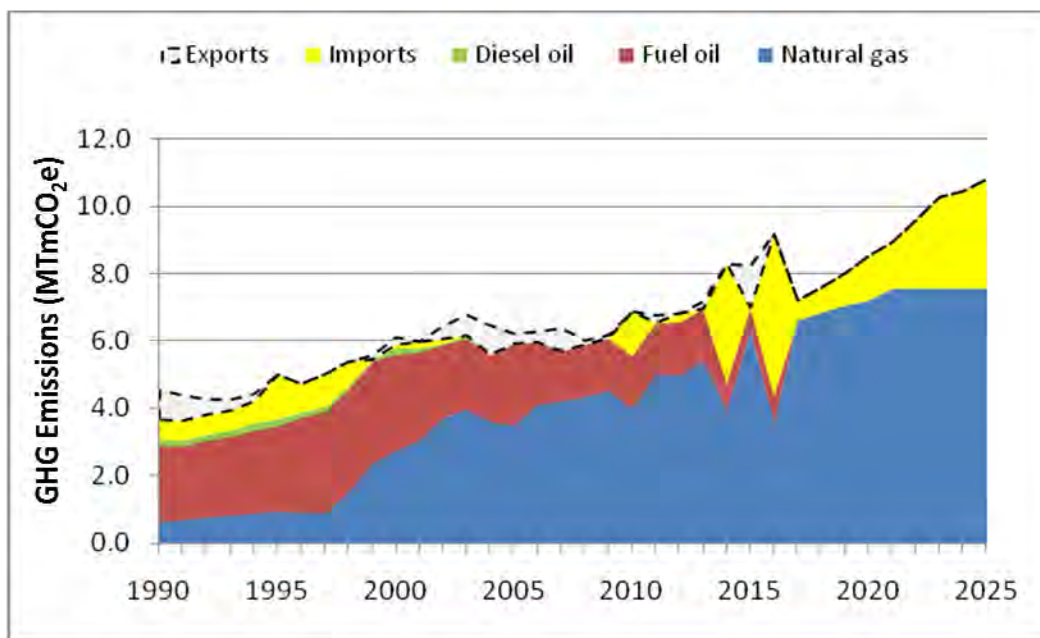


Resultado de las Emisiones para el Caso de Referencia en Base del Consumo

Los métodos descritos en las dos secciones previas proveen detalles de cómo el CCS utilizó la información existente y las proyecciones oficiales para estimar el contenido de energía de combustibles usados para el reparto de electricidad en Chihuahua de 1990 a 2025. Las emisiones de GEI basadas en el consumo histórico y proyectado se muestran en la Figura A-8. Esta figura desglosa la contribución de cada tipo de combustible al componente de consumo en el estado del caso de referencia basado en el consumo. Las emisiones resultado de las pérdidas de electricidad están contabilizadas en las emisiones de fuente de combustible en la Figura A-8.

El Cuadro A-8 y la Figura A-9 muestran las emisiones de GEI basadas en el consumo por componente. Estas estimaciones muestran la contribución a las emisiones basadas en el consumo de las exportaciones, importaciones, pérdidas de electricidad relativas a las emisiones directamente como resultado del consumo de electricidad generada en Chihuahua.

Figura A-8. Emisiones de GEI provenientes del Sector Eléctrico basado en el Consumo Total: 1990-2025



Incertidumbres Principales y Necesidades Futuras de Investigación

Las principales fuentes de incertidumbre que subyacen en las estimaciones anteriores y en las oportunidades futuras de investigación son las siguientes:

- No se localizó información que detalle la cantidad y naturaleza del comercio interestatal de la electricidad. Solamente se localizó la capacidad de transmisión corriente y futura entre las entidades federativas. Por consiguiente, este estudio aproximó los valores sobre las importaciones de electricidad en función de las proyecciones de ventas de electricidad, su producción, y la tasa de pérdidas en la red de transporte y distribución
- Las pérdidas totales de electricidad se tomaron de las tasas de pérdida nacionales reportadas por la CFE, excluyendo la región previamente administrada por la difunta entidad de Luz y Fuerza del Centro. Durante los años de proyección, se asume que la tasa promedio de pérdidas del 2000-2009 es igual hasta el año 2025. Avances en este aspecto del estudio resultarían en estimados más fiables en base de consumo.
- El uso de la electricidad en sitio y las estimaciones de pérdidas en T&D se asumieron durante el periodo del inventario histórico y se basan en los índices de pérdida nacional estimado por el estudio de la Universidad de Rice. Durante el periodo de la proyección, el índice de pérdida se asume que es reducido debido a la disminución en robo el cual puede ser o no un supuesto válido. Las mejoras a estas estimaciones podrían ayudar a

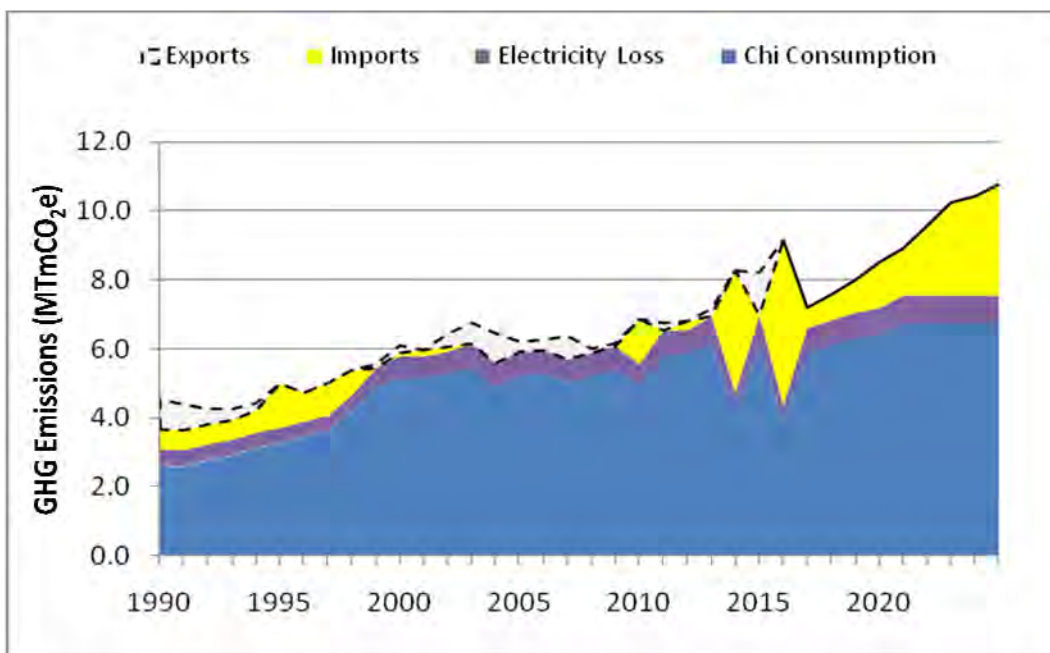
optimizar las estimaciones basadas en el consumo, incluyendo la necesidad de electricidad importada.

Cuadro A-8. Emisiones Totales de GEI relacionadas con el Consumo de Electricidad (MTmCO₂e): 1990-2025

| Año | Chihuahua Consumo | Importaciones | Perdidas | Emisiones Totales | Exportaciones |
|------|-------------------|---------------|----------|-------------------|---------------|
| 1990 | 2.61 | 0.58 | 0.46 | 3.65 | 0.88 |
| 1995 | 3.26 | 1.29 | 0.43 | 4.99 | 0.00 |
| 2000 | 5.16 | 0.09 | 0.63 | 5.88 | 0.22 |
| 2005 | 5.24 | 0.004 | 0.67 | 5.91 | 0.30 |
| 2010 | 4.96 | 1.31 | 0.59 | 6.86 | 0.00 |
| 2015 | 6.10 | 0.00 | 0.88 | 6.98 | 1.24 |
| 2020 | 6.42 | 1.33 | 0.77 | 8.52 | 0.00 |
| 2025 | 6.75 | 3.24 | 0.81 | 10.8 | 0.00 |

Cuadro elaborado por el CCS con datos de la SENER y CFE

Figura A-9. Emisiones de GEI provenientes del Sector Eléctrico basado en el Consumo –por Componente: 1990-2025



- La información en los reportes de proyecciones de electricidad y gas natural de la SENER no proveen suficiente información para discernir el nivel de las importaciones y exportaciones en el futuro, especialmente de y a otros estados en México. Las actualizaciones proyectadas para las interconexiones de red están reportadas en los informes *Prospectivas del Sector Eléctrico* de la SENER; sin embargo, esta información

es solamente suficiente para aprobar o desaprobar, ya sea que sea suficiente la capacidad de la red para transferir electricidad entre Chihuahua y EE.UU u otros estados mexicanos. Las cantidades actuales de exportaciones e importaciones se basan en los cálculos de generaciones futuras, ventas y supuestas pérdidas. Un análisis de mercado más sofisticado puede probar ser útil en la evaluación de contribuciones futuras de exportaciones e importaciones de emisiones de GEI del sector eléctrico en Chihuahua, incluyendo las regiones importadoras correctas.

- La SENER reporta estadísticas de planta para las mayores instalaciones en el país. CCS no pudo confirmar si estas incorporaban de forma consistente las contribuciones de los pequeños productores independientes de electricidad (PIE) a la red.
- Existen incertidumbres relacionadas con la mezcla de combustible a lo largo de todo el estado, factores de emisión y factores de conversión (para convertir electricidad desde una base de entrada de calor a una salida de electricidad) que debería ser revisada y corregida con los datos que son específicos para los generadores de energía de Chihuahua.
- Para las plantas de calor combinado y de energía que generan y venden electricidad a la red de poder, el uso de combustible relacionado con estas instalaciones es agregado por combustible y por sector; por lo tanto, el combustible no puede ser desglosado fácilmente para que pueda ser reportado bajo el sector de suministro y consumo de energía eléctrica. Un trabajo futuro podría incluir una evaluación para determinar la mejor manera para aislar las emisiones relacionadas con el calor combinado y las plantas de energía.
- El crecimiento poblacional y económico son los principales impulsores para el uso de combustible. Las proyecciones de casos de referencia se basan en las estimaciones de los requerimientos de generación eléctrica reportadas en los informes *Prospectivas del Sector Eléctrico* de la SENER. Las proyecciones de demanda de electricidad por parte de otros sectores podría ayudar a depurar la proyección para Chihuahua.

Apéndice B. Quema de Combustible Residencial, Comercial e Industrial (RCI)

Descripción General

Las actividades en los subsectores RCI⁴⁰ generan emisiones de CO₂, CH₄, y N₂O al quemar combustible en calefacciones domésticas, calentadores de agua, procesos industriales, cocinas, y en otras aplicaciones energéticas. Este apéndice contempla la quema de combustible solo para estos subsectores. En el 2005, las emisiones totales directas de GEI procedentes de la quema de petróleo, gas natural, gas licuado de petróleo (GLP), carbón y leña fueron del orden de 2.4 MTmCO₂e, de las cuales el 57% fueron emitidas por fuentes residenciales, 35% por fuentes industriales y 8% por fuentes comerciales. Las emisiones no procedentes de la combustión relacionadas con la actividad residencial, comercial e industrial pueden encontrarse en los apéndices de los sectores de agricultura, residuos, procesos industriales y silvicultura.

Emisiones y Proyecciones de los Casos de Referencia

Las Directrices del IPCC de 2006 plantean tres enfoques para estimar las emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles por fuentes estacionarias. Con base en la información disponible se seleccionó el enfoque del Nivel 1.⁴¹

En las Directrices del IPCC de 2006 se calculan las emisiones de carbono en términos de las especies que se emiten. Durante el proceso de combustión, la mayor parte del carbono se emite inmediatamente como CO₂; sin embargo, parte del carbono se emite en forma de monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) o compuestos orgánicos volátiles (COVDM). La mayor parte del carbono que se emite en la forma de estas especies distintas al CO₂ finalmente se oxida y se convierte en CO₂ en la atmósfera. En el caso de la quema de combustibles, las emisiones de estos gases distintos al CO₂ contienen cantidades muy pequeñas de carbono comparadas con la estimación de CO₂ y en el Nivel 1 es más exacto basar la estimación del CO₂ en el carbono total del combustible. Esto es porque el carbono total en el combustible depende únicamente del combustible, mientras que las emisiones de los gases distintos al CO₂ dependen de muchos factores, tales como las tecnologías o mantenimiento que en general no son muy conocidos.

El método del Nivel 1 se basa en el combustible puesto que las emisiones de todas las fuentes de combustión se pueden calcular tomando como base las cantidades de combustible quemado y los factores de emisión promedio. Se dispone de los factores de emisión del Nivel 1 para CO₂, CH₄ y N₂O. La calidad de estos factores de emisión difiere de un gas a otro. En el caso del CO₂, los factores de emisión dependen principalmente del contenido de carbono del combustible. Las condiciones de la quema (incluyendo la eficiencia de quema y carbono retenido en la escoria y las cenizas, etc.) tienen poca importancia relativa.⁴² Por lo tanto, es posible estimar las emisiones

⁴⁰ El sector industrial incluye las emisiones relacionadas con el consumo energético en la agricultura y el gas natural que se usa como combustible para operaciones de extracción y como combustible en plantas de procesamiento. Las emisiones relacionadas con el uso de combustible en tuberías de transmisión se incluyen en el Apéndice E.

⁴¹ Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 2, Capítulo 1, página 1.6. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf

⁴² Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 2, Capítulo 1, página 1.6. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf



de CO₂ con bastante exactitud sobre la base del total de la cantidad de los combustibles quemados y del contenido de carbono promedio de los combustibles. Sin embargo, los factores de emisión para CH₄ y N₂O dependen de la tecnología de combustión y de las condiciones operacionales y ambos varían considerablemente entre las instalaciones individuales de combustión y sobre el tiempo. Debido a esta variabilidad, el uso de los factores de emisión promedio para estos gases presentará relativamente grandes incertidumbres.⁴³ Afortunadamente, el CH₄ y N₂O contribuyen muy poco al total de las emisiones de CO₂e derivadas de los procesos de combustión. Las estimaciones de las emisiones provenientes de la quema de leña incluyen N₂O y CH₄. El CO₂ resultante de la quema de leña es considerado como una fuente biogénica y no está incluida en este inventario. Las emisiones de dióxido de carbono derivadas de la quema de la biomasa se supone que es “neto cero” de acuerdo con las metodologías del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y cualquier pérdida neta de reservas de carbono como consecuencia de la quema de combustible de la biomasa deberá ser contabilizada para el análisis de uso de suelo y forestal. Las emisiones de CH₄ y N₂O en este inventario se reportan como CO₂ equivalentes (CO₂e).

Con el fin de plasmar la diferencia entre las emisiones de CH₄ y N₂O, los factores de emisión incluidos en las Directrices del IPCC de 2006 se indican en cuadros distintos, conforme a cuatro subsectores: 1) industrias energéticas, 2) industrias manufactureras y construcción, 3) comercial e institucional y 4) residencial y agrícola/forestal/piscícola.⁴⁴ Los factores de emisión usados para este inventario y proyección se resumen en el Cuadro B-1, seguido de una breve descripción de los métodos y datos de la actividad usados para desarrollar el inventario y las proyecciones de casos de referencia.

Cuadro B-1. Factores de Emisión para Combustibles RCI (kg/TJ)

| Fuente | Tipo de Combustible | CO ₂ | N ₂ O | CH ₄ |
|-------------|-----------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Comercial | Gas Licuado de Petróleo | 63,100 | 0.1 | 5 |
| | Diesel | 74,100 | 0.6 | 3 |
| Industrial | Gas Licuado de Petróleo | 63,100 | 0.1 | 1 |
| | Agrícola- Gas Licuado de Petróleo | 63,100 | 0.1 | 5 |
| | Gas Natural | 56,100 | 0.1 | 1 |
| | Combustóleo | 77,400 | 0.6 | 3 |
| | Gas Licuado de Petróleo | 63,100 | 0.1 | 5 |
| Residencial | Gas Natural | 56,100 | 0.1 | 5 |
| | Combustóleo | 77,400 | 0.6 | 3 |
| | Biocombustibles sólidos: Leña | 112,000 | 4 | 300 |

Diesel

El consumo de diesel en el sector RCI para 1993-2007, así como los cálculos proyectados para 2008-2009 se obtuvieron directamente de la SENER.⁴⁵ La SENER atribuyó todo el consumo de

⁴³ Este párrafo está citado con poca edición del Capítulo 1, Volumen 2 de las Directrices para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del IPCC de 2006, pagina 1.6. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf

⁴⁴ Cuadros de factores de emisión por defecto se encuentran en el Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

⁴⁵ La información sobre el consumo de diesel fuere preparada por la SENER por la Agencia de Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales (APMARN) de Nuevo León.



diesel al subsector industrial. Previo a 1993, el consumo se extrapoló linealmente a 1990. Los valores de la proyección se derivaron por el cálculo del índice de crecimiento medio anual (-1.3%) del juego de datos de la SENER de 2005-2009 y aplicándolos a los años 2010-2025. El índice de crecimiento aplicado para este combustible y todos los demás combustibles en el sector se resumen en el Cuadro B-2.

Combustóleo

El consumo de combustóleo se derivó de las ventas totales de combustible de 1990-2007.⁴⁶ Los valores de la proyección se obtuvieron por medio del cálculo del índice de crecimiento medio anual (2.2%) para 1998-2007 y aplicándolo a los años 2008-2025.

Cuadro B-2. Índices de Crecimiento Anual en la Proyección RCI

| Fuente | Tipo de Combustible | Índice de Crecimiento Anual |
|-------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Comercial | Gas Licuado de Petróleo | -0.3% |
| Industrial | Diesel | -1.3% |
| | Gas Licuado de Petróleo | 1.7% |
| | Gas Licuado de Petróleo (Agricultura) | 0.9% |
| | Gas Natural | 2.0% |
| | Combustóleo | 0.0% |
| Residencial | Gas Licuado de Petróleo | -2.6% |
| | Gas Natural | 3.8% |
| | Combustóleo | 2.2% |
| | Biocombustibles Sólidos: Leña | 1.2% |

Gas Licuado de Petróleo

El consumo estatal de gas licuado de petróleo (GLP) y los datos del consumo de la proyección se obtuvieron de la SENER.⁴⁷ La información sobre el consumo de combustible por estado se publicó para 1996-2005. El consumo por subsector incluyendo el residencial, comercial e industrial fueron publicados por región. Los porcentajes regionales se multiplicaron por el consumo total del estado para los tres subsectores con el fin de estimar el consumo por subsector del estado. El consumo para los años previos a 1990 se calculó por medio de la retroproyección de los consumos reportados. Las proyecciones oficiales de la SENER sobre el consumo de GLP estuvieron disponibles para 2006-2016. Para los años restantes de la proyección al 2025, el consumo de GLP en cada subsector se supuso crecería al en la misma proporción que la proyección de la SENER (índice de crecimiento medio anual para 2009-2016). Anualmente esto representaría, -2.6% para el subsector residencial, 1.7% para industrial y -0.3% para comercial.

El consumo de GLP para usos industriales auxiliares a la producción agrícola también se reportó y está incluido aquí como parte del subsector industrial. Muchas actividades en el sector agrícola

⁴⁶ Sistema de Información Energética - productos petrolíferos. Disponible en: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController>.

⁴⁷ SENER: *Prospectiva del Mercado de Gas LP 2006-2015, Prospectiva del Mercado de Gas LP 2007-2016, y Prospectiva del Mercado de Gas LP 2008-2017* Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/index.jsp>.



requieren del uso de combustible, como la operación de tractores y maquinaria. Sin embargo, la información segregada en relación al consumo de energía eléctrica que se relaciona con el consumo de energía en el sector agrícola sólo estuvo disponible para GLP. Éste no es representativo del consumo de energía primaria en el sector agrícola ya que la forma predominante de energía es el diesel usado en los tractores y en la maquinaria pesada. El consumo de diesel por vehículos (Ej. tractores y tráileres) se contempla bajo Consumo de Energía en el Transporte. (Ver Apéndice C).

Gas Natural

El consumo estatal de gas natural y los datos de consumo de la proyección se obtuvieron de la SENER.⁴⁸ El consumo de combustible segregado por subsector estuvo disponible a nivel estatal para la industria para los años 1998-2007. El consumo de gas natural agregado para el sector residencial, comercial y transporte se reportó para 2000-2007 en el estado. Los datos nacionales de la SENER indican que la mayoría de este consumo agregado es de uso residencial.⁴⁹ Por lo tanto, todos los consumos de este agregado fueron atribuidos al subsector residencial. Por consiguiente, al sector comercial se le ha atribuido muy poco consumo. Los valores de consumo para los años previos a 1990 se calcularon por medio de la retroproyección del consumo reportado. Las proyecciones oficiales de la SENER sobre el consumo de gas natural estuvieron disponibles para los años 2009-2017. Para los años restantes de la proyección hasta el 2025, el consumo total estatal se supuso que creció en la misma proporción que la proyección de la SENER (Índice de crecimiento medio anual para 2009-2017); esto es 2.0% para el subsector industrial y 3.8% para los subsectores residencial, comercial y transporte.

Biocombustibles Fósiles: Leña

El uso de leña por parte del subsector residencial se derivó de dos fuentes de información. El Censo de Población y Vivienda del 2000 proporcionó el desglose de las viviendas de acuerdo al tipo de combustible que se usa para cocinar. Esta fuente se usó para determinar la proporción de viviendas en las que se usan estufas de leña (8.7%) e infiere en la parte de la población que depende de la leña como combustible para cocinar. La SENER facilitó los datos sobre el consumo promedio anual de uso de leña por persona para 1996 y 2006 (en equivalentes a gas natural).⁵⁰ El uso de leña como combustible se supuso disminuiría linealmente entre 1996 y 2006. Los años 1990-1995 permanecieron constantes al nivel de 1996. El uso de la energía procedente del consumo de leña se calculó multiplicando el porcentaje de residentes que usan leña como combustible por el promedio anual del uso de leña per cápita. Los valores de la proyección se derivaron calculando el índice de crecimiento medio anual (1.2%) para 1990-2005 y aplicándolo a los años 2006-2025. Solamente las emisiones de CH₄ y N₂O relacionadas con la quema de leña se reportan aquí como cualquier emisión de CO₂ sería considerada como biogénica.

Resultados

⁴⁸ SENER: *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2007-2016 y Prospectiva del Mercado de Gas LP 2008-2017*. Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/index.jsp>.

⁴⁹ SENER: *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2007-2016 y Prospectiva del Mercado de Gas LP 2008-2017*. Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/index.jsp>.

⁵⁰ SENER: *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2007-2016, Cuadro 23*. Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/webSener/index.jsp>.



El uso de energía en el sector RCI dio un total de 38,396 Terajoules (TJ) en 2005. Los valores del consumo de energía se muestran en el Cuadro B-3.

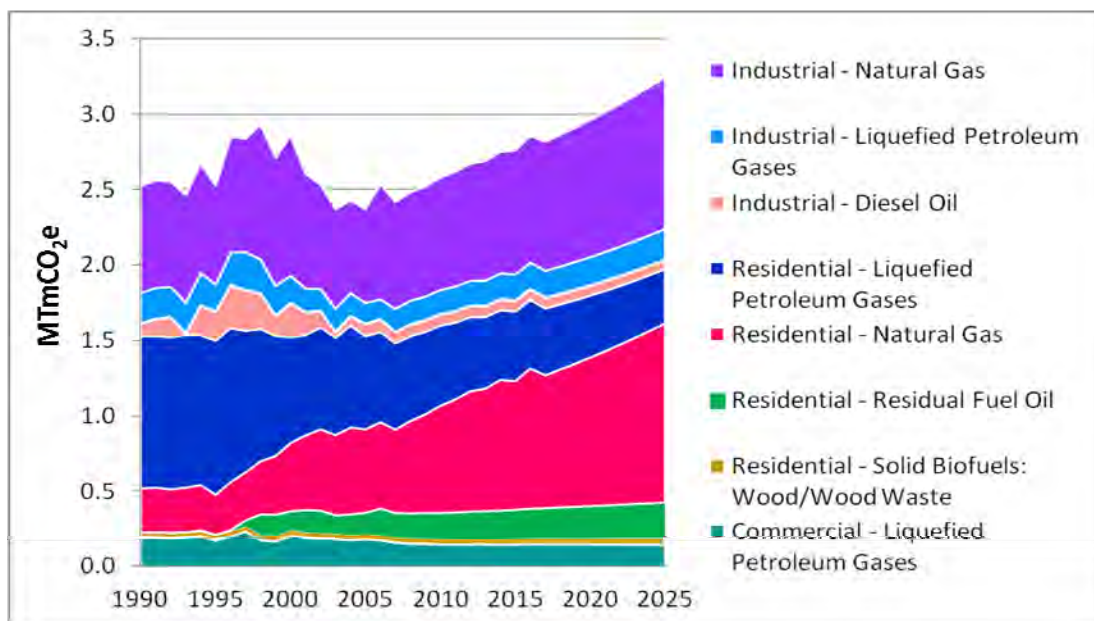
Cuadro B-3. Histórico de Energía Usada en el Sector RCI en TJ

| Fuente | Tipo de Combustible | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 |
|--------------|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Comercial | Gas Licuado de Petróleo | 2,938 | 2,641 | 3,145 | 2,777 |
| Industrial | Diesel | 1,102 | 2,548 | 2,974 | 1,051 |
| | Gas Licuado de Petróleo | 2,220 | 1,809 | 2,257 | 1,740 |
| | Gas Licuado de Petróleo (Agricultura) | 956 | 977 | 592 | 444 |
| | Gas Natural | 12,594 | 11,647 | 16,504 | 11,053 |
| | Combustóleo | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Residencial | Gas Licuado de Petróleo | 15,631 | 15,829 | 10,877 | 9,591 |
| | Gas Natural | 5,133 | 4,667 | 7,903 | 9,628 |
| | Combustóleo | 0 | 0 | 1,495 | 1,696 |
| | Biocombustibles sólidos: Leña | 347 | 397 | 439 | 415 |
| Total | | 40,921 | 40,514 | 46,185 | 38,396 |

La Figura B-1 y los Cuadros B-4 y B-5 proveen un perfil del resumen de emisiones de GEI para todo el sector RCI. En el 2005, el total de las emisiones de GEI en el sector RCI fue de 2.4 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (MTmCO₂e) de los cuales el 57% está relacionado con la quema de combustible en el subsector residencial, 35% es procedente del subsector industrial y 8% del subsector comercial. En 2005, el consumo de gas natural industrial y GLP residencial representó el 26% del uso de energía RCI, seguido por el consumo de gas natural residencial (23%).

Para el 2025, el total de las emisiones de GEI procedentes del sector RCI están proyectadas en 3.2 MTmCO₂e de los cuales el 56% proviene de la quema de combustible residencial, 39% de la quema de combustible industrial y 4% de la quema de combustible comercial. En general, las emisiones del sector RCI se derivan de la quema de gas natural en los sectores residencial e industrial. El consumo de gas natural se reportó como un total agregado en el estado para los subsectores residenciales, comerciales y para el sector de transporte. Además del consumo de gas natural comercial incluido en este agregado, es probable que parte del consumo comercial sea incluido en el consumo del subsector industrial. Para poder clarificar esto, datos más detallados de agencias estatales o proveedores de combustible serían necesarios.

Figura B-1. Emisiones de GEI en el Sector RCI



Cuadro B-4. Emisiones de GEI en el Sector RCI (MTmCO₂e)

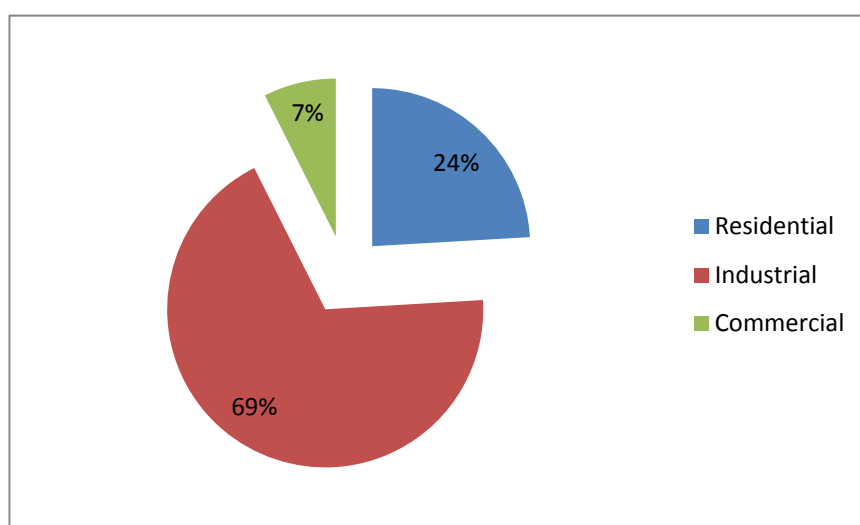
| Fuente | Tipo de Combustible | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|--------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Comercial | Gas Licuado de Petróleo | 0.19 | 0.17 | 0.20 | 0.18 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 |
| Industrial | Diesel | 0.08 | 0.19 | 0.22 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.06 |
| | Gas Licuado de Petróleo | 0.14 | 0.11 | 0.14 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.19 | 0.20 |
| | Gas Licuado de Petróleo (Agricultura) | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.00 |
| | Gas Natural | 0.71 | 0.66 | 0.93 | 0.62 | 0.75 | 0.82 | 0.91 | 1.01 |
| Residencial | Gas Licuado de Petróleo | 1.01 | 1.02 | 0.70 | 0.62 | 0.53 | 0.46 | 0.41 | 0.36 |
| | Gas Natural | 0.30 | 0.27 | 0.46 | 0.56 | 0.71 | 0.86 | 0.99 | 1.19 |
| | Combustóleo | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.14 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.23 |
| | Biocombustibles Sólidos: Leña | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 |
| Total | | 2.5 | 2.5 | 2.9 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3.0 | 3.2 |

Cuadro B-5. Distribución de Emisiones de GEI en el Sector RCI

| Fuente | Tipo de Combustible | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|-------------|---------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Comercial | Gas Licuado de Petróleo | 8% | 7% | 7% | 8% | 6% | 5% | 5% | 4% |
| Industrial | Diesel | 3% | 8% | 8% | 3% | 3% | 3% | 2% | 2% |
| | Gas Licuado de Petróleo | 6% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 6% | 6% |
| | Gas Licuado de Petróleo (Agricultura) | 2% | 3% | 1% | 1% | 1% | 1% | 0% | 0% |
| | Gas Natural | 28% | 26% | 33% | 26% | 29% | 30% | 31% | 31% |
| Residencial | Gas Licuado de Petróleo | 40% | 41% | 25% | 26% | 21% | 17% | 14% | 11% |
| | Gas Natural | 11.7% | 11% | 16% | 23% | 28% | 31% | 33% | 37% |
| | Combustóleo | 0.0% | 0% | 4% | 6% | 7% | 7% | 7% | 7% |
| | Biocombustibles Sólidos: Leña | 1.3% | 1.5% | 1.4% | 1.6% | 1.6% | 1.6% | 1.6% | 1.5% |

Aunque las emisiones relacionadas con la generación de electricidad que es consumida en los subsectores RCI están representadas en el sector de generación de electricidad (ver Apéndice A), es útil conocer la distribución del uso de electricidad entre los subsectores RCI con el fin de informar de posibles futuros enfoques para mitigar el uso de la energía, así como las emisiones de GEI. En 2005, el sector industrial fue el principal usuario de electricidad (69%), seguido de los subsectores residencial (24%) y comercial (7%). El Cuadro B-6 muestra el crecimiento histórico para las ventas de electricidad por el sector RCI. La proporción de las ventas de cada subsector RCI para sumar el total de las ventas fue usada para asignar las emisiones relacionadas dentro del sector de suministro eléctrico a cada uno de los sectores RCI. La Figura B-2 ilustra el desglose de ventas de electricidad para 2005 por parte del subsector RCI.

Figura B-2. Distribución de Ventas del Sector Eléctrico por Subsector, 2005



Cuadro B-6. Índices de Crecimiento Anual en Ventas Históricas de Electricidad

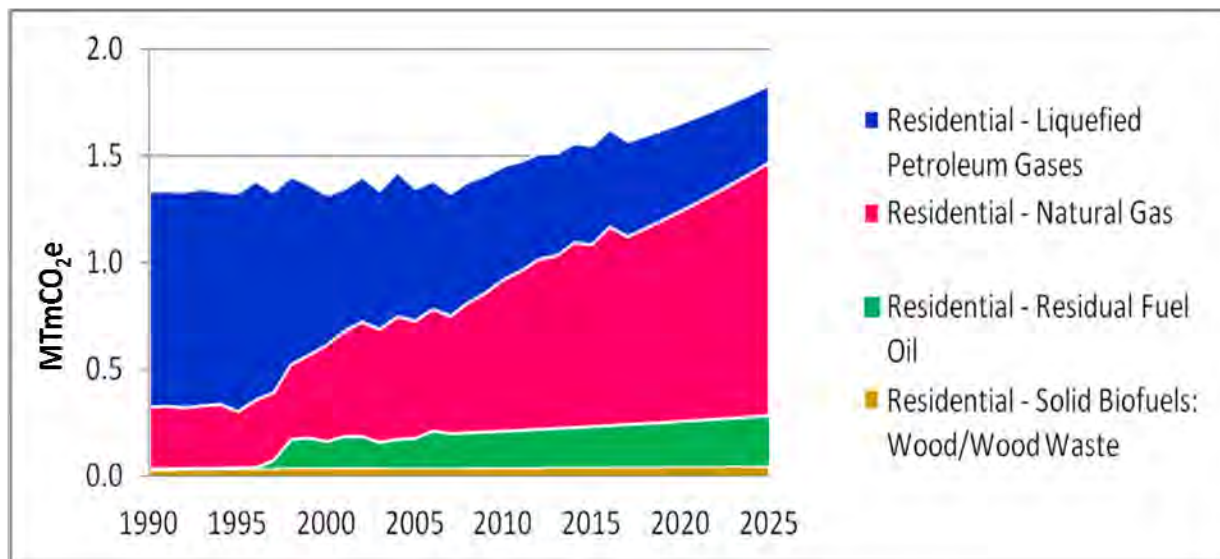
| Sector | 1990-2005* |
|--------------|-------------|
| Residencial | 5.3% |
| Comercial | 2.7% |
| Industrial | 5.5% |
| Total | 5.2% |

*1990-2005 índices compuestos anuales calculados de las ventas de electricidad por año de la SENER.

Las emisiones procedentes de las fuentes residenciales fueron motivadas por la quema de GLP y gas natural las cuales representaron el 46% y 41%, respectivamente de las emisiones residenciales totales en 2005, seguido por la quema de combustóleo en 10%. Las emisiones relacionadas con la quema de leña representaron el 3% del total. Las tendencias históricas y proyectadas de emisiones de GEI se muestran en la Figura B-3. El aumento en las emisiones proyectadas es motivado por la quema de gas natural residencial mientras que las emisiones relacionadas con el GLP se estima que disminuyan. Se estima que las emisiones relacionadas con

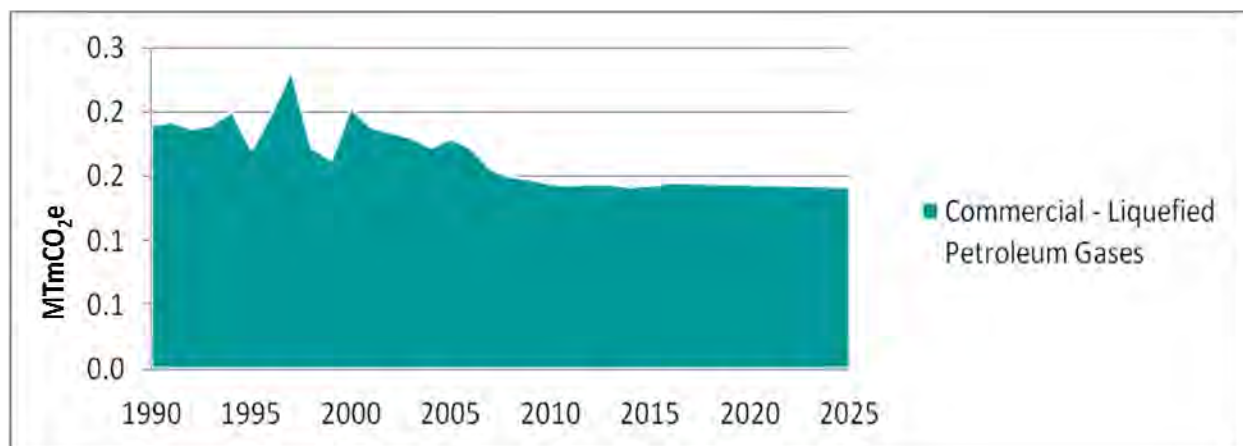
la quema de leña y combustóleo y combustóleo aumenten ligeramente por encima de los niveles de 2005.

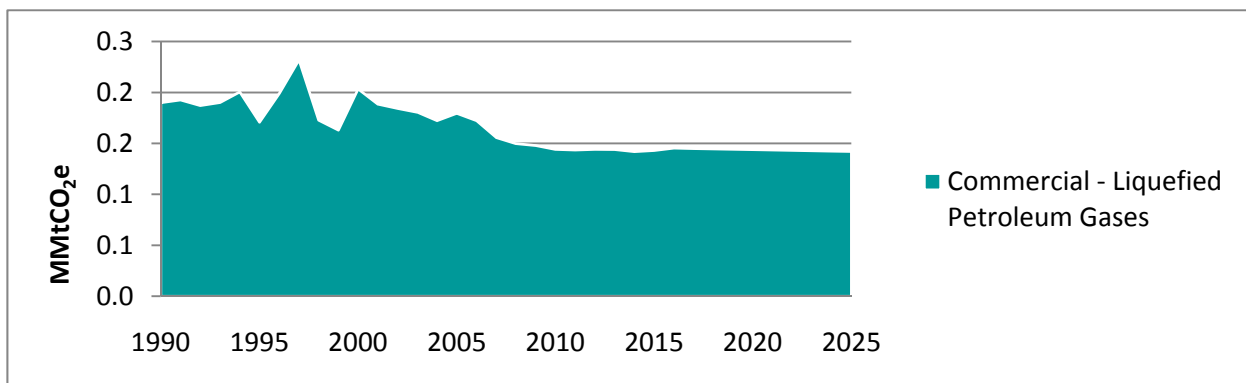
Figura B-3. Emisiones de GEI procedentes de Quema de Combustible en el Sector Residencial



Las emisiones procedentes de fuentes comerciales ascendieron a 0.2 MTmCO₂e en 2005 y se debieron a la quema de GLP la cual está relacionada con el uso de estufas. Parece plausible que el negocio de restaurante utilice GLP en cantidades significativas. Si ese es el caso, entonces los valores de las emisiones para el sector comercial se espera que sean mayores. Se justifica el trabajo adicional para describir mejor este sector. Las tendencias históricas y proyectadas de las emisiones de GEI comerciales se muestran en la Figura B-4. Del 2005 al 2025, las emisiones comerciales se estiman que disminuyan un 21% o aproximadamente 1% por año.

Figura B-4. Emisiones de GEI procedentes de la Quema de Combustible en el Sector Comercial

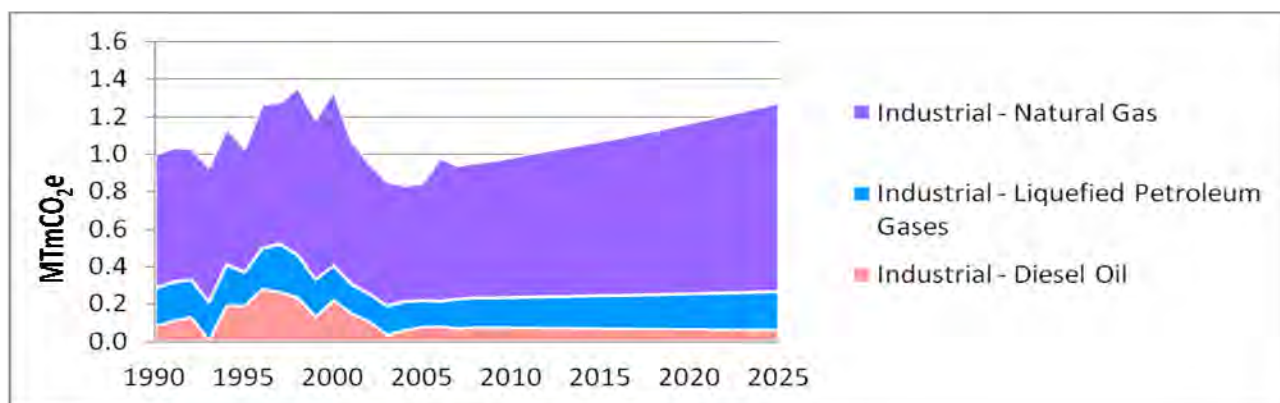




En 2005, las emisiones procedentes de fuentes industriales se debieron a la quema de gas natural (74%) seguido del GLP (13%) y diesel (10%). Las tendencias históricas y proyectadas de las emisiones de GEI se muestran en la Figura B-5. Los datos de consumo de GLP incluyen un desglose de la combustión relacionada con la industria agrícola. El GLP fue el único combustible para el cual se contó con información obtenida del consumo agrícola del resto del consumo industrial.

De 2005 hasta 2025, se estima que las emisiones industriales aumenten en 51% o aproximadamente 2.6 % por año.

Figura B-5. Emisiones de GEI de la Quema de Combustible procedentes del Sector Industrial



Incertidumbres Principales y Próximos Pasos

Los datos de la actividad del sector RCI desagregados por estado, por combustible y por subsector no siempre estuvieron disponibles. Se hicieron varios supuestos durante el proceso de segregación de datos de la actividad en un intento para evaluar las emisiones del sector RCI. Los consumos reportados de diesel y combustóleo fueron atribuidos al subsector industrial. Para el consumo de diesel en particular, un poco de esto probablemente será consumido dentro del sector comercial.

Además, la información sobre el consumo de gas natural fue combinada en un valor para los subsectores residencial, comercial, y transporte. Nacionalmente, el mayor consumo de gas natural está en el sector residencial, de ahí los valores agregados para el consumo de gas natural en Chihuahua fueron atribuidos al subsector residencial. En el futuro, el mejor desglose a nivel del sector podría ser posible con el uso de encuestas a proveedores de combustible.

El GLP fue el único combustible para el cual los usos en la agricultura fueron delineados; sin embargo, otros combustibles son probablemente usados en industrias agrícolas, particularmente el diesel y éstos pueden ser explicados en otros apéndices. Puede ser necesaria una investigación futura para determinar la cantidad que es consumida por la agricultura contra otras industrias.

Parte del consumo de combustible fue proyectado y en algunos casos retro-proyectados en el consumo histórico. El uso de los indicadores económicos podría mejorar las proyecciones de consumo en lugar de depender estrictamente en los índices históricos de crecimiento y permitiría el contemplar los ciclos económicos, incluso estallidos de crecimiento y recesiones. Los indicadores económicos históricos hacia 1990 también resultarían útiles para extrapolar y podrían plasmar la expansión y contracción en el consumo de combustible que acompañó los periodos de crecimiento y recesión. Actualmente, los indicadores económicos específicos por estado están solamente disponibles para los años 1993-2007, así es que no es posible extrapolar de 1990-1993 para los consumos de diesel y combustóleo. A principio de los años noventas se vivió una recesión y el consumo de diesel y combustóleo pudieron ser inferiores a los que se estimaba. Los indicadores económicos estatales y específicos adicionales son necesarios para mejorar retroproyección así como la proyección.

Apéndice C. Consumo de Energía en el Transporte

Descripción General

En este apéndice se presenta un resumen de las emisiones provenientes del consumo de energía relacionadas con las siguientes fuentes: transporte carretero, embarcaciones marítimas, motores ferroviarios y aviación. Los combustibles fósiles que queman estas fuentes producen dióxido de carbono (CO₂), además de pequeñas cantidades de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). El dióxido de carbono constituye aproximadamente el 96% de las emisiones de gases de efecto invernadero seguido de las emisiones de N₂O (3%) y metano (0.5%) sobre una base equivalente de dióxido de carbono.

Inventario y Proyecciones de Casos de Referencia

Metodología

Con base en la información disponible, se calcularon las emisiones sobre la base del consumo de combustible. Según las *Directrices de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)*, las emisiones se expresan en términos de la masa de gases de efecto invernadero por unidad de energía consumida. Dado que este método se usa para calcular las emisiones en términos de consumo de energía (Ej. julios), los datos sobre la venta de combustible fósiles se convirtieron de unidades de volumen a unidades de energía según el contenido de energía de cada combustible. Las emisiones se calcularon como sigue:

$$\text{Emisión} = \Sigma [\text{Combustible}_a \times FE_a \times PCG]$$

Donde:

Emisión = emisiones de gases de efecto invernadero por especie en kilogramos (kg) de dióxido de carbono equivalente (CO₂e)

Combustible_a = combustible vendido en Terajoules (TJ)

FE_a = factor de emisión (kg/TJ). Esto es igual al contenido del carbono del combustible multiplicado por el índice del peso atómico entre el dióxido de carbono y el carbono (44/12)⁵¹

a = tipo de combustible (Ej. gasolina, diesel, gas natural, gas LP, etc.)

PCG = potencial de calentamiento global (extraído del Segundo Reporte de Evaluación del IPCC o SAR)

a = tipo de combustible (Ej. petróleo, diesel, gas natural, gas L.P., etc.)

⁵¹ Los factores de emisiones para fuentes móviles de combustión se indican en el Capítulo 3, Volumen 2 del IPCC de 2006 Directrices para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>



La información sobre consumo de combustible para cada año se obtuvo de Petróleos Mexicanos (PEMEX) y de la Secretaría de Energía (SENER) de Chihuahua.² Debido a la limitada información sobre el consumo de diesel en el sector de ferrocarril, se aplicaron los datos nacionales a Chihuahua basados en la proporción de longitud de vías férreas en Chihuahua. No se asignó diesel para embarcaciones marítimas debido a que es un estado que no tiene acceso al mar sin puertos ni principales vías navegables. En el Cuadro C-1 se indican todas las fuentes de transporte y sus correspondientes datos de actividad. A continuación se mencionan detalles adicionales sobre los métodos utilizados para calcular las emisiones por sector.

Cuadro C-1. Factores de Actividad por Modalidad de Transporte

| Sector Fuente de GEI | Datos de Actividad | Fuente de Datos |
|------------------------------------|---|--|
| Transporte carretero – Gasolina | Estado de Chihuahua: consumo de combustible, 1990-2007 | Secretaría de Energía: Sistema de Información Energética, con información de Petróleos Mexicanos. |
| Transporte carretero – Diesel | Estado de Chihuahua: consumo de combustible, 1990-2007 | Secretaría de Energía: Sistema de Información Energética, con información de Petróleos Mexicanos. |
| Transporte carretero – GLP | Estado de Chihuahua: consumo de combustible, 1996-2007 | Secretaría de Energía: Prospectiva del mercado de gas LP 2007 - 2016 |
| Transporte carretero – Gas Natural | Estado de Chihuahua: consumo de combustible, 1996-2007 | Secretaría de Energía: Prospectiva del mercado de Gas Natural 2007 - 2016 |
| Aviación | Estado de Chihuahua: consumo de combustible, 1990-2007 | Secretaría de Energía de Chihuahua: Sistema de Información Energética, con información de Petróleos Mexicanos. |
| Ferrocarril | Consumo nacional de combustible para trenes, 1990-2002 | Instituto Nacional de Ecología: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002 |
| | Consumo nacional de combustible para trenes, 2003-2007 | Secretaría de Energía: Prospectiva de Petrolíferos 2008 – 2017 |
| | Longitud de vías férreas existentes para México y Chihuahua | Secretaría de Comunicaciones y Transportes: Longitud de Vías Férreas Existentes Por Entidad Federativa Según Tipo de Vía ⁵² |

Las proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero se calcularon sobre la base de las proyecciones de consumo de combustible para el periodo de 2001-2017 del *Prospectiva de Petrolíferos 2008-2017* y *Prospectiva del Mercado de Gas LP 2008–2017* de la SENER. Las tendencias de crecimiento para la última parte del periodo de proyección (2011-2017) se supone

⁵² Secretaría de Comunicaciones y Transportes: “Longitud De La Red Carretera Y Ferroviaria Por Mesoregión Y Entidad Federativa” Disponible en: http://Dgp.Sct.Gob.Mx/Fileadmin/User_Upload/Estadistica/Indicadores/Infra-Comytrans/Io5.Pdf

y “Distribución Porcentual De La Infraestructura De Transportes Y Comunicaciones Por Entidad Federativa Según Modo De Transporte Y Servicio De Comunicaciones”. Disponible en:

http://dgp.sct.gob.mx/fileadmin/user_upload/Estadistica/Indicadores/Infra-ComyTrans/IO4.pdf



que continuará hasta el 2025. En el Cuadro C-2, se indican los índices de crecimiento proyectados. Debido a una falta de datos de proyección específica para Chihuahua, las proyecciones nacionales se utilizaron para gasolina y diesel. Las proyecciones para GLP y para combustible para aviones son específicas para la Región Noreste de México.

Cuadro C-2. Índices de Crecimiento Compuesto Anual

| Fuente | 2007-2010 | 2010-2015 | 2015-2020 | 2020-2025 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Transporte carretero –Gasolina | 2.6% | 2.8% | 1.9% | 1.7% |
| Transporte carretero-Diesel | 1.8% | 3.4% | 2.5% | 2.2% |
| Transporte carretero – GLP | -25.5% | -1.4% | 0.0% | 0.0% |
| Transporte carretero – Gas Natural | 14.5% | 14.9% | 8.6% | 6.2% |
| Aviación | -12.8% | 3.0% | 2.8% | 2.5% |
| Ferrocarril | 2.0% | 2.3% | 1.3% | 1.4% |

Transporte Carretero

El consumo anual de gasolina y diesel en Chihuahua para 1990-2007 se obtuvo de la SENER. Para el diesel en transporte carretero, las estimaciones del diesel marino y diesel para trenes (estimaciones mencionadas abajo) se restaron de los valores totales del diesel para transporte por cada año. El consumo de GLP en el transporte no estuvo disponible para Chihuahua; por lo tanto, el consumo se estimó con base en los datos de *Prospectiva del Mercado de Gas LP 2007–2016* y *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2007–2016* de la SENER. La proporción del consumo de GLP en el transporte al consumo total de GLP para la región noreste de México fue aplicada al consumo total de GLP en Chihuahua. El mismo método se utilizó para calcular el consumo de gas natural para transporte en Chihuahua.

Para convertir el consumo de gasolina en autotransporte a emisiones de GEI, se combinaron el factor de emisión por defecto del bióxido de carbono del 2006 IPCC con los factores de emisión del metano y óxido nitroso del INEGEI, los cuales se determinaron en base del padrón vehicular nacional. Los valores de los factores de emisión del INEGEI varían cada año a medida que el perfil de vehículos (tecnología y edad) cambia con el paso del tiempo. Estos factores de emisión existen de 1990 hasta 2002 y por tanto, se asumió que los valores se quedaban idénticos de 2002 a 2025. Vale notar que el factor de emisión para el bióxido de carbón no varía con el uso de catalizadores. El Cuadro C-3 resume el juego de factores de emisión en el segmento autotransporte.

Cuadro C-3. Factores de Emisión para el Consumo de Gasolina en Autotransporte

| Factores de Emisión del INEGEI (CH ₄ , N ₂ O) y del IPCC 2006 (CO ₂) (kg/TJ) | | | |
|--|-----------------|-----------------|------------------|
| Año | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O |
| 1990 | 69,300 | 46.8 | 1.5 |
| 1991 | 69,300 | 46.8 | 1.5 |
| 1992 | 69,300 | 46.8 | 1.5 |
| 1993 | 69,300 | 45.39 | 1.767 |
| 1994 | 69,300 | 43.895 | 2.05 |

| Factores de Emisión del INEGI (CH₄, N₂O) y del IPCC 2006 (CO₂) (kg/TJ) | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ano | CO₂ | CH₄ | N₂O |
| 1995 | 69,300 | 43.242 | 2.174 |
| 1996 | 69,300 | 42.205 | 2.371 |
| 1997 | 69,300 | 40.685 | 2.659 |
| 1998 | 69,300 | 38.681 | 3.039 |
| 1999 | 69,300 | 36.719 | 3.41 |
| 2000 | 69,300 | 34.215 | 3.885 |
| 2001 | 69,300 | 31.74 | 4.354 |
| 2002 | 69,300 | 29.686 | 4.743 |

Embarcaciones Marítimas

Se asumió como cero para el consumo de diesel marino para Chihuahua ya que el estado no cuenta con acceso al mar y no tiene puertos marítimos.

Aviación

El consumo de turbosina en Chihuahua para los años 1990-2007 se obtuvo de la SENER. El consumo de gas avión en Chihuahua no estuvo disponible; sin embargo, el gas avión solo representa cerca del 1% de total de combustible para la aviación en México. Por lo tanto, las emisiones de este combustible se consideraron como carentes de importancia.

Ferrocarriles

El consumo de diesel para ferrocarriles no estuvo disponible para Chihuahua; por lo tanto, el consumo para este combustible se estimó adjudicando los usos nacionales a nivel estatal. El consumo nacional para combustible ferroviario para el periodo de 1990-2002 se tomó del inventario nacional de GEI. Los valores de consumo se incrementaron de 2002 a 2007 utilizando los valores consumo diario de diesel para ferrocarril de la Prospectiva de Petrolíferos 2008-2017 de la SENER. El consumo nacional fue adjudicado a Chihuahua utilizando la proporción de líneas ferroviarias en Chihuahua. La actividad actual, como las miles de toneladas de carga ferroviaria proveería información más precisa; sin embargo, estos datos no están disponibles.

Resultados

Durante los años del inventario (1990 a 2005), las emisiones totales generadas por el sector transporte incrementó un 66% alcanzando los 5.6 MTmCO₂e en el 2005. En 1990, las fuentes más grandes de emisiones de gases de efecto invernadero fueron las actividades relacionadas con la combustión de gasolina y diesel en carretera representando el 87% del total de las emisiones de GEI en el sector transporte en 1990. La fuente de mayor crecimiento a través del tiempo fue el GLP en transporte carretero con un crecimiento promedio anual de 18% de 1990 a 2005, seguido por la gasolina en transporte carretero (5%).

En el 2025, las emisiones totales del transporte se espera que sean del orden del 9.9 MTmCO₂e representando un incremento del 193% en 1990. Las emisiones del transporte carretero se espera que representen el 96% del total de las emisiones de transporte para el 2025. Las emisiones por parte del sector de la aviación cayeron a cero en el 2002 y se estima que representen un 0% en el 2025, un 6% por debajo en 1990. Las emisiones por parte del sector ferrocarril se espera que

representen un 3% del total de las emisiones del sector transporte en el 2025, un 7% por debajo en 1990.

En el Cuadro C-4 y en la Figura C-1 se presenta el resumen de la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero por fuente. La distribución de las emisiones de gases de efecto invernadero por fuente se presenta en el Cuadro C-5. Finalmente, en el Cuadro C-6 se incluyen los índices de crecimiento de las emisiones en ciertos intervalos seleccionados.

Cuadro C-4. Emisiones de GEI del Transporte (MTmCO₂e)

| Fuente | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Transporte Carretero – Gasolina | 1.95 | 2.88 | 3.05 | 3.84 | 4.57 | 5.26 | 5.77 | 6.29 |
| Transporte Carretero – Diesel | 0.96 | 1.13 | 0.97 | 1.37 | 2.10 | 2.49 | 2.81 | 3.14 |
| Transporte Carretero - GLP | 0.02 | 0.05 | 0.21 | 0.20 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| Transporte Carretero – Gas Natural | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 |
| Aviación | 0.22 | 0.11 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ferrocarril | 0.22 | 0.19 | 0.19 | 0.20 | 0.26 | 0.29 | 0.31 | 0.33 |
| Total | 3.37 | 4.36 | 4.49 | 5.60 | 7.02 | 8.12 | 8.98 | 9.85 |

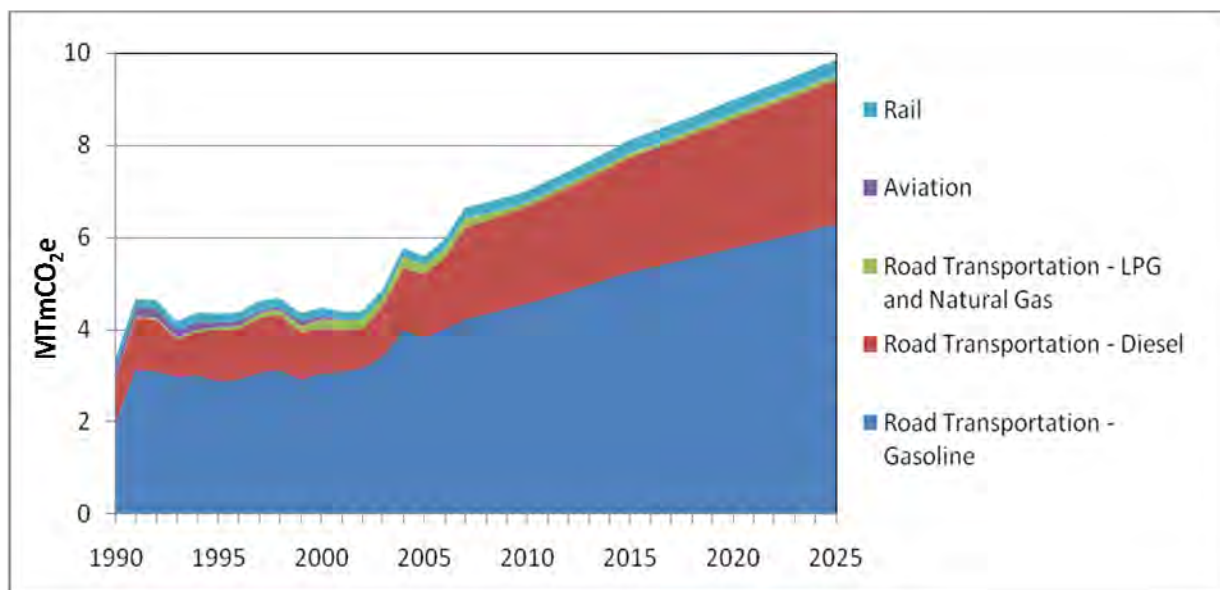
Cuadro C-5. Distribución de las Emisiones de GEI en el Sector de Transporte

| Fuente | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Transporte Carretero – Gasolina | 57.9% | 66.1% | 68.0% | 68.5% | 65.2% | 64.8% | 64.2% | 63.8% |
| Transporte Carretero - Diesel | 28.6% | 25.8% | 21.7% | 24.5% | 30.0% | 30.6% | 31.3% | 31.8% |
| Transporte Carretero - GLP | 0.5% | 1.2% | 4.7% | 3.5% | 1.1% | 0.9% | 0.8% | 0.7% |
| Transporte Carretero – Gas Natural | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.1% | 0.2% | 0.2% | 0.3% |
| Aviación | 6.4% | 2.6% | 1.5% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% |
| Ferrocarril | 6.6% | 4.3% | 4.2% | 3.5% | 3.7% | 3.5% | 3.4% | 3.3% |

Cuadro C-6. Porcentaje de Cambio en las Emisiones de GEI para Intervalos Seleccionados

| Fuente | 1990-2005 | 2005-2025 | 1990-2025 |
|------------------------------------|------------|------------|-------------|
| Transporte Carretero – Gasolina | 97% | 64% | 223% |
| Transporte Carretero - Diesel | 43% | 128% | 226% |
| Transporte Carretero - GLP | 1027% | -63% | 314% |
| Transporte Carretero – Gas Natural | NA | NA | NA |
| Aviación | -100% | NA | -100% |
| Ferrocarril | -11% | 67% | 48% |
| Total | 66% | 76% | 193% |

Figura C-1. Emisiones Brutas de GEI provenientes del Transporte por Combustible, 1990-2025



Incertidumbres Principales y Necesidades Futuras de Investigación

Según las Directrices del IPCC de 2006, el consumo de combustible energético es la forma preferida de los datos de actividad.⁵³ Los consumos de combustible para ferrocarril no estuvieron disponibles y tuvieron que ser estimados con base en el consumo nacional. Las emisiones nacionales fueron asignadas a Chihuahua con base en la proporción del total de vías férreas al total nacional. Las estimaciones más precisas se generarían usando los cálculos de la actual actividad ferroviaria (Ej. Toneladas-kilómetros y/o pasajeros-kilómetros). Con base en las actuales estimaciones, la contribución del sector ferroviario es muy pequeña.

Las estimaciones de óxido nitroso y metano están basadas en el consumo de combustible y en el tipo de equipo de control instalado en un vehículo.

Como se estableció anteriormente, las proyecciones nacionales se usaron para gasolina y diesel y las proyecciones para la Región Noreste de México se usaron para gas LP y turbosina. Las proyecciones específicas para Chihuahua serían preferidas ya que el consumo de combustible en Chihuahua podría crecer a una proporción diferente que en el resto de México.

Significativamente, las proyecciones de consumo de combustible en carretera no consideran cambios que son probables que ocurran en el futuro para mejorar la economía de combustible de los vehículos en carretera. Los estándares de la Economía de Combustible Corporativa Promedio (CAFÉ, por sus siglas en inglés) de los EE.UU. fueron revisados a través del Acta de Seguridad e Independencia Energética (EISA, por sus siglas en inglés) de 2007 y más adelante,

⁵³ Sección 3.2.1.3, Capítulo 3, Volumen 2 de las Directrices del IPCC de 2006, Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

las mejoras a la economía de combustible se lograrían en los EE.UU. a través de la adopción nacional de los estándares de emisiones vehiculares de California hasta los modelos del año 2016. Es muy probable que la mayoría de los vehículos de EE.UU. disponibles para compra en México sean diseñados para cumplir con los estándares de los EE.UU. Aun con las mejoras a la economía de combustible, el sector de los vehículos en carretera es uno donde las políticas podrían resultar decretadas en Chihuahua o a lo largo de todo México y en el futuro podría dar como resultado reducciones importantes en las emisiones de GEI.

[Esta página se dejó en blanco intencionalmente]

Apéndice D. Procesos Industriales y Uso de Productos

Descripción General

Las emisiones generadas por el sector de procesos industriales comprenden una amplia gama de actividades y reflejan fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que no proceden de la combustión. Las emisiones derivadas de la combustión por parte del sector industrial están comprendidas en el sector Quema de Combustible Residencial, Comercial e Industrial. Los procesos industriales que existen en Chihuahua y cuyas emisiones se calculan en este inventario son los siguientes:

Emisiones de dióxido de carbono:

- Emisiones sin combustión de la producción de cemento [*Categoría IPCC: Producción de Cemento*]⁵⁴;
- Uso de piedra caliza y dolomita [*Categoría IPCC: Otros Procesos con Usos de Carbonatos*], los cuales incluyen todos los usos que emiten CO₂, excepto cemento, cal y fabricación de vidrio^{55,56}
- Emisiones sin combustión de la producción de hierro y acero [*Categoría IPCC: Producción de Hierro y Acero*]⁵⁷

Sustitutos de sustancias destructoras del ozono (SDO):

Estos son principalmente los hidrofluorocarbonos (HFCs) usados en aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado [*Categoría IPCC: Refrigeración y Aire Acondicionado*]⁵⁸

Otros procesos industriales que son fuentes de emisiones de GEI sin combustión pero no fueron identificados en Chihuahua, incluyen lo siguiente:

Emisiones de dióxido de carbono procedentes de:

- Producción de cal
- Producción y consumo de carbonato sódico
- Producción de amoníaco y urea

Emisiones de metano procedentes de:

- Producción del aluminio
- Producción petroquímica y del negro de humo

Emisiones de óxido nitroso procedentes de:

- Producción de ácido nítrico
- Producción de ácido adípico⁵⁹

Emisiones de HFC, PFC y SF₆ procedentes de:

⁵⁴ IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 2, Sección 2.2.

⁵⁵ Uno de los usos principales de la piedra caliza y de la dolomita incluye la reparación del suelo agrícola (para neutralizar los suelos ácidos). El Apéndice de agricultura actualmente no contempla el consumo de piedra caliza ni de dolomita; sin embargo, si el consumo puede ser determinado en trabajos futuros, entonces el análisis debería de realizarse para reducir el potencial para doble conteo.

⁵⁶ IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 2, Sección 2.5.

⁵⁷ IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 4, Sección 4.2.

⁵⁸ IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 7, Sección 7.5.

⁵⁹ No hay producción de ácido adípico en México de acuerdo al Instituto Nacional de Ecología. 2008. *Informes del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990 – 2002*.



- Fabricación de semiconductores
- Producción de magnesio
- Sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica
- Producción de hidrofluorocarbonos-22 (HCFC-22)
- Producción de aluminio⁶⁰

Evaluación del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC)

RETC significa Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC). El registro recaba información de transferencia de contaminantes a varios medios (aire, agua o suelo) durante los procesos de producción de establecimientos industriales o actividades llevadas a cabo por los establecimientos de servicios (Ej. tintorerías, baños, hoteles, etc.). El RETC almacena información a partir del 2004 y contempla 104 sustancias reguladas federalmente, incluyendo tres GEIs: dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄).⁶¹ La información reportada al RETC no ha sido utilizada directamente para la generación de este inventario. Más bien, dicha información ha sido utilizada para identificar las fuentes industriales de GEI dentro de cada estado.

El uso de RETC en este inventario estuvo limitado debido a varios motivos. Primero, el RETC proporciona información que combina fuentes de emisiones energéticas y no energéticas. El enfoque del sector de Procesos Industriales es fuente de emisiones no energéticas. El IPCC define como emisiones energéticas a aquellas que se derivan de la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato que está diseñado para proporcionar calor o para ser usados lejos del aparato.⁶² Las emisiones energéticas están relacionadas con la combustión de combustibles fósiles en hornos de cocina, calderas, hornos, y motores; las emisiones energéticas están registradas como parte del Suministro Eléctrico, Transporte, Industrias de Combustibles Fósiles y Uso de Combustible Residencial, Comercial, Industrial. La distinción entre fuentes de emisiones energéticas y no energéticas es significativa y es mejor ejemplificada en el caso de la plantas de cemento donde las emisiones no energéticas (CO₂) resultan de la calcinación de minerales crudos para producir escoria, mientras que las emisiones energéticas están relacionadas con la combustión de combustible fósil en hornos de cemento. Segundo, el RETC sólo proporciona datos por un número limitado de años, particularmente 2004 y 2005. Una serie de dos años no es suficiente para identificar tendencias de emisiones de datos de la actividad histórica. Finalmente, el RETC es un programa joven que experimenta enorme crecimiento. En 2004, el número de participantes a nivel nacional sumó 1,715 y aumentó a 2,452 en 2005. La gran diferencia en la participación del programa indica que hay cuestiones de inconsistencia entre años.

A pesar de estas limitaciones, el RETC fue un instrumento valioso para identificar las emisiones de GEI procedentes de las fuentes industriales. Además, el RETC tiene el potencial para generar informes para emisiones energéticas y no energéticas ya que el registro funciona con información de las Cédulas de Operación Anual estatal y federal (permisos ambientales)

⁶⁰ Idem. El Aluminio solo se produce en el estado de Veracruz. .

⁶¹ Esta evaluación de RETC se basa en los datos recuperados antes de 1 de junio de 2009, del sitio

<http://app1.semarnat.gob.mx/retc/tema/faq.html>

⁶² IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 1, p.1.8



detallando la cantidad y la naturaleza de las fuentes de emisión. El Cuadro D-1 lista los negocios que reportaron emisiones de GEI al RETC. Como se mencionó anteriormente, los valores reflejan tanto las emisiones energéticas como las no energéticas.

Cuadro D-1. Resultados de las Emisiones de GEI del RETC (Ton Métricas CO₂e)

| SECTOR/COMPANIA | 2004 | | 2005 | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | CO ₂ | CH ₄ |
| INDUSTRIA ALIMENTICIA | | | | |
| BIMBO S.A. DE C.V. | | | 2,449 | |
| CONFECCIONES DE JUAREZ S.A. DE C.V. | 2,076 | | 5,924 | |
| DULCES BLUEBERRY S.A. DE C.V. | 9,666 | | | 258 |
| EMPACADORA Y FRIGORIFICO RODEO S.A. DE C.V. | 153 | | | |
| SIGMA ALIMENTOS NORESTE S.A. DE C.V. PLANTA CHIHUAHUA | 2,571 | | | |
| UNION DE GANADEROS LECHEROS DE JUAREZ S.A DE C.V | | | 0 | |
| ALCOHOL Y TABACO | | | | |
| EMBOTELLADORA DE LA FRONTERA S.A DE C.V. | | | 0 | |
| NOVAMEX MEXICO S.A. DE C.V. | 3,632 | | 2,709 | |
| FABRICACION DE PRODUCTOS DE METAL | | | | |
| APLICADORES MEXICANOS S.A. DE C.V. | | | 0.03 | |
| COLUMBUS INDUSTRIES MÉXICO S. DE R. L. DE C.V. | 1,199 | | 3 | |
| GRUPO AMERICAN INDUSTRIES, S.A. DE C.V. PROYECTO WERNER 1 | | | 3,076 | |
| INTERNATIONAL MANUFACTURING SOLUTIONS OPERACIONES S DE R L DE C V PLANTA 9 | | | 0.1 | |
| MAQUILADOS TECNICOS S.A. DE C..V. | 1,242 | | | |
| POTTER & BRUMFIELD DE MÉXICO S.A DE C.V. | | | 3 | |
| PRODUCTOS DE AGUA S. DE R.L. DE C.V. | 1,526 | | 2,227 | |
| PRODUCTOS DE CONSUMO ELECTRONICO PHILIPS S.A. DE C.V. PLANTA 10 | 220 | | | |
| PULIDOS DE JUAREZ SA DE CV | | | 0.0001 | |
| SABRE MANUFACTURING S. DE R.L. DE C.V. PLANTA I | | | 1 | |
| SABRE MANUFACTURING S. DE R.L. DE C.V. PLANTA II | | | 1 | |
| SENSUS METERING SYSTEMS DE MEXICO, S. DE R.L. DE C.V. | | | 55 | |
| SYSTEM SENSOR DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. | 136 | | 7 | |
| THOMSON TELEVISIONES DE MEXICO S.A. DE C.V. | 1,546 | | 227 | |
| TORO COMPANY DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. | | | 0.004 | |
| TORO COMPANY DE MÉXICO S. DE R.L. DE C.V. PLANTA II | | | 941 | |
| VIENTEK MEXICO S. DE R.L DE C.V. | | | 0.01 | |
| FABRICACION DE PRODUCTOS PLASTICOS | | | | |
| ARBOLES NAVIDEÑOS DE JUARÉZ S.A. DE C.V. | 436 | | 458 | |
| GRUPO AMERICAN INDUSTRIES S.A. DE C.V. PROYECTO FLEXFAB | 51,000 | | 1,649 | |
| GRUPO AMERICAN INDUSTRIES S.A. DE C.V. PROYECTO WERNER 2 | | | 144 | |
| INDUSTRIAL INTERNATIONAL SERVICES S.A DE C.V. | | | 0.0000 | |
| INDUSTRIAS BM DE MEXICO S.A. DE C.V. | 2,093 | | 1,836 | |
| INTERNATIONAL MANUFACTURING SOLUTIONS OPERACIONES S. DE R. L. DE C. V. PLANTA 16 | | | 41 | |
| THERMOTECH S.A. DE C.V. | | | 5 | |
| PRODUCTOS COMPUESTOS DE DIFERENTES MATERIALES | | | | |
| ANSELL PERRY DE MEXICO S.A DE C.V PLANTA SALVARCAR | | | 0.2 | |
| CORDIS DE MEXICO S.A. DE C.V. | 1,209 | | 3,311 | |
| CRITIKON DE MÉXICO S. DE R.L. DE C.V. | 363 | | 376 | |
| DAVOL SURGICAL INNOVATIONS S.A. DE C.V. | 313 | | 313 | |
| DYNAMIC PLASTICS MEXICANA S.A DE C.V | | | | 4 |
| EATON MOLDED PRODUCTS S. DE R.L. DE C.V. | | | 205 | |



| SECTOR/COMPANIA | 2004 | | 2005 | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | CO ₂ | CH ₄ |
| EES S.A. DE C.V. | 700 | | 700 | |
| EES S.A. DE C.V. PLANTA 2 | | | 55 | |
| GRUPO AMERICAN INDUSTRIES S.A. DE C.V. PLANTA 1 | 92,972 | | 56 | |
| GRUPO AMERICAN INDUSTRIES S.A. DE C.V. PLANTA 2 | 91,503 | | 329 | |
| GUADALUPE GUTIERREZ GARCIA | | | 8 | |
| INTERMEX MANUFACTURA S.A. DE C.V. PLANTA 8 TOMOEGAWA | | | 0.02 | |
| MMJ S.A. DE C.V. PLANTA 2 | | | 600 | |
| MMJ S.A. DE C.V. PLANTA BERMÚDEZ | | | 3 | |
| PHTP AUTOMOTIVE MEXICOS.A DE C. | | | 0.03 | |
| PRODUCTION SHARING DE MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA II | | | 916 | |
| SIPPICAN DE MEXICO S DE R.L. DE C.V. | | | 0.0000 | |
| SPECIALTY PACKAGING PRODUCTS DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 9 | |
| SUBENSAMBLES INTERNACIONALES S.A. DE C.V. | | | 1,899 | |
| TOSHIBA ELECTROMEX S.A DE C.V. | | | | 87 |
| VENUSA DE MÉXICO SA DE CV PLANTA 1 | 111 | | 0.4 | |
| VENUSA DE MEXICO SA DE CV PLANTA 2 | | | 1 | |
| AUTOMOTRIZ | | | | |
| AUTOVIDRIO S.A. DE C.V. | 841 | | | |
| CABLE BERGEN DE MEXICOS.S.A DE C.V. | | | 7 | |
| CADIMEX S.A. DE C.V. | 103 | | | |
| CAPSONIC S.A. DE C.V. | | | 206 | |
| COCLISA S.A DE C.V. PLANTA SAN LORENZO | 1,183 | | 1,371 | |
| COCLISA S.A. DE C.V. COMPLEJO OMEGA | 6,922 | | 9,960 | |
| DELMEX DE JUAREZ S. DE R.L. DE C.V. | | | 2,181 | |
| DELMEX DE JUAREZ S. DE R.L. DE C.V. PLANTA II | 5,717 | | 5,619 | |
| DELPHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, S.A. DE C.V. | | | 190 | |
| EAGLE OTTAWA S.A. DE C.V. PLANTA BERMÚDEZ | 340 | | 340 | |
| EAGLE OTTAWA S.A. DE C.V. PLANTA JARUDO | | | 431 | |
| ENSAMBLE DE INTERIORES AUTOMOTRICES S. DE R.L. DE C.V. | 321 | | 669 | |
| ENSAMBLE DE INTERIORES AUTOMOTRICES S. DE R.L. DE C.V. PLANTA II | 370 | | 370 | |
| ENSAMBLE DE INTERIORES AUTOMOTRICES, S. DE R.L. DE C.V. | 150 | | | |
| EXPORTACIONES DIAZ S.A. PLANTA II | | | 0.5 | |
| GRUPO AMERICAN INDUSTRIES S.A. DE C.V. PROYECTO CAMOPLAST | 7,608 | | | |
| GRUPO AMERICAN INDUSTRIES S.A. DE C.V. PROYECTO INTERDYNAMICS | | | 583 | |
| HOWE DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 0.01 | |
| INDUSTRIAL DE MOLDEO DE MÉXICO S. DE R. L. DE C.V. | | | 0.1 | |
| JEMCO DE MEXICO S.A. DE C. V. PLANTA GUADALUPE | | | 0.03 | |
| JEMCO DE MEXICO S.A. DE.C. V. PLANTA JUAREZ | | | 0.03 | |
| KEY SAFETY SYSTEMS DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. | 226 | | | |
| LABINAL DE CHIHUAHUA S.A. DE C.V. PLANTA I | | | 3 | |
| LABINAL DE CHIHUAHUA S.A. DE C.V. PLANTA II | | | 38,105 | |
| LEAR MEXICAM TRIM OPERATIONS S.DE R.L DE C.V. PLANTA JUAREZ. | 459 | | 459 | |
| LEAR MEXICAN TRIM OPERATION S. DE R.L DE C.V. | | | 194 | |
| LEAR MEXICAN TRIM OPERATIONS PLANTA VICTORIA | | | 0.001 | |
| LEAR MEXICAN TRIM OPERATIONS S. DE R.L. DE C.V. | 528 | | 1,056 | |
| LEAR MEXICAN TRIM OPERATIONS S. DE R.L. DE C.V. PLANTA RÍO BRAVO | | | 283 | |
| LEAR MEXICAN TRIM OPERATIONS S.R. DE C.V. PLANTA SAN LORENZO | 194 | | | |
| MANUFACTURERA EL JARUDO S. DE R.L. DE C.V. | 1,621 | | | |



| SECTOR/COMPANIA | 2004 | | 2005 | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | CO ₂ | CH ₄ |
| MORSE AUTOMOTIVE CORPORATION MÉXICO S DE R. L DE C.V. | 2,413 | | 2,378 | |
| NORTH AMERICAN PRODUCTION SHARING DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 3 | |
| PRODUCTOS POWERS DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 30 | |
| RIO BRAVO ELECTRICOS, S.A. DE C.V. PLANTA XX | | | 16,747 | |
| ROBERT BOSCH SISTEMAS AUTOMOTRICES S.A. DE C.V. | 201 | | 126 | |
| SIEMENS VDO S.A DE C.V | | | 4 | |
| SMALL PARTS DE MEXICO S. DE R.L DE C.V. | 143 | | 94 | |
| STRATTEC COMPONENTES AUTOMOTRICES S.A. DE C.V. | 331 | | 257 | |
| STRATTEC DE MÉXICO S.A. DE C.V. | 970 | | 1,009 | |
| VIDRIOCAR S. DE R.L. DE C.V. | | | 833 | |
| PULPA Y PAPEL | | | | |
| AVERY DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 544 | |
| CORRMEX CIUDAD JUAREZ C.A DE C.V | | | 0.0001 | |
| EXPORTACIONES DIAZ S.A. PLANTA I | | | 2,520 | |
| PACTIV MEXICO S. DE R.L. DE C.V. | 10,655 | | | |
| SMURFIT CARTON Y PAPEL DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 3,900 | |
| CEMENTO Y CAL | | | | |
| GCC CEMENTO S. A. DE C. V. PLANTA SAMALAYUCA | | | 645,975 | |
| GCC CEMENTO S.A. DE C.V. | 20,516 | | | |
| GCC CONCRETO S.A. DE C.V. PLANTA BLOQUERA III | | | 708 | |
| GCC CONCRETO S.A. DE C.V. PLANTA PORVENIR | | | 4 | |
| PRODUCTOS DE BARRO INDUSTRIALIZADO S. A. | 1,910 | | 2,423 | |
| ELECTRONICA | | | | |
| ADEMCO DE JUAREZ S.A. DE C.V. | | | 1,471 | |
| ADVANCE TRANSFORMER CO. S. A. DE C. V. DIVISIÓN CAPACITORES | | | 13 | |
| ADVANCE TRANSFORMER CO. S.A. DE C.V. DIVISION FESA | | | 4,577 | |
| ALAMBRADOS Y CIRCUITOS ELÉCTRICOS, S.A. DE C.V. PLANTA IV | 157 | | | |
| ALAMBRADOS Y CIRCUITOS ELÉCTRICOS, S.A. DE C.V. PLANTA VI | 173 | | | |
| ARK LES COMPONENTS S.A DE C.V. | | | 30 | |
| AUTOELECTRONICA DE JUAREZ S.A DE C.V. PLANTA I | | | 0.1 | |
| AUTOELECTRONICA DE JUÁREZ S.A DE C.V.PLANTA II | 15,753 | | 15,753 | |
| AUTOPARTES Y ARNESES DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 0.04 | |
| AUTOPARTES Y ARNESES DE MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA 2 | | | 350 | |
| AUTOPARTES Y ARNESES DE MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA 7 | | | 228 | |
| AUTOPARTES Y ARNESES DE MEXICO S.A. DE C.V.PLANTA 1 | | | 227 | |
| BARLOMEX S.A. DE C.V. | | | 0.01 | |
| BEL MANUFACTURERA S.A. DE C.V. PLANTA 4 | 2,968 | | 2,728 | |
| BOBINAS DE CALIDAD S. DE R.L. DE C.V. | | | 17 | |
| BOBINAS DEL SUR S.A. DE C.V. | | | 31 | |
| BURNER SYSTEMS INTERNATIONAL DE JUAREZ S.A. DE C.V. | | | 215 | |
| BUSSMANN S. DE R.L. DE C.V. | | | 65 | |
| CADIMEX S.A. DE C.V. | | | 14 | |
| CHERRY DE MEXICO S.A. DE C.V | | | 0.04 | |
| COMPONENTES DE ILUMINACION S.DE R.L. DE C.V. | | | 1,174 | |
| COMPONENTES ELECTRICOS DE LAMPARAS S.A DE C.V | | | 234 | |
| CONDUCTORES TECNOLIGICOS DE JUAREZ SA DE CV PLANTA 6A | | | 7 | |
| CONDUCTORES TECNOLOGICOS DE JUAREZ SA DE CV PLANTA 1 | | | 17 | |
| CONDUCTORES TECNOLOGICOS DE JUAREZ SA DE CV PLANTA 2 | | | 11 | |



| SECTOR/COMPANIA | 2004 | | 2005 | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | CO ₂ | CH ₄ |
| CONDUCTORES TECNOLOGICOS DE JUAREZ SA DE CV PLANTA 3 | | | 4 | |
| CONDUCTORES TECNOLOGICOS DE JUAREZ SA DE CV PLANTA 4 | | | 8 | |
| CONDUCTORES TECNOLOGICOS DE JUAREZ SA DE CV PLANTA 5 | | | 20 | |
| CONDUCTORES TECNOLOGICOS DE JUAREZ SA DE CV PLANTA 6B | | | 7 | |
| DIGITAL CONCEPTS DE MEXICO S.A DE C.V. | 318 | | | |
| ELCOTEC JUAREZ, S.A. DE C.V. | 502 | | | |
| ELECTRO COMPONENTES DE MÉXICO S.A. DE C.V. PLANTA 1 | 107 | | 107 | |
| ELECTRO COMPONENTES DE MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA 2 | | | 66 | |
| ELECTRO COMPONENTES DE MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA 3 | | | 3 | |
| ENLIGHT MEXICO S.A DE C.V | | | 0.0000 | |
| FCI ELECTRONICS MEXICO S. DE R.L DE C.V. | | | 0.06 | |
| FOSTER ELECTRIC MEXICO S.A. DE C.V. | 198 | | 12 | |
| FOXCONN MEXICO PRECISION INDUSTRY CO. S.A. DE C.V. | 125 | | 206 | |
| GENASCO S. A. DE C. V. | | | 133 | |
| HARMAN BECKER AUTOMOTIVE SYSTEMS SA DE CV | | | 84 | |
| HARPER MEX S.A. DE C.V. | 108 | | | |
| HOPKINS MANUFACTURING DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. | | | 149 | |
| I.G. MEX. S. DE R.L. DE C.V. PLANTA 3 | | | 31 | |
| IG MEX S DE R.L. DE C.V. PLANTA 2 | 767 | | 980 | |
| IG MEX S DE R.L. DE C.V. PLANTA 6 | | | 277 | |
| IG MEX S. DE R.L. DE C.V. PLANTA 4 | 7,660 | | | |
| IK PRECISION DE MEXICO SA DE CV IKPMI | | | 4 | |
| IK PRECISION DE MEXICO SA DE CV PLANTA IKPME | | | 7 | |
| INDUSTRIA DE TRABAJOS ELECTRICOS S.A. DE C.V. | | | 72 | |
| INTERNATIONAL MANUFACTURING SOLUTIONS OPERACIONES S DE R L DE C V PLANTA 15 | | | 0.03 | |
| INTERNATIONAL MANUFACTURING SOLUTIONS OPERACIONES S DE R L DE C V PLANTA 11 | | | 8 | |
| INTERNATIONAL MANUFACTURING SOLUTIONS OPERACIONES S DE R L DE C V PLANTA 13 | | | 35 | |
| JUVER INDUSTRIAL S.A. DE C.V. | 244 | | 236 | |
| KENSA DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. | | | 0.0000 | |
| KLINGLER INTERNATIONAL TECHNOLOGIES DE MEXICO S. A. DE C.V | | | 2 | |
| LEAR ELECTRICAL SYSTEMS DE MEXICO S. DE R.L DE C.V. PLANTA FUENTES | | | 36 | |
| LEAR ELECTRICAL SYSTEMS DE MEXICO S. DE R.L DE C.V. PLANTA SENECU | | | 36 | |
| LEAR ELECTRICAL SYSTEMS DE MÉXICO S. DE R.L. DE C.V. PLANTA MONARCA | | | 89 | |
| LEAR ELECTRICAL SYSTEMS DE MÉXICO S. DE R.L. DE C.V. PLANTA REFORMA | 832,769 | | 14 | |
| LEVITON DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. | | | 11 | |
| LEXMARK INTERNACIONAL S.A DE C.V BA1 | | | 45 | |
| LITE ON MEXICO S DE RL DE CV | | | 19,322 | |
| MANUFACTURAS AVANZADAS S.A. DE C.V. | 222 | | | |
| MOTORES ELECTRICOS DE JUAREZ S. DE R.L. DE C.V. PLANTA FCDM | 4,615 | | 1,000 | |
| MOTORES ELECTRICOS DE JUAREZ S. DE R.L. DE C.V. PLANTA FCM | 149 | | 0.1 | |
| MOTORES ELECTRICOS DE JUAREZ S. DE R.L. DE C.V. PLANTA FME | 229 | | 986 | |
| MOTORES ELECTRICOS DE JUAREZ S. DE R.L. DE C.V. PLANTA IGMEX PLANTA 4 | | | 4,864 | |



| SECTOR/COMPANIA | 2004 | | 2005 | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | CO ₂ | CH ₄ |
| MOTORES ELECTRICOS DE JUAREZ S. DE R.L. DE C.V. PLANTA MEJ 1 | | | 22 | |
| MOTORES ELECTRICOS DE JUAREZ S. DE R.L. DE C.V. PLANTA MEJ 2 | 248 | | 298 | |
| OPERACIONES DE MAQUILA DE JUAREZ S. DE R.L. DE C.V. OPTRON DE MEXICO S A DE C V | 3,807 | | 41 | |
| OUTOKUMPU HEATCRAFT DE MEXICO S. DE R. L. DE C. V. | | | | 0.1 |
| PEIKER ACUSTIC DE MEXICO S A DE C V | | | 26 | |
| PLATI MEXICO S.A. DE C.V. | | | 5 | |
| PLEXUS ELECTRÓNICA S. DE R. L DE C. V. | 238 | | | |
| PRODUCTOS DE CONSUMO ELECTRONICO PHILIPS S. A. DE C. V. | | | 135 | |
| RAPID INDUSTRIES DE MEXICO S.A DE C. V. | | | 0.02 | |
| RAYCHEM JUÁREZ S.A DE C.V | 344 | | | |
| RIO BRAVO ELÉCTRICOS, S.A. DE C.V. PLANTA IV | 211 | | 314 | |
| RIO BRAVO ELÉCTRICOS, S.A. DE C.V. PLANTA VII | 177 | | | |
| SGI DE MEXICO S.A DE C.V. | 2,000 | | 1,998 | |
| SHURE ELECTRONICA S.A DE C.V. | | | 2 | |
| SISTEMAS ELÉCTRICOS Y CONMUTADORES, S.A. DE C.V. | 289 | | 213 | |
| SISTEMAS Y CONEXIONES INTEGRADAS S.A. DE C.V. | | | 466 | |
| SOLECTRON GLOBAL SERVICES MEXICO S.A. DE C.V. | | | 1,075 | |
| SPECTRUM CONTROL DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 2 | |
| SYLVANIA COMPONENTES ELECTRONICOS S.A. | | | 6 | |
| TATUNG MEXICO SA DE CV | | | 4 | |
| TECNOLOGIA DE ILUMINACIÓN AUTOMOTRIZ S A DE C V | | | 1 | |
| TOTOKU ELECTRONICA MEXICANA S.A. DE C.V. | | | 10 | |
| WISTRON MEXICO S.A. DE C.V. | 775 | | 389 | |
| WOODHEAD DE MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA 1 | | | 0.02 | |
| WOODHEAD DE MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA 2 | | | 0.001 | |
| GENERACION ELECTRICA | | | | |
| COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD C.CICLO COMBINADO SAMALAYUCA II | 739,792 | | 595,218 | |
| COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD C.T. GRAL.FRANCISCO VILLA | | | 1,626 | |
| COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD C.T. SAMALAYUCA I | | | 1,072 | |
| COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD C.TG. JUAREZ INDUSTRIAL | | | 0.003 | |
| COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD C.TG. JUAREZ PARQUE | | | 0.01 | |
| FLEXCEL JUAREZ S.A. DE C.V. | | | 0.2 | |
| MCS DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 0.0001 | |
| METALURGICA (INCLUYE ACERO) | | | | |
| ADVANCE TRANSFORMER CO. S.A DE C.V. | | | 1 | |
| BRP MEXICO S.A. DE C.V. | | | 0.5 | |
| CMC COMMERCIAL METALS DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. | 3,199 | | | |
| CONTROLES DE TEMPERATURA S.A. DE C.V. | | | 0.002 | |
| ELECTROLUX HOME PRODUCTS DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 1,889 | |
| FALCON DE JUAREZ S.A. DE C.V. | | | 158 | |
| FUNDIDORA DE LA FRONTERA S.A DE C. V. | | | 0.02 | |
| FUNDIDORA URECA S. A. DE C. V. | 829 | | 842 | |
| I G MEX S DE R.L. DE C.V. PLANTA 5 | | | 21 | |
| INDUSTRIAL DIGITAL JUAREZ S.A. DE C.V. | | | 0.0000 | |
| INDUSTRIAS SELKIRK DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. | | | 1 | |
| MICROCAST TECHNOLOGIES MEXICANA S. DE R.L. DE C.V. | 17,323 | | 20,568 | |
| MINAS DE LA ALTA PIMERIA S.A. DE C.V. | | | 324,215 | |
| INDUSTRIA PETROLERA Y PETROQUIMICA | | | | |
| GASODUCTOS DE CHIHUAHUA S. DE R.L. DE C.V. | | 7,707 | | |



| SECTOR/COMPANIA | 2004 | | 2005 | |
|--|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | CO ₂ | CH ₄ |
| PEMEX GAS Y PETROQUIMICA BASICA SUBDIRECCION DE DUCTOS SECTOR | | 3,920 | | |
| TERMINAL DE DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO CIUDAD JUÁREZ CHIHUAHUA | | | 0.3 | |
| PINTURAS Y TINTAS | | | | |
| EPSON DE JUAREZ S.A. DE C.V. PLANTA 1 | 250 | | 189 | |
| EPSON DE JUAREZ S.A. DE C.V. PLANTA 2 | | | 75 | |
| FABRICACION DE QUIMICOS | | | | |
| AGRIESTRELLA S. DE R.L. DE C.V. | 3,687 | | | |
| ANSELL EDMONT INDUSTRIAL INC. DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 0.3 | |
| CREATEC DE MEXICO S DE R L DE C V | 10,674 | | 5,110 | |
| CRONI S.A DE C.V. | 2,566 | | 1,055 | |
| FANOSA S.A. DE C.V. | | | 1,619 | |
| FOAMEX DE JUAREZ S.A. DE C.V. | | | 27 | |
| GUAJADO INDUSTRIAL S.A. DE C.V. | | | 1,805 | |
| PETRO PAC DE CHIHUAHUA S.A. DE C.V. | 4,014 | | 4,014 | |
| PLASTICO GIGANTE DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 5 | |
| PRINCE MANUFACTURING DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. | | | 2,575 | |
| PRODUCTOS QUÍMICOS DE CHIHUAHUA S.A. DE C.V. | | | 338 | |
| SCA NORTH AMERICAN PACKAGING DE DIVISION S.A. DE C.V. | | | 0.03 | |
| SOLVAY FLUOR MEXICO S.A. DE C.V. | 5,464 | | | |
| SPECIALTY MINERALS S.A. DE C.V. | | | 0.3 | |
| TEXTILES | | | | |
| AMEX MEXICANA S.A DE C.V. | | | 1 | |
| BOMAR DE MEXICO S.A DE C.V | | | 11 | |
| CONVERTORS DE MEXICO S.A DE C.V | | | 86 | |
| INTERNATIONAL MANUFACTURING SOLUTIONS OPERACIONES S DE R L DE C V PLANTA 5 | | | 0.02 | |
| MANUFACTURAS DIVRSIFICADAS S.A. DE C.V. | 490 | | 490 | |
| MANUFACTURAS Y SERVICIOS INTERNACIONALES S. DE R.L. DE C.V. | | | 29 | |
| MOLNLYCKE HEALTH CARE S.A. DE C.V. PLANTA 1 | 313 | | 313 | |
| MOLNLYCKE HEALTH CARE S.A. DE C.V. PLANTA 2 | | | 46 | |
| VAL MEX SA DE CV | | | 36 | |
| OTROS | | | | |
| ARCHWAY MARKETING SERVICES DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 77 | |
| ARROW GAMES DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 0.001 | |
| DATAMARK DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 81 | |
| EDM S. DE R.L. DE C.V. PLANTA CENTRO | | | 0.003 | |
| EDM S. DE R.L. DE C.V. PLANTA SALVARGAR | | | 0.03 | |
| INGENIERIA EN MANUFACTURAS Y SERVICIOS S.A. DE C.V. | | | 431 | |
| MONARCH LITHO DE MEXICO S.A. DE C.V. | | | 44 | |
| PROMOTORA COMERCIAL DE LAS ARTES GRAFICAS S.A DE C.V. | | | 1 | |
| TOTAL | 1,992,142 | 11,626 | 1,795,211 | 349 |

Emisiones Históricas y Proyecciones de Casos de Referencia

Las emisiones de gases de efecto invernadero fueron estimadas usando las Directrices de 2006 del IPCC⁶³. El Cuadro D-2 identifica la información para cada categoría de la fuente de emisiones necesaria para calcular las emisiones, las fuentes de datos usadas para los análisis descritos aquí y los años históricos para los cuales las emisiones fueron calculadas basadas en la disponibilidad de datos.

⁶³ Directrices de 2006 del IPCC, Volumen 3.

Cuadro D-2. Enfoque para Calcular las Emisiones del Inventario

| Categoría de la Fuente | Periodo para el cual la Información está Disponible | Información Requerida | Fuente de Datos |
|------------------------------|---|---|---|
| Producción de Cemento | 2000-2008 | Tm de cemento y su composición de clínker | La producción de nacional de cemento y el inventario de plantas productoras por estado se obtuvo de las estadísticas de la Cámara Nacional de Cemento. http://www.canacem.org.mx/la_industria_del_cemento.htm Los datos de 2004-2008 fueron reemplazados con los datos de producción del Grupo Cementeros de Chihuahua. El contenido de clínker se derivó de las estadísticas nacionales de producción de cemento por tipo de producto. Fuente: INEGI. Encuesta Industrial Mensual (EIM). |
| Consumo de Piedra Caliza | 2003-2007 | Tm de piedra caliza consumida | Se asumió que el consumo fuera igual a la producción de piedra caliza menos la cantidad de piedra caliza en cemento. Fuente: Servicio Geológico Mexicano. 2008. <i>Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada, 2007</i> . Estadísticas por Producto para Minerales Metálicos y no Metálicos, Capítulo IV. |
| Producción de Hierro y Acero | 2003-2007 | Tm de acero crudo producida por el método de producción | Servicio Geológico Mexicano. 2008. <i>Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada, 2007</i> . Estadísticas por Producto para Minerales Metálicos y no Metálicos, Capítulo IV. |
| Sustitutos de SDO | 1980-2007 | Número de vehículos en circulación | Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación. http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx |

Los datos sobre la producción de cemento para 2004-2008 fue proporcionada por Grupo Cementeros de Chihuahua.⁶⁴ La producción de cemento para 2000-2004 se estimó basada en la producción nacional y en el número de plantas productoras de cemento en el estado. Los datos de la producción nacional no estuvieron disponibles para 1990-1999. Para estos años, la producción se estimó basada en la población estatal y en el estimado consumo nacional per cápita para el 2000 por parte de la Cámara Nacional de Cemento. En cuanto a la metodología, las guías 2006 IPCC requieren que se determine la fracción de cemento que es clínker de acuerdo al tipo de cemento. En base de las estadísticas nacionales cubriendo el periodo 1994-2008, se determinó la fracción de clínker ponderado de los varios tipos de cemento y este se aplicó a la producción estatal de cemento. Para los años 1990-1993, se asumió el mismo contenido de clínker que la del año 1994, El Cuadro D-7 resume el análisis para la fracción de clínker ponderado. Finalmente, El valor de clínker se multiplicó por el factor de emisión por defecto del 2006 IPCC de 0.52 toneladas de CO₂ por tonelada de clínker para obtener los valores de emisiones.

⁶⁴ Correspondencia vía correo electrónico entre Ing. Bertha Terán de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología e Ing. Raúl A. Ambríz de Grupo Cementeros de Chihuahua, 5/13/09.



El consumo de piedra caliza incluye todos los usos excepto la producción de cemento. Siguiendo estrictamente la metodología del IPCC, la piedra caliza usada en la fabricación de cal y vidrio también sería restada y reportada por separado. Sin embargo, debido a la falta de información a nivel estatal para el consumo de la piedra caliza por segmento de la industria, se presenta en este reporte un valor de consumo agregado. Se supuso que el consumo igualara la producción en el estado de este mineral menos la piedra caliza usada para la fabricación de cemento (para evitar doble conteo).⁶⁵ Los datos de producción de piedra caliza sólo estuvieron disponibles para 2003-2007. Se asumió que la producción de piedra caliza para el 2002 fuera igual a los valores de 2003 y de 1990-2002 asumiendo la misma tendencia encontrada en los valores de producción nacional de piedra caliza del Inventario Nacional de GEI. Para estimar las emisiones por consumo de caliza, se aplicó un factor de emisión 2006 IPCC de 0.44 toneladas de CO₂ por tonelada de caliza.

Los datos sobre la producción de hierro están disponibles y el RETC confirma que existen varias plantas dedicadas a la fundición de hierro dentro del estado; sin embargo, los datos sobre la producción de acero a nivel estatal de la CANACERO no mencionan a Chihuahua.⁶⁶ Por lo tanto, el factor de emisión del IPCC para el hierro en lingotes no procesado en acero⁶⁷ fue utilizado para estimar las emisiones del procesamiento de hierro; cuyo valor es 1.35 toneladas de CO₂ por tonelada de arrabio producido. Los datos de producción para el hierro estuvieron disponibles para 2003-2007. Los valores de producción para 1990-2002 se supone fueron igual a los valores de producción más pequeños durante el periodo 2003-2007.

Los métodos del IPCC no fueron usados para calcular los HFC'S de los sistemas de aire acondicionado móviles. Éstos fueron calculados usando un enfoque desarrollado para el inventario de GEI de 2005 para el estado de Baja California.⁶⁸ Este enfoque consiste en basar las emisiones en el número de vehículos operados durante cada año en el estado⁶⁹ y en el supuesto de que todos los vehículos están equipados con unidades de aire acondicionado. Este enfoque se desvía de la metodología perfilada en la Sección 7.5.2, Capítulo 7, Volumen 3 de las Directrices de 2006 del IPCC, Directrices para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero;⁷⁰ sin embargo, se adoptó en ausencia de mejores datos de actividad (Ej. información de ventas de HFCs para la metodología del IPCC). El número de unidades de aire acondicionado móviles fue convertido a emisiones usando un factor de emisión de 166 kg CO₂e por vehículo publicado por el IPCC en un informe técnico especial.⁷¹ Asimismo, las emisiones de sustitutos de SDO

⁶⁵ Valores por defecto se utilizaron para calcular el consumo de piedra caliza en la producción de cemento. Se asume que el cemento contiene 75% de escoria, se asume que la escoria es 65% cal y 100% de la cal se supone que proviene de la piedra caliza.

⁶⁶ Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero (CANACERO). Subgerencia de Análisis Estadístico e Información. 2009.

⁶⁷ 1.35 tm of CO₂/tm of pig iron, Volume 3 of the 2006 IPCC Guidelines

⁶⁸ *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Baja California 2005: Versión Final* Secretaría de Protección al Ambiente del gobierno del estado Baja California, Centro Mario Molina, Diciembre, 2007, pp. 26-27.

⁶⁹ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Estadísticas Activas del Registro de Vehículos de Motor.

⁷⁰ El método del IPCC está basado en ventas de químicos por aplicación.

⁷¹ IPCC/TEAP, Bert Metz, Lambert Kuijpers, Susan Solomon, Stephen O. Andersen, Ogunlade Davidson, José Pons, David de Jager, Tahl Kestin, Martin Manning y Leo Meyer (Eds). *Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues related to hydrofluorocarbons and perfluorocarbons*. Cambridge University Press: Cambridge, England. 2005 (p. 306) http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sroc/sroc_full.pdf.



provenientes de la refrigeración y el aire acondicionado estacionario se calcularon usando el enfoque adoptado por el inventario de GEI de 2005 para Baja California, el cual consiste en basar las emisiones en el número y tamaño de los hogares conectados a la red de suministro eléctrico. Para el cálculo se supuso que todas las viviendas con electricidad tienen un refrigerador y una unidad estacionaria de aire acondicionado. Se supuso también que las viviendas de dos o más recámaras cuentan con dos unidades de aire acondicionado. Este enfoque difiere de la metodología descrita en la Sección 7.5.2, Capítulo 7, Volumen 3 de las Directrices de 2006 del IPCC⁷²; sin embargo, se adoptó por carecerse de mejores datos de actividad (Ej. información sobre la venta de HCFCs). En este modelo se supone que el 10% de todas las unidades tienen fugas, y el 15% del refrigerante que descargan se compone de HCFC-22, siendo éste un hidroclorofluorocarbono que está sujeto a las disposiciones del Protocolo de Montreal y está exento de las consideraciones para los inventarios de GEI⁷³. Las emisiones asociadas con el HCFC-22 se incluyeron en este inventario para información del lector (ver Cuadro D-6); no obstante, no se incorporarán en el resumen de las emisiones de GEI estatales.

El Cuadro D-3 lista los datos y métodos que fueron usados para estimar los niveles de la actividad futura relacionados con las emisiones de los procesos industriales y las tasas de crecimiento anual compuesto calculadas de los datos/métodos para las proyecciones. Las proyecciones económicas no fueron identificadas; por lo tanto, las proyecciones estuvieron basadas en datos históricos. Los datos históricos para producción de hierro (toneladas), producción de productos minerales (horas hombre) y volumen total de producción fueron obtenidos del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG).⁷⁴

Cuadro D-3. Enfoque para Estimar las Proyecciones para 2005 al 2025

| Categoría de la Fuente | Supuestos de Proyección | Índices de Crecimiento Promedio Anual (%) | | | |
|-------------------------------------|--|---|-------------|-------------|-------------|
| | | 2005 -2010 | 2010 - 2015 | 2015 - 2020 | 2020 - 2025 |
| Producción de Cemento | Basado en horas hombre para la producción de productos minerales para el periodo 2003-2007 de la SNIEG | 8.2 | 4.5 | 3.7 | 3.1 |
| Consumo de Piedra Caliza y Dolomita | Basado en volúmenes físicos de producción para el periodo 2003-2007 de la SNIEG | -1.5 | 2.4 | 2.1 | 1.9 |
| Producción de Hierro y Acero | Basado en la producción de hierro (toneladas) para el periodo 003-2008 de la SNIEG | -1.1 | 3.3 | 2.8 | 2.5 |
| Sustitutos de SDO | Basado en el padrón vehicular 2003-2007 del INEGI | 4.1 | 3.1 | 2.7 | 2.3 |

Resultados

Las emisiones de GEI han sido resumidas en la Figura D-1 y en el Cuadro D-4. La distribución de las emisiones en el sector de procesos industriales se muestra para los años seleccionados en el Cuadro D-5. En 2005, se estimó que las emisiones de GEI procedentes de los procesos

⁷² Consultado en mayo de 2008 en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

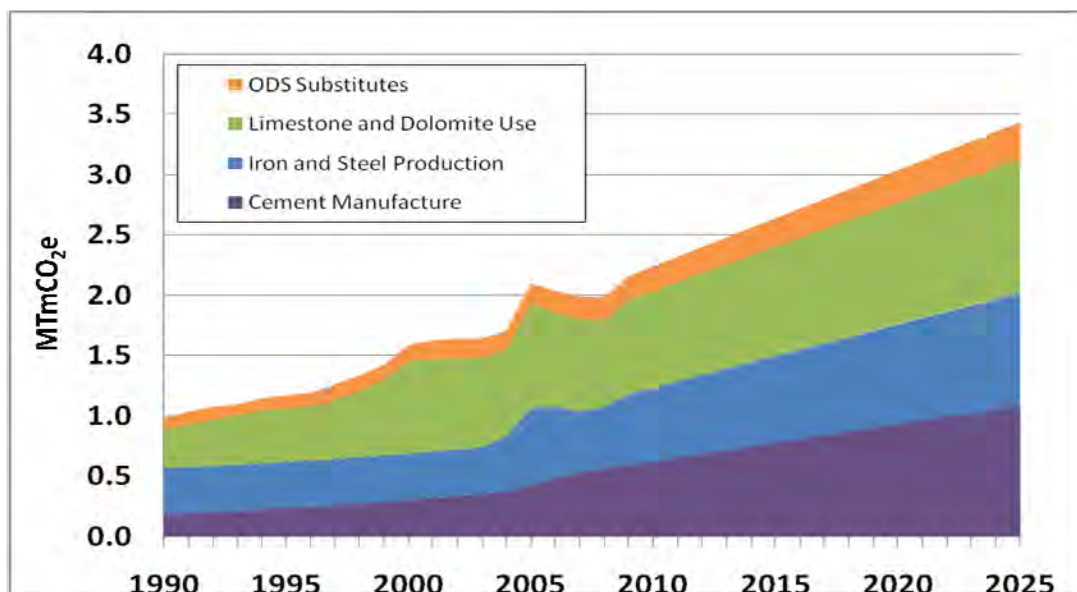
⁷³ Según el *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Baja California 2005*, los refrigeradores operan con HCFC-22 (ver página 26).

⁷⁴ Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=125&e=08>.



industriales sin combustión fueron aproximadamente 2.2 MTmCO₂e. La fuente más grande de emisiones es el uso de piedra caliza y dolomita, seguida de la producción de hierro y acero. Las emisiones están proyectadas para alcanzar aproximadamente 3.6 MTmCO₂e para el 2025, de los cuales el 33 % se espera que estén relacionadas con el uso de piedra caliza y dolomita, 32% con la producción de cemento y 26% con la producción de hierro y acero. Las emisiones relacionadas con la liberación de sustitutos de SDO están proyectadas para aumentar a aproximadamente 1.4 MTmCO₂e de 2005 al 2025; sin embargo, sus contribuciones relativas a las emisiones totales de los procesos industriales y uso de productos se espera que permanezcan constante en alrededor del 8%.

Figura D-1. Emisiones de GEI procedentes de Procesos Industriales 1990-2025



Cuadro D-4. Emisiones de GEI Históricas y Proyectadas para Procesos Industriales (MTmCO₂e)

| Fuente | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Producción de Cemento | 0.18 | 0.24 | 0.30 | 0.42 | 0.62 | 0.78 | 0.93 | 1.09 |
| Uso de Piedra Caliza y Dolomita | 0.32 | 0.45 | 0.77 | 0.87 | 0.81 | 0.91 | 1.01 | 1.12 |
| Producción de Hierro y Acero | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.65 | 0.61 | 0.72 | 0.83 | 0.94 |
| Sustitutos de SDO | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.20 | 0.24 | 0.27 | 0.30 |
| Gran Total | 0.98 | 1.17 | 1.59 | 2.10 | 2.25 | 2.64 | 3.04 | 3.44 |

Cuadro D-5. Distribución de Emisiones de GEI para Procesos Industriales (Por ciento)

| Fuente | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Producción de Cemento | 19% | 20% | 19% | 20% | 28% | 29% | 31% | 32% |
| Uso de Piedra Caliza y Dolomita | 33% | 38% | 48% | 41% | 36% | 34% | 33% | 32% |

| | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Producción de Hierro y Acero | 39% | 33% | 24% | 31% | 27% | 27% | 27% | 27% |
| Sustitutos de SDO | 9.4% | 9.2% | 8.5% | 7.9% | 9.1% | 8.9% | 8.9% | 8.8% |

Cuadro D-6. Emisiones de HCFC por Refrigeración y Aire Acondicionado

| Año | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Refrigeración (kg HCFC-22) | 1,052 | 1,203 | 1,315 | 1,396 | 1,467 | 1,533 | 1,601 |
| Aire Acondicionado (kg HCFC-22) | 25,625 | 29,315 | 32,037 | 34,015 | 35,750 | 37,351 | 39,024 |
| Emisiones Totales (MTmCO ₂ e) | 0.045 | 0.052 | 0.057 | 0.060 | 0.063 | 0.066 | 0.069 |

Cuadro D-7. Contenido Ponderado de Clinker en la Producción Nacional de Cemento

| Año | Volumen de producción nacional por tipo de cemento en toneladas | | | | | Contenido ponderado de clinker |
|------|---|------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|
| | Portland Gris (96% clinker) | Blanco (28.8% clinker) | Mortero (64% clinker) | Otro (64.4% clinker) | Clinker (100% clinker) | |
| 1994 | 30,243,326 | 516,684 | 720,232 | 113,625 | 220,619 | 94.1% |
| 1995 | 24,033,981 | 441,975 | 645,663 | 173,169 | 793,455 | 94.0% |
| 1996 | 26,440,746 | 466,440 | 1,140,024 | 127,125 | 1,447,276 | 93.8% |
| 1997 | 27,679,233 | 530,803 | 1,316,355 | 158,327 | 1,073,967 | 93.4% |
| 1998 | 28,608,786 | 568,795 | 1,549,994 | 187,670 | 592,846 | 93.1% |
| 1999 | 29,738,734 | 642,632 | 1,420,243 | 156,321 | | 93.1% |
| 2000 | 31,518,759 | 613,075 | 1,096,005 | 201,128 | | 93.5% |
| 2001 | 30,177,359 | 636,394 | 1,319,868 | | | 93.3% |
| 2002 | 30,897,412 | 623,680 | 1,850,420 | | | 93.0% |
| 2003 | 31,143,454 | 632,386 | 1,817,561 | | | 93.0% |
| 2004 | 32,374,824 | 680,380 | 1,937,238 | | | 92.9% |
| 2005 | 34,571,534 | 773,499 | 2,106,583 | | | 92.8% |
| 2006 | 37,180,967 | 843,869 | 2,337,166 | | | 92.7% |
| 2007 | 37,757,921 | 864,999 | 2,590,337 | | | 92.6% |
| 2008 | 36,608,126 | 823,449 | 2,679,457 | | | 92.5% |

Elaborado por CCS con valores para clinker del 2006 IPCC y datos de INEGI, Encuesta Industrial Mensual (EIM).

Incertidumbres Principales y Necesidades de Investigación

Las fuentes principales de incertidumbre y las necesidades de investigación que subyacen en las estimaciones anteriores son las siguientes:

- La piedra caliza y el consumo de dolomita para aplicaciones químicas derivadas de la liberación de CO₂ están relacionadas con varios segmentos de la industria incluyendo la agricultura, producción química, fabricación de vidrio, control de contaminación ambiental e industria metalúrgica. Por ejemplo, la piedra caliza y la dolomita son usadas para ajustar el pH en suelos agrícolas o pueden ser usados como piedras de flujo o purificadores en el refinado de metales, como el hierro. Una estimación ordinaria de la emisión fue preparada con base en la producción de estos minerales. Este método no contempla la piedra caliza triturada consumida para la construcción de calles u otros usos que no generan emisiones de CO₂. Este enfoque es provisorio mientras que los métodos

más exactos son desarrollados o los nuevos datos de la actividad son recopilados de las estadísticas económicas y/o encuestas de la industria.

- Debido a que los procesos industriales están determinados por el nivel de producción y por los procesos de producción de unas pocas industrias claves, existe incertidumbre relativamente alta en cuanto a las emisiones futuras de la categoría de procesos industriales como un todo. Las emisiones futuras dependen de la competitividad de los productores de Chihuahua en estas industrias y de la naturaleza específica de los procesos de producción usados en Chihuahua. Las emisiones proyectadas basadas en los datos económicos o en los datos del desempeño de la industria son por lo general más confiables que aquellos basados en tendencias históricas. El uso de datos económicos relevantes en este análisis pintará probablemente un mejor cuadro de emisiones de proyección.
- La incertidumbre significativa proviene del método adoptado para calcular las emisiones de GEI de los sistemas de aire acondicionado móviles. Éstos fueron calculados para Chihuahua según el enfoque descrito en el inventario de GEI de 2005 para Baja California.⁷⁵ Aunque este enfoque se desvíe de la metodología perfilada en las Directrices de 2006 del IPCC para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, esto permitió la cuantificación de las emisiones sustitutas de SDO. De acuerdo a las directrices del IPCC de 2006, estimaciones más precisas se pueden obtener recabando información de los fabricantes/importadores de equipo sobre la carga total de los sustitutos de SDO en los equipos que ellos fabrican o importan. Alternativamente, la información sobre las ventas pueden ser usadas para monitorear las fuentes de emisiones más exactamente.
- Debido a la falta de sustitutos de proyección razonablemente específicos, los datos históricos de la tendencia fueron usados para proyectar cambios de nivel de actividad de emisión por procesos industriales múltiples. Hay incertidumbre significativa relacionada con cualquier proyección, incluso una proyección que supone que las tendencias históricas pasadas continuarán en futuros periodos. Todos los supuestos en el crecimiento deberían ser revisados y corregidos por expertos en la de la industria para reflejar sus experiencias en futuras tendencias sobre todo para la industria productora de cemento, consumo de piedra caliza y dolomita y sustitutos de SDO.
- Para la T&D de electricidad y para la industria de semiconductores, los esfuerzos futuros incluyen una encuesta de compañías dentro de estas industrias para determinar a qué grado se están experimentando las pérdidas de SF₆.

⁷⁵ *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Baja California 2005: Versión Final* Secretaría de Protección al Ambiente del gobierno del estado Baja California. Centro Mario Molina. Diciembre, 2007 (26-27)

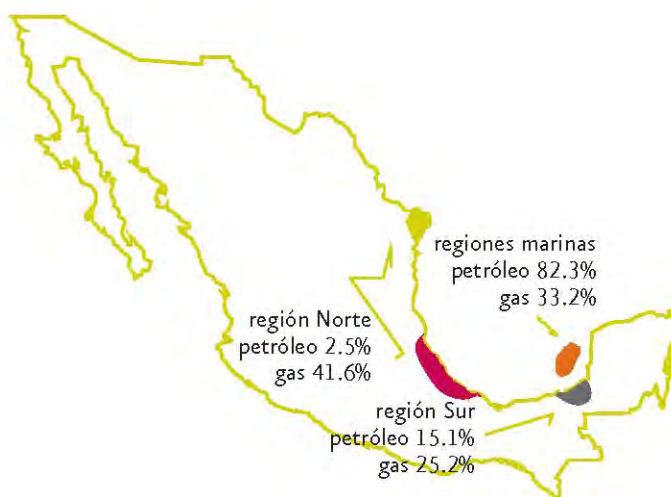


Apéndice E. Industrias de Combustibles Fósiles

Descripción General

Las emisiones de GEI relacionadas con el sector de industrias de combustibles fósiles incluyen emisiones fugitivas relacionadas con la producción, procesamiento, transmisión, y distribución de petróleo y gas, así como las emisiones fugitivas derivadas de la explotación de las minas de carbón.⁷⁶ En Chihuahua, las emisiones de GEI están limitadas a la transmisión y distribución de gas natural. Es improbable que otras fuentes de emisiones surjan porque Chihuahua no tiene depósitos de carbón, ni petróleo, ni reservas de gas natural.⁷⁷ Las áreas ricas en petróleo en México están localizadas alrededor del Golfo de México como se ilustra en el Cuadro E-1 abajo.

Figura E-1. Producción de Petróleo y Gas por Región⁷⁸



Fuente: Sistema de Información Energética, Sener.

La suma de los parciales puede no coincidir con los totales, debido al redondeo de las cifras.

Emisiones y Proyecciones de Casos de Referencia

Metodología

Para el desarrollo del cálculo de emisiones de gas natural, el CCS tomó en cuenta varios métodos posibles que podrían ser aplicados con base en la naturaleza y en la disponibilidad de los datos de la actividad. Se consideró un método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC 2006* (Método A). Este enfoque estima las emisiones en función del volumen de gas natural comercializado en el sistema y en los factores de emisión recomendados para países en vías de desarrollo que tienen

⁷⁶ Cabe mencionar que las emisiones provenientes del gas natural que se usa como combustible para operaciones de extracción (en pozos, campos y terrenos arrendados) y como combustible en plantas (de procesamiento de gas natural) se incluyen en el Apéndice B bajo el rubro de quema de combustible industrial.

⁷⁷ Información sobre reservas de petróleo y gas se obtuvo de PEMEX. *Reservas de Hidrocarburos al 1 de Enero de 2009*. Marzo, 2009. <http://www.ri.pemex.com/index.cfm?action=content§ionID=134&catID=12201>

⁷⁸ Secretaría de Energía. *Balance Nacional de Energía 2006*. (p.37)



su base fuera de las Américas con un amplio rango de incertidumbre (-40 al 250%).⁷⁹ Este enfoque fue utilizado por los autores del *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero* (INEGEI).

Por otro lado, la *Guía de las Buenas Prácticas y Gestión de la Incertidumbres en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del IPCC* ofrece un enfoque para que Norteamérica mejore la correlación entre datos de la actividad y las emisiones (Método B). El mejoramiento de la correlación se logra a través de la creciente desintegración de la industria y en muchos casos cambiando a un parámetro diferente al de los datos de la actividad como las unidades de procesamiento de gas natural y la longitud de la tubería de transmisión. El Método B representa una versión simplificada de los métodos de cuantificación desarrollados por el estudio del GRI para la EPA estadounidense.⁸⁰ El estudio en su totalidad identificó aproximadamente 100 componentes de los sistemas de gas natural que son fuentes de emisión de metano. Para cada componente, el estudio desarrolló un factor de emisión. Para estimar las emisiones, los factores de emisión fueron multiplicados por el nivel de actividad para cada componente (Ej. cantidad de gas producido, número de pozos, millas de tubería de un tipo determinado y régimen de operaciones, u horas de operación de un tipo de compresor).

El estudio GRI también sirvió como base para la Herramienta para Inventarios Estatales de Gases de Efecto Invernadero (SIT) (*State Greenhouse Gas Inventory Tool*, SIT), una herramienta autorizada por la EPA estadounidense para facilitar el desarrollo de los inventarios de emisiones de GEI en el estado (Método C).⁸¹ Similar al Método B, el SIT racionaliza el enfoque del estudio GRI agrupando los segmentos y correlacionando las emisiones a varios parámetros, además de la producción de gas natural

La *Guía sobre las Buenas Prácticas* del IPCC recomienda el enfoque inherente en los métodos B y C, particularmente, la correlación de los segmentos de la industria de combustibles fósiles con una diversidad de parámetros de los datos de la actividad. Para propósitos de este inventario, el CCS seleccionó el Método C porque ofrece un estimado de las emisiones basadas en un amplio número de parámetros y también provee una base consistente con los inventarios de GEI a nivel estatal en los EE.UU.

El CCS llevó a cabo una comparación de emisiones estimadas por estos métodos diversos (ver Cuadro E-2). Los valores que utiliza el Método A representan emisiones más altas donde los controles regulatorios y operacionales son pocos a ninguno. Los valores derivados de los Métodos B y C reflejan emisiones más bajas donde el sistema de gas natural tiene un buen mantenimiento y es altamente confiable. El Cuadro E-1 muestra los factores de emisión del Método C de acuerdo a la actividad en Chihuahua.

⁷⁹ Valores por defecto del IPCC se basan en estudios no publicados en China, Rumania y Uzbekistán. Ver Directrices del IPCC 2006, Volumen 2, Capítulo 4, Cuadro 4.2.5.

⁸⁰ GRI/US EPA (1996). *Methane Emissions from the Natural Gas Industry*. Reporte No. EPA-600/R-96-080, GRI / Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

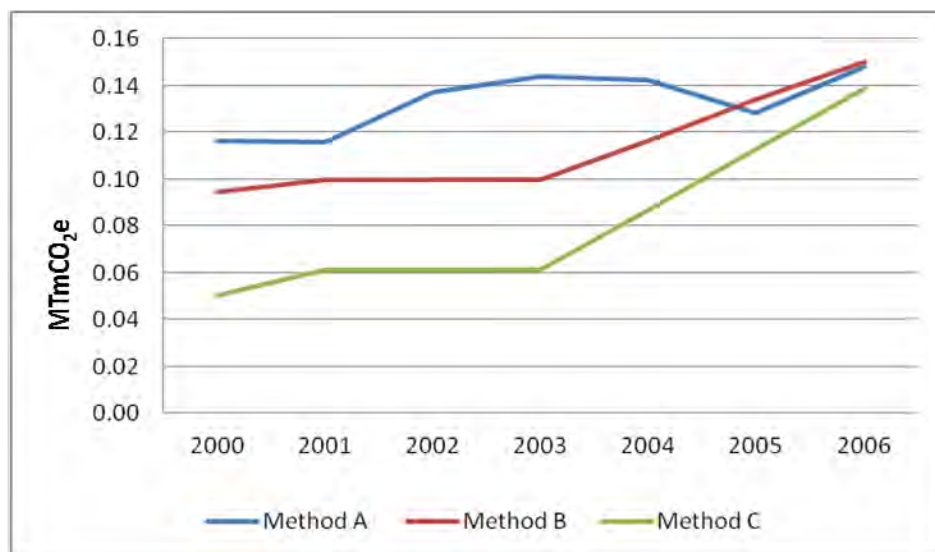
⁸¹ Información adicional sobre el SIT de la EPA disponible en www.epa.gov/climatechange/emissions/state_guidance.html



Cuadro E-1. Factores de Emisión de la Industria de Combustibles Fósiles por Actividad en Chihuahua

| Actividad | Factores de Emisión | |
|---|---------------------|--|
| <i>Transmisión de Gas Natural</i> | | |
| Millas de tubería de transmisión | 0.6 | toneladas de CH ₄ por año por unidad de actividad |
| Número de estaciones compresoras de gas | 964.1 | toneladas de CH ₄ por año por unidad de actividad |
| <i>Distribución de Gas Natural</i> | | |
| Millas totales de tubería de distribución | 0.541 | toneladas de CH ₄ por año por unidad de actividad |
| Número total de servicios | 0.015 | toneladas de CH ₄ por año por unidad de actividad |

Figura E-2. Comparación de las Emisiones del Sistema de Gas Natural por Método



Emisiones de la Industria de Gas Natural

Las fuentes de información claves para los datos de la actividad fueron la Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE). La SENER proporcionó información acerca de la infraestructura de transmisión y distribución de gas natural (incluyendo las longitudes de tubería y el número de unidades de almacenaje planeadas y de operaciones).⁸² También proporcionó datos sobre el número de usuarios atendidos por esta infraestructura (indicando el número de medidores). El CRE ofreció información sobre compañías autorizadas para construir y operar las líneas de gas natural y la fecha de estas concesiones.⁸³ La

⁸² Secretaría de Energía. *Prospectiva del Mercado de Gas Natural*. México: SENER. Información tomada de las publicaciones con fecha del 2003 al 2007. <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=48#prop2008>

⁸³ Una lista de permisos para la transmisión y distribución de gas natural está disponible en <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=169>

información obtenida por medio de estas fuentes de datos fue escasa y en gran parte derivada de las descripciones de los permisos donde se listó la información proyectada (Ej. número de servicios al final de los 5 años de concesión); es posible, por lo tanto que la emisión sea ligeramente sobrestimada. El Cuadro E-2 resume los datos de la actividad usados en el cálculo de la estimación de emisiones de la industria de gas natural. Por favor observe que partes de la información en el cuadro no fueron provistas en base anual pero si en periodos de 5 años. Se aplicó una interpolación lineal para obtener valores anuales.

Emisiones de la Industria Petrolera

Como se describió anteriormente no existe producción de petróleo ni refinamiento en Chihuahua.

Emisiones de la Industria del Carbón

No existe producción o procesamiento de carbón en Chihuahua.

Cuadro E-2. Enfoque para Estimar las Emisiones Históricas/Proyectadas de los Sistemas de Combustible Fósiles

| Actividad | Enfoque para Calcular las Emisiones Históricas | | |
|---|--|---------------------------------|---|
| | Datos Requeridos | | Datos Requeridos |
| Producción de Gas natural | Numero de pozos | No están presentes en Chihuahua | |
| Procesamiento de gas natural, ventilación y fulguración | Volumen de gas natural procesado | No están presentes en Chihuahua | |
| Transmisión de gas natural | Millas de tubería de transmisión | PEMEX/ CRE/SENER | Permiso fechado el 4/7/97 = 38 km Permiso fechado el 2/6/99 = 805 km Permiso fechado el 2005-06 = 14.9 km |
| | Número de estaciones de compresores para la transmisión de gas | No están presentes en Chihuahua | |
| | Número de estaciones de almacenaje | No están presentes en Chihuahua | |
| Distribución de Gas natural | Millas de tubería de distribución | CRE SENER | Permiso fechado el 2/12/97 = 1828 km 2004-2009 = 5478 km |
| | Numero de servicios | SENER | Permiso fechado el 2/12/97 = 1828 km 2004-2009 = 5478 km |
| Sistemas de petróleo | Volumen de petróleo procesado | No están presentes en Chihuahua | |
| Minas de carbón | Toneladas de producción | No están presentes en Chihuahua | |

Proyección de Emisión

Algunos supuestos fueron hechos en la preparación de la proyección. Debido a la gran inversión envuelta en la construcción de la infraestructura de transmisión de gas natural, la proyección no supuso adquisiciones de tubería de transmisión o de estaciones de almacenaje además de las que ya existían en el 2006. Por otra parte, se supuso que la red de distribución y el número de usuarios crecería anualmente en 4.0 % hasta el 2010, en la misma proporción que el crecimiento

en el número de hogares equipados con estufas de gas de 1990 al 2000.⁸⁴ Este crecimiento vigoroso representa el rápido desarrollo del sector de gas natural en México y en Chihuahua, en particular. Sin embargo, a partir del 2011, se supone que el crecimiento disminuirá al 0.63% del índice de crecimiento de la población estatal para el periodo 2011-2025.⁸⁵

En corto, la proyección se registrará por el fuerte crecimiento de las emisiones provenientes del sistema de distribución de gas natural sin asumir crecimiento alguno en el correspondiente sistema de transmisión.

Resultados

El Cuadro E-3 muestra las emisiones estimadas de la industria de combustible fósil en Chihuahua durante el período de 1990 a 2025. La transmisión de gas natural es el principal contribuidor tanto de las emisiones históricas como del crecimiento de las emisiones. La contribución relativa a las emisiones totales del sector se muestra en el Cuadro E-4. La Figura E-1 muestra las tendencias de las emisiones en los niveles de proceso de la industria de combustible fósil en base a millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (MTmCO_{2e}).

Cuadro E-3. Emisiones Históricas y Proyectadas de la Industria de Combustibles Fósiles en MTmCO_{2e}

| Fuente | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Transmisión de GN | 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0.007 | 0.007 | 0.007 | 0.007 | 0.007 |
| Distribución de GN | 0.000 | 0.000 | 0.043 | 0.106 | 0.191 | 0.198 | 0.205 | 0.210 |
| Total | 0.000 | 0.000 | 0.050 | 0.113 | 0.197 | 0.205 | 0.211 | 0.217 |

Cuadro E-4 Distribución de Emisiones Históricas y Proyectadas por Fuente

| Fuente | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Transmisión de GN | 0% | 0% | 14% | 6% | 4% | 3% | 3% | 3% |
| Distribución de GN | 0% | 0% | 86% | 94% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

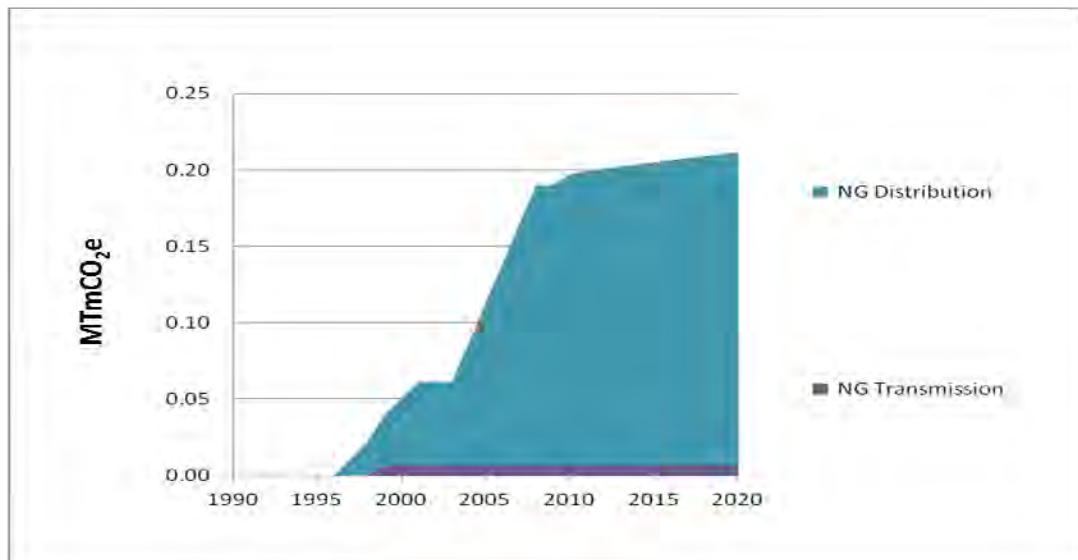
⁸⁴ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 1990. *Censos Generales de Población y Vivienda*.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2000. *Censos Generales de Población y Vivienda*.

⁸⁵ Consejo Nacional de la Población. <http://www.conapo.gob.mx/>



Figura E-1. Tendencias en las Emisiones de las Industrias de Combustibles Fósiles (MTmCO₂e)



Incertidumbres Principales

Las principales fuentes de incertidumbre que subyacen en las estimaciones anteriores son las siguientes:

- Las primeras referencias sobre la industria de combustibles fósiles data de 1997 en la lista del CRE de distribuidores de gas natural.⁸⁶ Debido a la cantidad limitada de registros históricos, existe mucha incertidumbre alrededor de las estimaciones de emisiones para el periodo 1990 a 1997.
- Los factores de emisión se basaron en promedios de toda la industria estadounidense. Hasta que las emisiones fugitivas sean reveladas con base en los registros específicos de operación y mantenimiento y en estudios locales (por lo menos específico para los estados mexicanos), importantes incertidumbres permanecen tanto alrededor de la transmisión de gas natural como alrededor de estimaciones de emisiones generadas por la distribución
- Los supuestos usados para las proyecciones no reflejan todos los futuros cambios potenciales que podrían afectar las emisiones de GEI, incluyendo los futuros gastos de capital, cambios potenciales en regulaciones y mejoras que reduzcan las emisiones de la producción de petróleo y de gas, procesamiento, y tecnologías de entubado.

⁸⁶ Ver pie de página 6.

Apéndice F. Agricultura

Descripción General

Las emisiones contempladas en este apéndice se refieren a las emisiones no energéticas de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) procedentes del ganado y la producción agrícola.

Asimismo, el apéndice comprende las emisiones y los sumideros de carbono en suelos agrícolas derivados de cambios en las prácticas de cultivo. Las emisiones energéticas (quema de combustibles fósiles en el equipo agrícola) se incluyen en las estimaciones sobre el sector residencial, comercial e industrial (RCI) (ver Apéndice B). Otras emisiones de CO_2 o secuestros procedentes del ganado y de la producción de cultivos se consideran como biogénicos y por consiguiente las directrices del IPCC no son incluidas en las estimaciones de emisiones de GEI.

Las principales fuentes de GEI y sumideros –producción pecuaria, suelos agrícolas, y quema de residuos de cultivos– se subdividen además en la siguiente forma:

- *Fermentación entérica:* Las emisiones de CH_4 derivadas de la fermentación entérica son el resultado de los procesos digestivos normales del ganado rumiante y no rumiante. Los microbios que se encuentran en el sistema digestivo del animal descomponen los alimentos y emiten CH_4 como subproducto. Además el ganado rumiante produce más CH_4 debido a la actividad digestiva de su gran estómago glandular.
- *Manejo del estiércol:* Las emisiones de CH_4 y N_2O derivadas del almacenamiento y el manejo del estiércol de ganado (Ej. en estercoleros, amontonamientos de abono o lagunas de tratamiento anaeróbico) ocurren como resultado de la descomposición del estiércol. Las condiciones ambientales de la descomposición son las que dictan la magnitud relativa de las emisiones. En general, entre más anaeróbicas sean las condiciones, más CH_4 se produce, ya que las bacterias que ayudan a la descomposición generan CH_4 , y se desarrollan mejor en condiciones en las que el oxígeno es limitado. En contraste, las emisiones de N_2O aumentan cuando las condiciones son aeróbicas. Las directrices del IPCC de 2006 divide esta fuente de la siguiente manera:
 - Emisiones de CH_4 del manejo del estiércol;
 - Emisiones directas de N_2O procedentes del manejo del estiércol;
 - Emisiones indirectas de N_2O procedentes de la lixiviación de nitrógeno seguida de la aplicación de estiércol;
 - Emisiones indirectas de N_2O procedentes de la volatilización de nitrógeno (Ej. amoníaco), seguida de la aplicación de estiércol con subsecuente deposición de nitrógeno, des-nitrificación y emisiones de N_2O .
- *Suelos agrícolas:* El manejo de los suelos agrícolas puede producir emisiones de N_2O y flujos netos de dióxido de carbono (CO_2) que generen emisiones o sumideros. En general, las modificaciones a los suelos mediante las cuales se agrega a estos nitrógenos, también pueden generar emisiones de N_2O . Las aportaciones de nitrógeno fomentan la nitrificación de los suelos subyacentes y los ciclos de des-nitrificación, lo cual a su vez genera N_2O como subproducto. Las directrices del IPCC de 2006 divide esta fuente de la siguiente manera:

- Emisiones directas de N₂O procedentes del manejo de suelos;
- Emisiones indirectas de N₂O procedentes de la volatilización de nitrógeno y subsecuente deposición atmosférica;
- Emisiones indirectas de N₂O procedentes de la lixiviación y los escurrimientos

Nota: Los suelos agrícolas pueden almacenar o liberar carbono orgánico si estos fondos de carbono orgánico son alterados y oxidados; el carbono orgánico es liberado como CO₂ cuando se oxida. El flujo de carbono de suelo agrícola se considera como parte de la categoría de uso de suelo y por lo tanto es planteado en el uso de suelo y apéndice de silvicultura.

- *Fuentes agregadas y fuentes de emisiones distintas al CO₂ en tierra:* Éstos incluyen todas las fuentes agrícolas que generan emisiones de CH₄ y N₂O que no caen en las categorías anteriormente citadas. Las directrices del IPCC de 2006 dividen este sector fuente como sigue:
 - Aplicación de urea (el cual también se menciona bajo el rubro de suelos agrícolas como un fertilizante nitrogenado): el CO₂ es emitido durante la descomposición de urea en suelos
 - Abonar con cal: CO₂ es emitido a consecuencia del ajuste de pH en suelos ácidos;
 - Quema de residuos: las emisiones de CH₄ y N₂O se producen cuando los residuos agrícolas son quemados (el CO₂ que es emitido se considera biogénico y no reportado).

Emisiones y Proyecciones de Casos de Referencia

Datos del Inventario

Fermentación Entérica. Las emisiones de metano de 1990 a 2005 se calcularon usando el método de Nivel 1 descrito en las Directrices para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006).⁸⁷ En este método se multiplican los factores de emisiones anuales de metano específicos para cada tipo de animal rumiante por datos de actividad (población ganadera por tipo de animal). Los datos de la actividad fueron proporcionados por la SIACON⁸⁸ y se resumen en el Cuadro F-1. Esta metodología, así como las demás que se describen posteriormente, se basan en las directrices internacionales desarrolladas por expertos en el sector para elaborar los inventarios de emisiones de GEI.⁸⁹

⁸⁷ Las emisiones de GEI fueron calculadas usando el método de Nivel 1 descrito en el Volumen 4, Capítulo 10 del Panel Intergubernamental sobre las *Directrices de Cambio Climático para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero* del IPCC publicado por el Programa Nacional de Gases de Efecto Invernadero del PIC, disponible en: (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>).

⁸⁸ Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), base de datos nacional que almacena estadísticas agroalimentaria. Documento en Español. *Sistema de Información Agroalimentaria y de Consulta 1980-2006*. 2007. http://www.oedrus-tamaulipas.gob.mx/cd_anuario_06/SIACON_2007.html

⁸⁹ *Directrices de Cambio Climático para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, Versión Revisada 2006 y *Lineamientos de Prácticas Óptimas y Manejo de Incertidumbre en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, disponible en: (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>).



Cuadro F-1. Poblaciones Ganaderas

| Tipo de Ganado | | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 |
|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Dairy Cows | Vacuno lechero | 0 | 118743 | 205317 | 216892 |
| Other Cattle | Otros vacunos | 1,849,579 | 1,683,114 | 920,989 | 1,027,771 |
| Buffalo | Búfalo | | | | |
| Sheep | Ovinos | 80,010 | 69,656 | 65,085 | 120,588 |
| Goats | Caprinos | 408,402 | 345,839 | 202,953 | 236,480 |
| Camels | Camelidos | | | | |
| Horses | Equinos | | | | |
| Mule/Asses | Mulas y asnos | | | | |
| Deer | Ciervos | | | | |
| Alpacas | Alpacas | | | | |
| Swine | Porcinos | 327,737 | 377,797 | 163,982 | 215,873 |
| Poultry | Aves de corral | 1,753,407 | 1,577,301 | 2,647,093 | 1,984,398 |
| Rabbits | Conejo | | | | |

Manejo del estiércol. Las Directrices del IPCC de 2006 se usaron para calcular las emisiones de metano y óxido nitroso con los datos de actividad sobre las poblaciones ganaderas del Estado de Chihuahua en el periodo de 1990 al 2005. Los datos de la actividad fueron extraídos del Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON: ver Cuadro F1).

Para calcular las emisiones de CH₄ procedentes del manejo del estiércol, se multiplicaron las cifras de población por una estimación de la masa típica animal y el índice de producción de sólidos volátiles (SV) para calcular el total de SV producidos. La estimación de SV por tipo de animal se multiplica luego por un factor máximo de emisiones potenciales de CH₄ y un factor de conversión de metano ponderado (FCM) para derivar el total de emisiones de CH₄. El factor de conversión de metano (FCM) ajusta las emisiones máximas potenciales de metano con base en los tipos de sistemas de manejo del estiércol que se emplean en Chihuahua.

Los factores de emisión se derivaron de una combinación de los estudios realizados por expertos regionales⁹⁰ y de las prácticas de manejo del estiércol en el Estado. Se usaron factores de emisión y conversión por defecto del IPCC para todas las fuentes de emisiones en este sector con información sobre la población ganadera por tipo, zona geográfica, y zona climática. La categoría de zona geográfica que corresponde a Chihuahua es América Latina y las categorías de zonas climáticas seleccionadas fueron cálida (>26 grados C) y templada (15-25 grados C), asignadas a un 76% y un 24% de la población ganadera por tipo, según el terreno cubierto por cada zona climática (ver Figura F-1). Los supuestos sobre el estiércol manejado por tipo de sistema y los factores de conversión de metano asociados se indican a continuación en los Cuadros F-2 y F-3. Se asumió que la distribución de los sistemas de manejo del estiércol y los factores de conversión de metano permaneció constante durante los años del inventario y de la proyección.

Las emisiones directas de N₂O generadas por el manejo del estiércol se obtienen usando las mismas cifras de población animal anteriormente mencionadas, multiplicadas por la masa típica

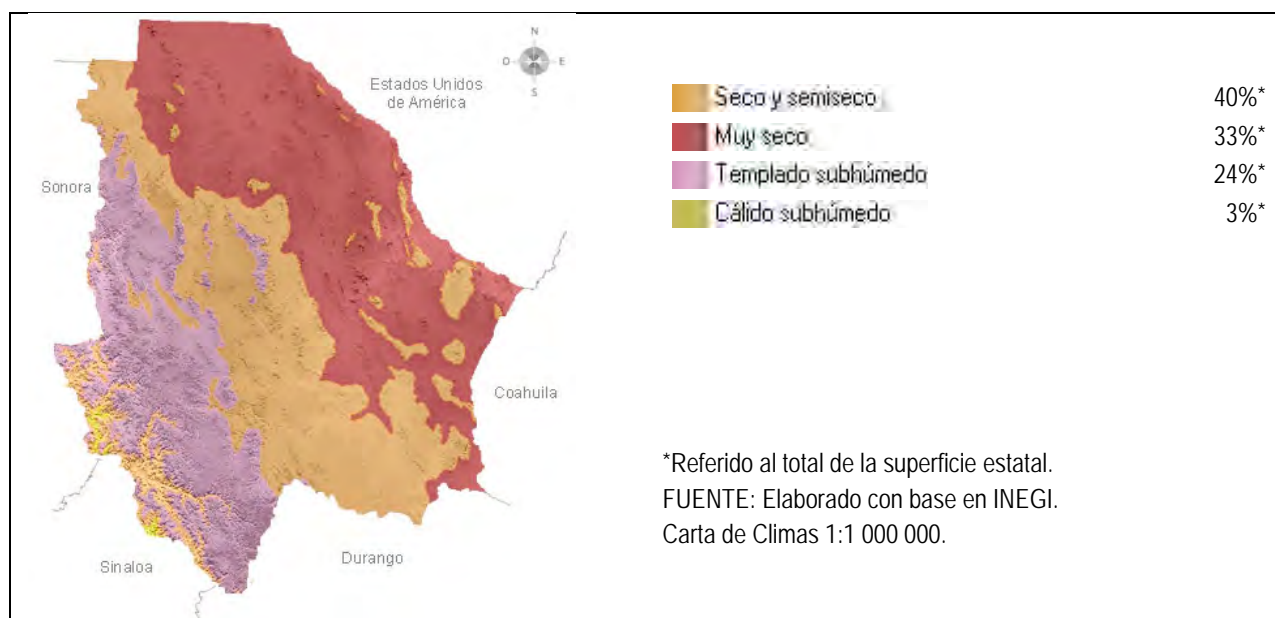
⁹⁰ Los resultados del estudio están resumidos en el Cuadro 10-A-4 en el Volumen 4, Capítulo 10 de las *Directrices de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*.



animal y el factor de producción del nitrógeno total Kjeldahl (nitrógeno K). El nitrógeno total K se multiplica por un factor de no volatilización para determinar la porción que se maneja en los sistemas de manejo del estiércol. La parte no volatilizada se divide luego en fracciones que se procesan en sistemas de manejo de residuos líquidos (Ej. lagunas) o sólidos (Ej. apilamiento, distribución diaria, lotes secos). El Cuadro F-4 muestra el factor de emisión del N₂O por sistema de manejo del estiércol.

Las emisiones indirectas de N₂O procedentes de la lixiviación se obtienen tomando la masa de nitrógeno excretada por el animal en cada sistema de manejo del estiércol y multiplicándola por la fracción de nitrógeno liberada a través de lixiviación y escurrimientos; luego el producto se multiplica por un factor de emisión del N₂O. Las emisiones indirectas del N₂O generadas por la volatilización se obtienen tomando la masa de nitrógeno excretada por el animal en cada sistema de manejo del estiércol y multiplicándola por la fracción de nitrógeno liberada a través de la volatilización. Luego el producto se multiplica por un factor de emisión del N₂O. El factor de emisión de N₂O es 0.01 kg N₂O-N/kg N, mientras que el factor de emisión por lixiviación es de 0.0075 kg N₂O-N/kg N.

Figura F-1. Distribución de Zonas Climáticas en Chihuahua



Cuadro F-2. Distribución por Defecto de los Sistemas de Manejo del Estiércol en América Latina

| Ganado | Quema por combustible | Distribución Diaria | Digestor | Lote Seco | Semilíquido | Otro | Pradera, Campo, Pastizales | Almacenamiento Solido |
|---------------------------|-----------------------|---------------------|----------|-----------|-------------|--------|----------------------------|-----------------------|
| Porcino para reproducción | | 2.0% | 0.0% | 20.5% | 4.0% | 44.5% | | 25.0% |
| Aves de engorda | | | | | | 100.0% | | |
| Vacuno Lechero | 0.0% | 62.0% | 0.0% | 0.0% | 1.0% | 0.0% | 36.0% | 1.0% |
| Cabras | | | | | | 100.0% | | |
| Caprino | | | | | | 100.0% | | |
| Aves Ponedoras (seco) | | | | | | 100.0% | | |
| Aves Ponedoras (húmedo) | | | | | | 100.0% | | |
| Porcino de engorda | | 2.0% | 0.0% | 41.0% | 8.0% | 39.0% | | 10.0% |
| Mular/Asnar | | | | | | 100.0% | | |
| Otro Ganado | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 1.0% | 99.0% | 0.0% |
| Ovino | | | | | | 100.0% | | |
| Pavos | | | | | | 100.0% | | |

Cuadro F-3. FCM de los Sistemas de Manejo del Estiércol por Zona Climática

| Ganado | Clima | Quema por combustible | Distribución diaria | Digestor | Lote seco | Semilíquido | Otro | Pradera, Campo, Pastizales | Almacenamiento Solido |
|---------------------------|----------|-----------------------|---------------------|----------|-----------|-------------|-------|----------------------------|-----------------------|
| Porcino para reproducción | Templado | | 0.5% | 10.0% | 1.5% | 42.0% | 1.0% | | 4.0% |
| | Cálido | | 1.0% | 10.0% | 2.0% | 78.0% | 1.0% | | 5.0% |
| Aves de engorda | Templado | | | | | | 1.5% | | |
| | Cálido | | | | | | 1.5% | | |
| Vacuno lechero | Templado | 10.0% | 0.5% | 10.0% | 1.5% | 42.0% | 10.0% | 1.5% | 4.0% |
| | Cálido | 10.0% | 1.0% | 10.0% | 2.0% | 78.0% | 1.0% | 2.0% | 5.0% |
| Cabras | Templado | | | | | | 1.5% | | |
| | Cálido | | | | | | 2.0% | | |
| Equino | Templado | | | | | | 1.5% | | |
| | Cálido | | | | | | 2.0% | | |
| Aves ponedoras (seco) | Templado | | | | | | 1.5% | | |
| | Cálido | | | | | | 1.5% | | |
| Aves ponedoras (húmedo) | Templado | | | | | | 78.0% | | |
| | Cálido | | | | | | 80.0% | | |
| Porcino de engorda | Templado | | 0.5% | | 1.5% | 42.0% | 1.0% | | 4.0% |
| | Cálido | | 1.0% | | 2.0% | 78.0% | 1.0% | | 5.0% |
| Mular/ Asnar | Templado | | | | | | 1.5% | | |
| | Cálido | | | | | | 2.0% | | |
| Otro ganado | Templado | 10.0% | 0.5% | 10.0% | 1.5% | 42.0% | 1.0% | 1.5% | 4.0% |
| | Cálido | 10.0% | 1.0% | 10.0% | 2.0% | 78.0% | 1.0% | 2.0% | 5.0% |
| Ovino | Templado | | | | | | 1.5% | | |
| | Cálido | | | | | | 2.0% | | |
| Pavos | Templado | | | | | | 1.5% | | |
| | Cálido | | | | | | 1.5% | | |

Cuadro F-4. Factores de Emisión de Óxido Nitrroso Aplicado a los Sistemas de Manejo del Estiércol

| Sistema de Gestión | Factor de Emisión (kg N ₂ O-N/kg N excretado) |
|-----------------------|--|
| Dispersión Diaria | 0 |
| Digestor | 0 |
| Lote Seco | 0.02 |
| Laguna | 0 |
| Semilíquido | 0.005 |
| Otro | 0.001 |
| Pit | 0.002 |
| Pit >1 mes | 0.002 |
| Almacenamiento solido | 0.005 |

Suelos agrícolas. La descomposición de los residuos agrícolas y los cultivos fijadores de nitrógeno agregan nitrógeno al ciclo de nitrificación y desnitrificación del suelo lo cual genera N₂O como subproducto. La cantidad de nitrógeno en las tierras de cultivo se calculó como el producto de la materia seca cosechada anualmente, la relación entre la materia seca vegetal y la materia seca de cultivos, la fracción de nitrógeno de la materia seca vegetal, y el factor por defecto de emisión del nitrógeno. En el Cuadro F-5 se identifica el grupo de cultivos fijadores de nitrógeno como frijoles y legumbres.

Cuadro F-5. Inventario de Producción de Cultivos en Toneladas Métricas⁹¹

| Tipo de Cultivo | | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 |
|-----------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| N-fixing forages | Forrajes fijadores de N | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Non-N-fixing forages | Forrajes no fijadores de N | 1,041,342 | 828,318 | 1,215,262 | 4,025,327 |
| Beans & pulses | Frijoles y legumbres | 89,049 | 70,197 | 28,360 | 47,364 |
| Grains | Granos | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Perennial grasses | Hierbas perennes | 415,908 | 407,744 | 309,350 | 262,637 |
| Grass-clover mixtures | Mezcla de hierba y trébol | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Root crops, other | Raíces, otros | 0 | 0 | 8,069 | 5,730 |
| Tubers | Tubérculos | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alfalfa | Alfalfa | 2,604,005 | 2,083,880 | 3,919,540 | 4,490,734 |
| Rice | Arroz | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oats | Avena | 96,786 | 25,315 | 18,730 | 84,630 |
| Peanut (w/pod) | Cacahuetes (c/ vaina) | 10,982 | 5,103 | 29,071 | 17,663 |
| Barley | Cebada | 21,214 | 16,136 | 10,573 | 202 |
| Rye | Centeno | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dry bean | Frijoles | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Non-legume hay | Heno no leguminoso | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maize | Maíz | 435,729 | 303,627 | 454,061 | 672,454 |
| Millet | Mijo | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Potato | Patatas | 42,574 | 81,404 | 165,771 | 151,839 |
| Soyabean | Soja | 21,309 | 1,154 | 684 | 573 |
| Sorghum | Sorgo | 126,144 | 59,835 | 76,593 | 45,231 |
| Wheat | Trigo | 180,324 | 71,023 | 52,585 | 58,755 |

⁹¹ Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), una base de datos que almacena las estadísticas de agricultura y ganadería. Documento en español. *Sistema de Información Agroalimentaria y de Consulta 1980-2006*. 2007. http://www.oedrus-tamaulipas.gob.mx/cd_anuario_06/SIACON_2007.html

La aplicación de fertilizante sintético también aporta nitrógeno al ciclo de nitrificación y desnitrificación del suelo y contribuye a que se libere N₂O a la atmósfera. Las emisiones derivadas de la aplicación de fertilizantes a terrenos agrícolas se calcularon con datos de la Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes⁹². El Cuadro F-6 muestra los datos de N aplicado por cada año.

Cuadro F-6. Datos sobre Aplicación de Fertilizantes

| Parámetro | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| Cantidad (kg N) | 65,601,649 | 47,410,491 | 59,662,872 | 51,526,147 |

Las aportaciones de nitrógeno al suelo derivado de los fertilizantes orgánicos se calcularon como la cantidad del total de nitrógeno disponible en el estiércol reciclado, menos la cantidad de este nitrógeno dedicado a la alimentación de animales, la combustión, o a la construcción. En el caso de Chihuahua, se supuso que el estiércol no se destinó a la alimentación, como combustible o para la construcción.

La aportación de nitrógeno a los suelos derivada de la deposición de orina y heces fecales de los animales que apacientan en prados verdes o pastizales, se calculó como la fracción del nitrógeno presente en el estiércol que queda en los campos sin recibir tratamiento alguno. En el Cuadro F-3 se identifica la fracción por defecto de estiércol sin gestionar.

Con respecto al cultivo de histosoles el cual puede generar emisiones de N₂O, se determinó que el cultivo de estos suelos altamente orgánicos no aplica a Chihuahua ya que los histosoles solo existen en regiones boreales. Además, tampoco se consideró la inundación y el drenaje de suelos orgánicos ya que este tipo de práctica no se da en el estado.

Fuentes agregadas y fuentes de emisiones distintas al CO₂ en suelo. Éstos incluyen la urea (aplicado como una fuente de N), cal y dolomita que son usados para neutralizar suelos ácidos. Los tres elementos emiten CO₂ que resulta de la descomposición de cada compuesto. No se han identificado datos para Chihuahua con el fin de estimar las emisiones de estos elementos adicionales. La urea podría ser uno de los fertilizantes comerciales capturados dentro del N total representados en el anterior Cuadro F-6; sin embargo, la información detallada sobre los tipos de fertilizantes aplicados no estuvo disponible.

Quema de residuos. Las quemas agrícolas pueden generar emisiones tanto de N₂O como de CH₄. Los datos de hectáreas quemadas en Chihuahua no se pudieron encontrar. Por lo tanto, de acuerdo con las recomendaciones des IPCC, las emisiones por quema de residuos no fueron estimadas.

Datos de la proyección

Las estimaciones de la proyección se basaron en las tendencias de población ganadera y producción de cultivos de 1990 al 2005. Los índices de crecimiento resultantes que se usaron

⁹² Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (<http://www.fertilizer.org/ifa/ifadata/search>). Datos sobre N aplicados por estado para 1990-2005.

para calcular las emisiones del 2005 al 2025 se indican en los Cuadros F-7 y F-8. Cabe mencionar que un crecimiento negativo indica una disminución en la población ganadera o en la producción de cultivos. Con base en estos índices de crecimiento se calcularon las proyecciones de producción pecuaria y agrícola hasta el año 2025. Los valores proyectados se indican en los Cuadros F-9 y F-10.

Las cifras de la población ganadera son usadas para estimar las emisiones del manejo del estiércol y de la fermentación entérica. Las cifras de población también son usadas para estimar aportaciones orgánicas y los depósitos de residuos de animales en la tierra que son usados en los cálculos de emisiones de N₂O de suelos agrícolas. Las cifras de producción de cultivos son usadas para estimar los residuos de cultivos dejados en el suelo lo que también se calcula dentro de las emisiones de N₂O de los suelos agrícolas. Las aplicaciones de fertilizantes N también se utilizan en el cálculo de emisiones de N₂O de suelos agrícolas. La estimación de fertilizante (crecimiento anual del-1.5 %) es proyectada con base en el cambio de aplicación de fertilizante N entre 1990 y 2005.

Cuadro F-7. Índices de Crecimiento Anual Aplicados a la Población Ganadera

| Tipo de Ganado | | Índice (%) | Periodo de Medición |
|----------------|----------------|------------|---------------------|
| Dairy Cows | Vacuno lechero | 1.1% | 2000-2005 |
| Other Cattle | Otros vacunos | 2.2% | 2000-2005 |
| Buffalo | Búfalo | | |
| Sheep | Ovinos | 0.0% | N/A* |
| Goats | Caprinos | 3.1% | 2000-2005 |
| Camels | Camelidos | | |
| Horses | Equinos | | |
| Mule/Asses | Mulas y asnos | | |
| Deer | Ciervos | | |
| Alpacas | Alpacas | | |
| Swine | Porcinos | 5.7% | 2000-2005 |
| Poultry | Aves de corral | -5.6% | 2000-2005 |
| Rabbits | Conejo | | |

* En algunos casos la información varía año con año dramáticamente y no se puede observar una tendencia de crecimiento. En estos casos, no se asumió crecimiento.

Cuadro F-8. Índices de Crecimiento Aplicados a Producción de Cultivos

| Tipo de Cultivo | | Crecimiento Medio Anual | |
|-----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| Inglés | Español | Índice (%) | Periodo de Medición |
| N-fixing forages | Forrajes fijadores de N | | N/A |
| Non-N-fixing forages | Forrajes no fijadores de N | 0.0% | 2000-2005 |
| Beans & pulses | Frijoles y legumbres | 0.0% | 2000-2005 |
| Grains | Granos | | |
| Perennial grasses | Hierbas perennes | -3.2% | 2000-2005 |
| Grass-clover mixtures | Mezcla de hierba y trébol | | |
| Root crops, other | Raíces, otros | -6.6% | 2000-2005 |
| Tubers | Tubérculos | | |
| Alfalfa | Alfalfa | 2.8% | 2000-2005 |
| Rice | Arroz | | |



| Tipo de Cultivo | | Crecimiento Medio Anual | |
|-----------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| Inglés | Español | Índice (%) | Periodo de Medición |
| Oats | Avena | 0.0% | 2000-2005 |
| Peanut (w/pod) | Cacahuets (c/ vaina) | -9.5% | 2000-2005 |
| Barley | Cebada | 0.0% | 2000-2005 |
| Rye | Centeno | | |
| Dry bean | Frijoles | | |
| Non-legume hay | Heno no leguminoso | | |
| Maize | Maíz | 0.0% | 2000-2005 |
| Millet | Mijo | | |
| Potato | Patatas | -1.7% | 2000-2005 |
| Soyabean | Soja | -3.5% | 2000-2005 |
| Sorghum | Sorgo | -10.0% | 2000-2005 |
| Wheat | Trigo | 2.2% | 2000-2005 |

*En algunos casos la información varía año con año dramáticamente y no se puede observar una tendencia de crecimiento. En estos casos, no se asumió crecimiento.

Cuadro F-9. Proyección de Poblaciones Ganaderas 2005-2025

| Tipo de Ganado | | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Dairy Cows | Vacuno lechero | 216,892 | 229,120 | 242,036 | 255,682 | 270,096 |
| Other Cattle | Otros vacunos | 1,027,771 | 1,146,934 | 1,279,912 | 1,428,309 | 1,593,911 |
| Buffalo | Búfalo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sheep | Ovinos | 120,588 | 120,588 | 120,588 | 120,588 | 120,588 |
| Goats | Caprinos | 236,480 | 275,546 | 321,065 | 374,103 | 435,903 |
| Camels | Camelidos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Horses | Equinos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mule/Asses | Mulas y asnos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Deer | Ciervos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alpacas | Alpacas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Swine | Porcinos | 215,873 | 284,185 | 374,113 | 492,498 | 648,346 |
| Poultry | Aves de corral | 1,984,398 | 1,487,608 | 1,115,188 | 836,002 | 626,711 |
| Rabbits | Conejo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Cuadro F-10. Proyección de Producción de Cultivos en Toneladas Métricas 2005-2025

| Tipo de Cultivo | | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|-----------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| N-fixing forages | Forrajes fijadores de N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Non-N-fixing forages | Forrajes no fijadores de N | 4,025,327 | 4,025,327 | 4,025,327 | 4,025,327 | 4,025,327 |
| Beans & pulses | Frijoles y legumbres | 47,364 | 47,364 | 47,364 | 47,364 | 47,364 |
| Grains | Granos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Perennial grasses | Hierbas perennes | 262,637 | 222,978 | 189,307 | 160,721 | 136,451 |
| Grass-clover mixtures | Mezcla de hierba y trébol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Root crops, other | Raíces, otros | 5,730 | 4,069 | 2,890 | 2,052 | 1,457 |
| Tubers | Tubérculos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alfalfa | Alfalfa | 4,490,734 | 5,145,167 | 5,894,970 | 6,754,042 | 7,738,306 |
| Rice | Arroz | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oats | Avena | 84,630 | 84,630 | 84,630 | 84,630 | 84,630 |
| Peanut (w/pod) | Cacahuets (c/ vaina) | 17,663 | 10,731 | 6,520 | 3,961 | 2,407 |
| Barley | Cebada | 202 | 202 | 202 | 202 | 202 |

| Tipo de Cultivo | | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|-----------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Rye | Centeno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dry bean | Frijoles | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Non-legume hay | Heno no leguminoso | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maize | Maíz | 672,454 | 672,454 | 672,454 | 672,454 | 672,454 |
| Millet | Mijo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Potato | Patatas | 151,839 | 139,077 | 127,388 | 116,681 | 106,874 |
| Soyabean | Soja | 573 | 480 | 402 | 336 | 282 |
| Sorghum | Sorgo | 45,231 | 26,711 | 15,774 | 9,315 | 5,501 |
| Wheat | Trigo | 58,755 | 65,649 | 73,352 | 81,958 | 91,575 |

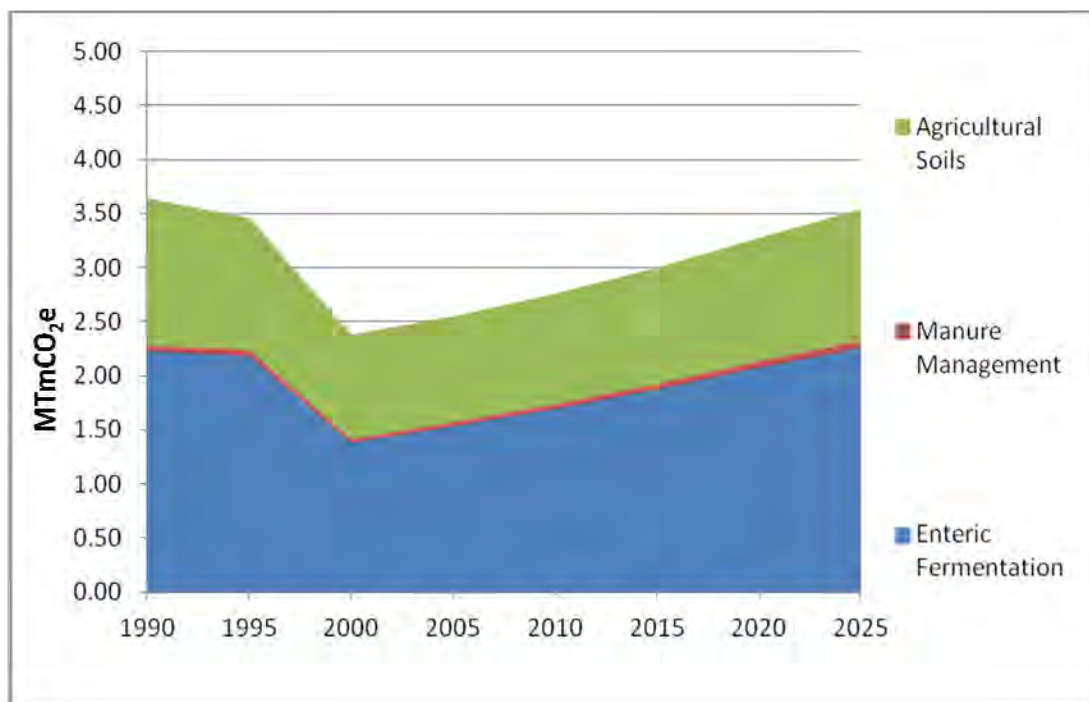
Resultados

Durante los años del inventario (1990 a 2005), el total de las emisiones agrícolas disminuyó un 30%, llegando a niveles del orden de 2.55 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalentes (MTmCO_{2e}). En 1990, las dos principales fuentes emisoras fueron la fermentación entérica y los suelos agrícolas. La fermentación entérica por sí sola constituyó el 61% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero en 1990. Todas las categorías de emisiones disminuyeron entre 1990 y 2005.

Durante los años de la proyección (2005 al 2025), se proyectó que el total de las emisiones derivadas de la agricultura se incrementaría en un 39%, llegando a niveles del orden de los 3.54 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente. En el 2025, los dos principales sectores generadores de emisiones serán la fermentación entérica y los suelos agrícolas. La fermentación entérica representará un 64% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero en el año 2025. La fermentación entérica mostró mayor crecimiento entre el 2005 y 2025.

En la Figura F-2 y en el Cuadro F-12 se presenta el resumen de las cifras de emisiones de gases de efecto invernadero por sector generador. La distribución de las emisiones de gases de efecto invernadero por fuente se presenta en el Cuadro F-13. Finalmente, los índices de crecimiento medio anuales de los intervalos seleccionados se indican en el Cuadro F-14.

Figura F-2. Emisiones de GEI provenientes de la Agricultura 1990-2025



Cuadro F-12. Emisiones de GEI provenientes de la Agricultura (MTmCO₂e)

| Sector Fuente | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Fermentación Entérica | 2.23 | 2.19 | 1.39 | 1.54 | 1.70 | 1.88 | 2.08 | 2.26 |
| Manejo del Estiércol | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.07 |
| Suelos Agrícolas | 1.35 | 1.21 | 0.96 | 0.97 | 1.02 | 1.07 | 1.13 | 1.21 |
| Quema de Residuos | N.E.* | N.E.* | N.E.* | N.E.* | N.E.* | N.E.* | N.E.* | N.E.* |
| Total | 3.64 | 3.46 | 2.38 | 2.55 | 2.76 | 3.00 | 3.27 | 3.54 |

*N.E. No estimadas

Cuadro F-13. Distribución de Emisiones de GEI en el Sector Agrícola

| Sector Fuente | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Fermentación Entérica | 61.4% | 63.3% | 58.2% | 60.3% | 61.5% | 62.6% | 63.5% | 63.8% |
| Manejo del Estiércol | 1.5% | 1.6% | 1.5% | 1.6% | 1.7% | 1.7% | 1.8% | 2.0% |
| Suelos Agrícolas | 37.1% | 35.1% | 40.3% | 38.2% | 36.8% | 35.6% | 34.6% | 34.2% |

Cuadro F-14. Índice de Crecimiento Medio Anual para Intervalos de Tiempo Seleccionados

| Agricultura | 1990-2005 | 2005-2025 | 1990-2025 |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Fermentación Entérica | -2.5% | 1.9% | 0.0% |
| Manejo del estiércol | -1.9% | 2.8% | 0.8% |
| Suelos Agrícolas | -2.2% | 1.1% | -0.3% |

Incertidumbres Principales

A fin de reducir la incertidumbre relacionada con las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los procesos de fermentación entérica, se recomienda desarrollar una tipificación de la población ganadera. En el caso de Chihuahua, el rubro denominado "otro ganado" (ganado vacuno no lechero) representa el 83% de la población de rumiantes. Esta amplia categoría podría desglosarse por sub-categorías (Ej. becerros, toros, etc.) y por número de cabezas de ganado en pastizales en comparación con el número de cabezas en corrales de engorda. Luego se podrían aplicar factores de emisión específicos para cada una de las sub-categorías. Como mínimo se necesita la siguiente información para desarrollar factores de emisión específicos para cada sub-categoría de ganado: 1) estimación sobre la ingesta de alimento, 2) peso promedio de los animales, 3) índice de actividad animal, 4) condiciones de alimentación, y 5) condiciones medias invernales. Los esfuerzos adicionales que se realicen en esta categoría de fuente generadora tendrán un impacto importante en una gran parte del total de las emisiones derivadas de la fermentación entérica.

No se identificó información del estiércol para el manejo del mismo y así poder indicar que ninguna de las operaciones confinadas de animales en el estado estuviera empleando controles para reducir las emisiones de metano tales como los digestores anaeróbicos. La proyección también supone que ninguno de estos proyectos será implementado antes del 2025. Hasta el punto de que este supuesto es incorrecto, las emisiones de metano futuras del manejo del estiércol serán sobre estimadas.

Las emisiones procedentes de la aplicación de fertilizante a terrenos agrícolas se calcularon a partir de estimaciones de aplicación de fertilizantes de la Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes. Dado que la aplicación de fertilizantes varía considerablemente de un cultivo a otro, se recomienda que las aportaciones de nitrógeno se dividan por tipo de cultivo y de fertilizante, de ser posible (incluyendo distintos fertilizantes comerciales y orgánicos, como el estiércol). Esta información, combinada con la superficie fertilizada por cultivo, ayudará a disminuir la incertidumbre.

De acuerdo con las recomendaciones del IPCC, la quema de los residuos agrícolas no se considera en este análisis debido a una carencia de datos. Los factores de emisiones de GEI realmente existen para la quema de varios residuos de cultivos; sin embargo los datos del área de la quema de residuos de cultivo en Chihuahua no existen. Si esa información pudiera ser encontrada mejoraría el análisis. La quema prescrita no es típicamente una fuente significativa (menos del 1 % del total de las emisiones de suelos agrícolas en la mayor parte de estados de EE.UU), pero sin embargo, esto realmente contribuye a emisiones totales de GEI.

Un último elemento que contribuye a la incertidumbre en el cálculo de las emisiones lo constituyen los supuestos de la proyección. Los índices de crecimiento medio anual se derivaron de las tendencias históricas durante el periodo de 2000 al 2005; no obstante los datos históricos fueron inconsistentes. A principios de los noventa hubo cifras de población ganadera y producción agrícola muy altas, que luego decayeron notablemente para el año 2000. Aún en los años en los que hubo un rendimiento alto, los valores oscilaron marcadamente de un año a otro. La fluctuación de los valores podría ser indicativa de la mala calidad de los datos. En los casos donde los datos varíen año con año dramáticamente y no se observe una marcada tendencia de



crecimiento, no se asume crecimiento alguno. La información proporcionada por los expertos en agricultura en el estado podría mejorar las estimaciones de las proyecciones.

[Esta página se dejó en blanco intencionalmente]

Apéndice G. Manejo de Residuos

Descripción General

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del manejo de residuos incluyen:

- Manejo de residuos sólidos urbanos– emisiones de metano (CH₄) de rellenos sanitarios (RS) lo cual representa CH₄ potencial que es incinerado o capturado para la producción de energía (esto incluye tanto rellenos sanitarios abiertos como cerrados);⁹³
- La incineración y quema a cielo abierto de residuos – emisiones de CH₄, dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O) de la combustión de residuos sólidos (ej. quema de residuos domésticos a cielo abierto) ; y
- Tratamiento y descarga de aguas residuales – CH₄ y N₂O provenientes de las plantas de aguas residuales domesticas y CH₄ de plantas de tratamiento de aguas residuales (AR) industriales.

Proyecciones de Inventarios y Casos de Referencia

Disposición de Residuos sólidos urbanos

Para el caso del manejo de residuos sólidos urbanos, los datos de emplazamiento para los RS se obtuvieron a través de la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL) compilado y disponible a través del Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales (SNIARN).⁹⁴ Esta base de datos proporcionó la masa anual de residuos sólidos urbanos por entidad federativa para el periodo de 1998 al 2006. Los valores históricos de población fueron utilizados para modelar emisiones históricas comenzando en 1960; igualmente se utilizaron las proyecciones de población para determinar los índices futuros de generación de residuos sólidos urbanos. Las proyecciones de la población estatal hasta el año 2025 fueron obtenidas de la Comisión Nacional de la Población (CONAPO). Las emisiones fueron modeladas usando el modelo de descomposición de primer orden (DPO) de las directrices 2006 del IPCC.⁹⁵

El término “generación” típicamente se refiere a todo residuo que entra a la corriente de residuos el cual incluiría la incineración de residuos, rellenos sanitarios, reciclado y composta. Sin embargo, como Chihuahua no monitorea los residuos sólidos urbanos manejados vía incineración, reciclado, composta u otros métodos, se supone que todo el residuo generado (entrante a la corriente de residuos) se descompone en el relleno sanitario (RS) de acuerdo al modelo DPO, donde el residuo es tirado en rellenos sanitarios regulados y no regulados. Los

⁹³ El CCS reconoce que las emisiones de N₂O y CH₄ también son producidas de la combustión de gas de relleno sanitario; sin embargo, estas emisiones tienden a ser insignificantes para los propósitos de desarrollar un inventario a nivel estatal para el análisis de la política. Observe que también el emitido CO₂ proveniente de los rellenos sanitarios es considerado como de origen biogénico (ej. Residuos de productos forestales, residuos de alimentos, residuos de jardines); por lo tanto, estas emisiones son excluidas de las estimaciones de CO₂e de la generación de residuos.

⁹⁴ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales*. Dimensión Ambiental, Residuos. Basado en estudios municipales conducido por (SEDESOL). En línea en: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>

⁹⁵ IPCC. *Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 5: Residuos*. En línea en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>



residuos tratados por medio de la incineración a cielo abierto se supone que no entran a la corriente de residuos y por lo tanto no es deducido del total de la generación de residuos sólidos urbanos (Ej. residuo sólido manejado vía quema a cielo abierto no es capturado dentro de las estimaciones de generación de residuos sólidos urbanos del SNIARN).

La clasificación de residuo industrial (residuos de manejo especial) existe en la legislación mexicana⁹⁶; sin embargo, en la práctica, los residuos sólidos urbanos y los residuos industriales (residuos de manejo especial) son consolidados en los rellenos sanitarios. Por consiguiente, las emisiones adicionales/separadas no fueron estimadas para el residuo industrial ya que estas emisiones ya cuentan como parte de las emisiones de los rellenos sanitarios municipales.

La clasificación de rellenos sanitarios para Chihuahua a partir del 2006 fue de 39% manejado, 25% semi-manejado "Sitios controlados," y 36% tiraderos a cielo abierto sin manejar, de acuerdo al estudio de residuos sólidos urbanos estatales referenciados abajo.⁹⁷ Se supuso que en 1950 la fracción de los rellenos sanitarios fue de 50% semi-manejados y 0% manejados y que esas fracciones cambiaron linealmente hasta alcanzar las fracciones del 2006. Para años futuros se supuso que la fracción de los tipos de administración de rellenos sanitarios permaneció igual al 2006.

El factor de corrección de metano (FCM) cuenta con el hecho de que los rellenos sanitarios sin manejar tienden a descomponerse en un ambiente aeróbico produciendo menos metano por unidad de residuo que el residuo en sitios manejados donde el residuo se descompone en una manera anaeróbica. El FCM para cada año se determinó multiplicando la fracción de los rellenos sanitarios en cada categoría de manejo por el FCM para esa categoría.

El factor de oxidación toma en cuenta la cantidad de metano que se oxida (convertido de metano a CO₂ antes de que entre a la atmósfera). El factor de oxidación es bajo para rellenos sanitarios abiertos o tiraderos donde el metano no pasa a través de las capas de suelo conteniendo bacterias de oxidación. El factor de oxidación es más alto para los rellenos sanitarios manejados que están cubiertos o dependen del tipo de suelo que cubre el relleno sanitario (22% para suelos arcillosos y 55% para suelos arenosos con un promedio de 36% del total de los suelos).⁹⁸ Debido a que el manejo histórico de los rellenos sanitarios es desconocido, el factor de oxidación se supuso fue bajo (5%) para todos los años en el inventario y proyección. Es importante hacer notar aquí que el CO₂ emitido de los RS es considerado como de origen biogénico (Ej. residuos de productos forestales, residuos alimenticios, residuos de jardines); por lo tanto, estas emisiones son excluidas de las estimaciones de los RS.

De acuerdo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC),⁹⁹ existe un relleno sanitario en Chihuahua- Relleno sanitario de Ciudad Juárez- mismo que participa en el programa de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) aceptando

⁹⁶ Ley General para la Prevención y gestión Integral de los Residuos, Artículo 5.

⁹⁷ DiagChih_Cap05_CondTecyOp_vf.pdf, pagina 5-29.

⁹⁸ Jeffrey P. Chanton, David K. Powelson, and Roger B. Green, "Methane Oxidation in Landfill Cover Soils, is a 10% Default Value Reasonable?", *J Environ Qual*, 2009, 38: 654-663.

⁹⁹ UNFCCC, 2009. CDM Búsqueda de Proyecto. <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>. Referencia extraída de la Reserva de Acción Climático. *Protocolo de Reporte de Proyectos en Rellenos Sanitarios en México Recolección y Destrucción del Metano de los Rellenos Sanitarios; Versión 1.0.* Marzo 2009



crédito por las reducciones de emisiones para los años 2007 al 2014.¹⁰⁰ El CCS contabilizó las reducciones de GEI de la destrucción de metano; sin embargo, ninguna combustión de combustible fósil para generar electricidad se refleja en este capítulo pero se constituiría bajo el Apéndice de Quema de Combustible Residencial, Comercial e Industrial. El informe del MDL no proporciona información sobre la destrucción de metano previo al 2008 ni después del 2014. Por lo tanto, el reporte no provee el total de CO₂ mitigado para los primeros 7 años (2007-2013), los primeros 14 años (2007-2020), y los primeros 21 años (2007-2027). El CCS usó la información detallada sobre las reducciones anuales del primer periodo de crédito, así como el total de reducción para cada periodo de crédito con el fin de generar las estimaciones de destrucción de metano anual para 2015 al 2025.¹⁰¹ El Cuadro G-1 muestra la destrucción de metano extrapolada por el CCS. Las reducciones de GEI a través de la destrucción de metano se restan de la proyección de generación de metano hecha por la formula DPO en el modelo de residuos del IPCC.

Cuadro G-1. Destrucción de Metano en el Relleno Sanitario de Ciudad Juárez, 2007-2025

| Año | Destrucción de Metano – Reporte MDL (tCO ₂ e/año) | Destrucción de Metano – Resultados del Modelo del CCS (tCO ₂ e/año) |
|------|--|--|
| 2007 | 55,642 ^a | 55,642 |
| 2008 | 105,857 | 105,857 |
| 2009 | 100,694 | 100,694 |
| 2010 | 95,783 | 95,783 |
| 2011 | 164,602 | 164,602 |
| 2012 | 156,574 | 156,574 |
| 2013 | 148,938 | 148,938 |
| 2014 | 70,837 ^a | 141,674 |
| 2015 | 0 | 127,913 |
| 2016 | 0 | 127,913 |
| 2017 | 0 | 127,913 |
| 2018 | 0 | 127,913 |
| 2019 | 0 | 127,913 |
| 2020 | 0 | 127,913 |
| 2021 | 0 | 107,557 |
| 2022 | 0 | 107,557 |
| 2023 | 0 | 107,557 |
| 2024 | 0 | 107,557 |
| 2025 | 0 | 107,557 |

a) Representa la mitad del calendario anual

Otro factor utilizado para el Modelo de Residuo del IPCC para calcular las emisiones de metano en el RS es la composición del residuo en el RS. El IPCC provee por defecto la composición del

¹⁰⁰ UNFCCC, 2006. Formulario Documento de Diseño de Proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio – Gas de Relleno Sanitario de Ciudad Juárez a Proyecto de Energía. Versión 03.1.

¹⁰¹ Se supuso que la destrucción de metano reportada para el 2007 es el valor actual de la destrucción de metano en ese año. El valor de destrucción de metano reportado para el 2014 solamente incluyó la mitad de ese año; por lo tanto el valor de destrucción de metano para el 2014 se duplicó.

residuo para Norte América. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) también proveyó la información sobre la composición de los residuos sólidos urbanos a nivel nacional; sin embargo, el informe del UNFCCC sobre el proyecto MDL de Gas en el Relleno Sanitario de Ciudad Juárez provee los datos específicos de residuos sólidos urbanos con base en un estudio de residuos con destino al relleno sanitario (RS). Se supone que estos datos son más representativos de la composición de residuos en Chihuahua y son usados como datos de la composición del residuo para el modelo del IPCC. El Cuadro G-2 muestra las opciones de los datos de la composición, incluyendo el Relleno Sanitario de Ciudad Juárez que fue utilizado para este proyecto de inventario y proyección. Este cuadro muestra que la composición de los residuos sólidos urbanos en el relleno sanitario de Ciudad Juárez es razonablemente similar a los datos por defecto del IPCC y a la información nacional de México.

Cuadro G-2. Cifras de Composición de Residuos (% de Residuos sólidos urbanos)

| Tipo de Residuo | Nacional MX | Por defecto del IPCC | Relleno Sanitario en Ciudad Juárez |
|--------------------------|---------------|----------------------|------------------------------------|
| Alimento | 51.7% | 33.9% | 43.5% |
| Jardín | 0.0% | 0.0% | 3.6% |
| Papel | 14.4% | 23.2% | 15.2% |
| Madera | 0.0% | 6.2% | 1.4% |
| Textil | 1.5% | 3.9% | 0.0% |
| Pañales | 0.0% | 0.0% | 0.0% |
| Plásticos, otros inertes | 32.4% | 32.8% | 36.3% |
| Total | 100.0% | 100.0% | 100.0% |

Debido a que los residuos orgánicos son depositados en los rellenos sanitarios, algo de carbono en estos residuos no es liberado como gas de relleno sanitario y por consiguiente es secuestrado por un plazo largo en el RS. Tal secuestro de los residuos alimenticios y de jardines está considerado en este inventario y proyección. El secuestro de carbono en productos de papel y madera se considera como secuestro a largo plazo atribuido al sector forestal. Como se describió en el Apéndice de Silvicultura y Uso de Tierra; este I&P actualmente no cuenta con información sobre productos finales de madera en el estado fabricados y modelados (Ej. papel, madera, energía, residuos). Es muy probable que muchos de los residuos de productos forestales que son depositados en el RS de Chihuahua provengan de fuentes de fuera del estado; por lo tanto, el secuestro en RS para estos tipos de residuos no se contempla en el I&P. Sin embargo, la cantidad de carbono secuestrado en los rellenos sanitarios de los residuos de alimentos y jardines se cuantifica utilizando los resultados de la composición del residuo antes mencionado para el RS de Chihuahua y el Modelo de Residuos del IPCC representados en los resultados mostrados abajo.

Incineración y Quema a Cielo Abierto de Residuos

Existen dos tipos de combustión de residuos sólidos urbanos: 1) por incineración, y 2) por quema a cielo abierto. La incineración de residuos sólidos urbanos no está regulada por el estado y no se identificaron datos para estimar la cantidad de residuos incinerados ni las emisiones de GEI relacionadas. Además, la quema a cielo abierto es común pero no reportada. Se supone que la quema a cielo abierto de residuos sólidos urbanos en áreas rurales es más común ya que los residentes no tienen acceso a los servicios de manejo de residuos sólidos urbanos. La generación



de residuos y la información específica de los residuos en áreas rurales y urbanas no está disponible llevando al CCS a hacer supuestos necesarios para completar la estimación de emisiones de esta fuente.

La CONAPO elaboró una proyección de población para cada estado en México incluyendo el detalle de la población en áreas consideradas como rurales (menos de 2,500 habitantes en el centro de población). Los datos de la CONAPO proporcionaron las proyecciones de la población rural para los años 2005 al 2025.¹⁰² La población rural para 1990 al 2004 se calculó multiplicando la tasa de la población rural total por el total de la población por cada año reportado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).¹⁰³ Las estimaciones de generación de residuos sólidos urbanos per cápita del sector fuente de disposición de residuos fueron multiplicados por la población rural para producir un estimado de residuos generados y asumidos que fueron incinerados por medio de la quema a cielo abierto. Las emisiones de la quema a cielo abierto se calcularon usando las estimaciones de generación de residuos en Chihuahua, así como los factores de emisión del IPCC.¹⁰⁴

Tratamiento y Descarga de Aguas Residuales

Las emisiones de GEI derivadas del tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales también fueron estimadas. Los datos para estimar las emisiones de tratamiento de aguas industriales estuvieron limitados como se describe más adelante abajo.

Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas. Para el tratamiento de aguas residuales domésticas (municipales), las emisiones se calcularon utilizando las directrices del IPCC del 2006 y con base en la población del estado, fracción de cada tipo de tratamiento (Ej. planta de tratamiento aeróbico, laguna anaeróbica, sistema o tratamiento por letrina), y los factores de emisiones para N₂O y CH₄.¹⁰⁵ Los factores claves de las emisiones del IPCC se muestran en el Cuadro G-3.

El 90% de los residentes del estado de Chihuahua cuentan con servicio de alcantarillado de acuerdo a las estadísticas de vivienda publicadas por el INEGI¹⁰⁶ y se supone que el 10% de la generación de aguas residuales domésticas no es colectada.¹⁰⁷ La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) proveyó de la capacidad de tratamiento para el agua residual de todo el estado por sistema de tratamiento. Esta información se utilizó para analizar la población cuya agua residual

¹⁰² Proyecciones de población estatal obtenidas del CONAPO para 2006 a 2025. Fuente: <http://www.conapo.gob.mx/00cifras/5.htm>.

¹⁰³ INEGI. Población histórica del estado para los años 1990, 1995, 2000, 2005. Fuente: <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx>.

¹⁰⁴ IPCC, 2006. "Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero: Volumen 5: Residuos." Capítulo 5: Incineración y Quema a Cielo Abierto de Residuos. Disponible en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_5_Ch5_IOB.pdf.

¹⁰⁵ IPCC, 2006. "Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero: Volumen 5: Residuos." Capítulo 6: Tratamiento y Descargas de Aguas Residuales. Disponible en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_6_Ch6_Wastewater.pdf

¹⁰⁶ INEGI. *Censos Generales de Población y Vivienda*: <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx>

¹⁰⁷ Retrieved May, 2008 from: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/iter2005/selentcampo.aspx>



es colectada por el alcantarillado de la ciudad por cada tipo sistema de tratamiento.¹⁰⁸ Se hicieron tres supuestos en el proceso de asignar los flujos de aguas residuales a cada ruta de descarga; 1) toda agua residual colectada por el sistema de alcantarillado es tratada por la planta de tratamiento de aguas residuales; 2) el agua residual no colectada es tratada en letrinas, y 3) las emisiones de óxido nitroso directo se producen en las plantas de tratamiento aeróbico centralizado y las emisiones de óxido nitroso indirecto se derivan de la descarga del efluente de aguas residuales de los sistemas de tratamiento anaeróbico a los ambientes acuáticos. La Figura G-1 muestra el sistema de tratamiento de aguas residuales y las rutas de descargas en conjunto para el estado de Chihuahua con la fracción del efluente relacionado por cada sistema. Las emisiones de aguas residuales domesticas fueron proyectas con base en el crecimiento de la población proyectada para 2005-2025 para una tasa de crecimiento del 0.73% anual.¹⁰⁹

Cuadro G-3. Factores de Emisión del IPCC para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas

| Sistema de Tratamiento | Factor de Emisión de N ₂ O | Factores de Emisión de CH ₄ | | |
|---|---|--|--|------------------------|
| | | FCM | B _o (kg CH ₄ /kg DOB) | DOB (g/persona/día) |
| Letrina | n/a | 0.5 | 0.6 | 40 |
| Laguna Anaeróbica | n/a | 0.8 | 0.6 | 40 |
| Sistema Séptico | n/a | 0.5 | 0.6 | 40 |
| Planta de tratamiento aerobico centralizado | 3.2 g N ₂ O/ persona/año ^a | 0.3 | 0.6 | 40 |
| Descarga de efluente a ambiente acuático | 0.005 kg N ₂ O-N/kg N ^b | n/a | n/a | n/a |

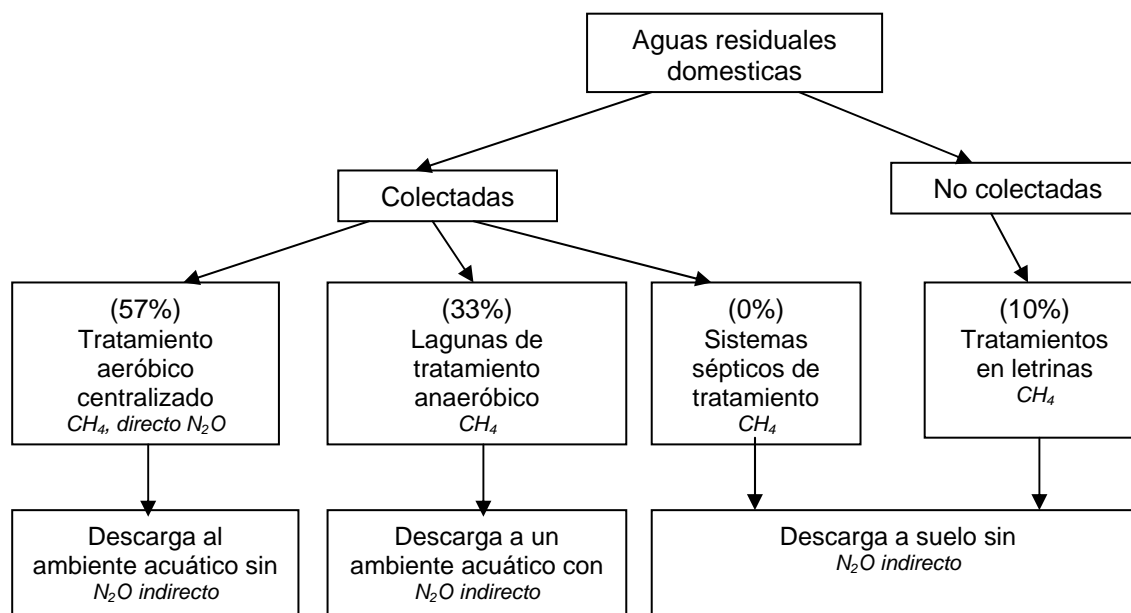
^a Factor de emisión para emisiones directas de óxido nitroso

^b Factor de emisión para emisiones indirectas de óxido nitroso

¹⁰⁸ Consejo Nacional del Agua, 2007. *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación*. México: CONAGUA.

¹⁰⁹ INEGI. Población histórica del estado para los años 1990, 1995, 2000, 2005. Fuente: <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx.Proyecciones> de población estatal fueron obtenida de la CONAPO para 2006 a 2025. Fuente: <http://www.conapo.gob.mx/00cifras/5.htm>.

Figura G-1. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y Rutas de Descarga



Los métodos para estimar las emisiones de metano y óxido nitroso provenientes del tratamiento de aguas residuales (AR) se describen por separado a continuación:

- a. Aguas residuales (AR) domésticas-metano: por cada opción de tratamiento, el metano se calcula como la fracción de la población que utiliza el sistema de tratamiento, la capacidad del sistema para generar metano con base en la demanda de oxígeno biológico (DOB), y la generación de DOB per cápita de la población total del estado. Esto se describe por medio de la siguiente fórmula:

$$Emisiones_{CH_4} = \sum_j [U_j \times B_o \times FCM_j] \times P \times DOB \times 325.25$$

En donde:

U_j = fracción de la población conectada al sistema de alcantarillado j

B_o = máxima capacidad de generación de metano

FCM_j = factor de corrección de metano

j = sistema de tratamiento/opción

P = población

DOB = DOB per cápita por día

325.25 = días en el año

- b. Aguas residuales domésticas (AR) – óxido nitroso: las emisiones de óxido nitroso ocurren en las plantas de tratamiento aeróbico durante la descarga del efluente a ambientes acuáticos. Las emisiones de las plantas de tratamiento aeróbico se calculan como la fracción de la población que recibe el servicio por parte de la planta multiplicado por el factor de emisión de la planta por defecto (ver IPCC del 2006, Volumen 5, Formula 6.9). El CCS correlacionó las categorías de tratamiento en operación en el estado de los datos en las publicaciones de la CONAGUA con las categorías de tratamiento descritas en las directrices del IPCC. Como parte de este ejercicio, todos los sistemas de tratamiento aeróbicos fueron correlacionados bajo una sola categoría del IPCC abarcando todos los sistemas aeróbicos, particularmente, las



plantas aeróbicas centralizadas. Para el proceso de tratamiento aeróbico, la fórmula para calcular las emisiones de N₂O es como sigue:

$$N_2O_{PLANTA} = P \times T_{PLANTA} \times P_{IND-COM} \times EF_{PLANTA}$$

En donde:

Plantas de N₂O = total de las emisiones de N₂O de las plantas en año inventario, kg N₂O/año

P = población humana

T_{PLANTA} = % del grado de utilización de plantas de tratamiento de aguas residuales aeróbicas modernas y centralizadas. Esta fracción se determinó como el índice de capacidad de tratamiento nitrificado/desnitrificado en todo el estado para obtener el total de la capacidad de tratamiento multiplicado por la fracción de la población que está conectada al drenaje.

F_{IND-COM} = factor para permitir la co-descarga de nitrógeno industrial al drenaje; valor por defecto de 1.25.

EF_{PLANTA} = factor de emisión, 3.2 g N₂O/persona/año.

La mayoría de las emisiones de óxido nitroso ocurren por la descarga del efluente de las aguas residuales que finalmente es liberada a los ambientes acuáticos. El efluente contiene niveles de residuos de sustancias ricas en nitrógeno que eventualmente se descomponen y liberan emisiones de óxido nitroso. Esta estimación es regida por la población y la cantidad de consumo de proteína per cápita.

$$Emisiones_{N_2O} = P \times Proteína \times F_{FNP} \times F_{IND-COM} \times EF \times (44/28)$$

En donde:

P = población

Proteína = índice de consumo anual de proteína per cápita. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el índice promedio de 1990 a 2003 para México es de 31 kg/persona/año.

F_{FNP} = fracción de nitrógeno en proteína.

F_{IND-COM} = factor para permitir la co-descarga de nitrógeno industrial al drenaje; valor por defecto de 1.25

EF = factor de emisión, el producto de B_o y los factores de FCM

(44/28) = factor de conversión N a N₂O.

Tratamiento de Aguas Residuales Industriales. Para las emisiones de aguas residuales industriales, el IPCC provee supuestos y factores de emisión por defecto para los cuatro sectores industriales: Malta y Cerveza, Carnes Rojas y Aves, Pulpa y Papel, y Frutas y Vegetales. El INEGI provee datos sobre el procesamiento de carnes rojas.¹¹⁰ No existen datos disponibles para el procesamiento de malta y cerveza, pulpa y papel, frutas y vegetales ni aves. Los datos de la producción industrial actual para las carnes rojas se utilizaron para estimar las emisiones para los años históricos de 2002-2007 junto con los factores de emisiones del IPCC para la producción de carnes rojas. Se hizo referencia a las emisiones de 1990 asumiendo que la actividad en cada año (1990 al 2001) fue igual a la actividad del 2002 donde no se procesó agua residual industrial no se fue procesada. Las emisiones fueron proyectadas suponiendo que las emisiones en cada año serian igual a las estimaciones de emisiones de 2007.

¹¹⁰ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Estadísticas de Ganado en Rastros Municipales por Entidad Federativa 2002-2007*. En línea en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/coesme/programas/programa2.asp?clave=063&c=10984>.



Resultados

La Figura G-2 y el Cuadro G-4 muestran las estimaciones de las emisiones para cada sector de manejo de residuos. En conjunto, la Figura G-2 muestra que el sector representa el 1.02 MTmCO₂e de las emisiones brutas en el 2005 y las emisiones brutas son estimadas en 1.03 MTmCO₂e/año en el 2025. Como se muestra en el Cuadro G-4, la contabilización para el almacenamiento de carbono de RS lleva a estimaciones de emisiones netas de 0.91 MTmCO₂e y 0.91 MTmCO₂ para el 2005 y 2025 respectivamente. La gran depresión en las emisiones de rellenos sanitarios después del 2009 se explica por la reducción de emisiones de metano a través del citado proyecto de gas de relleno sanitario del MDL de Ciudad Juárez.

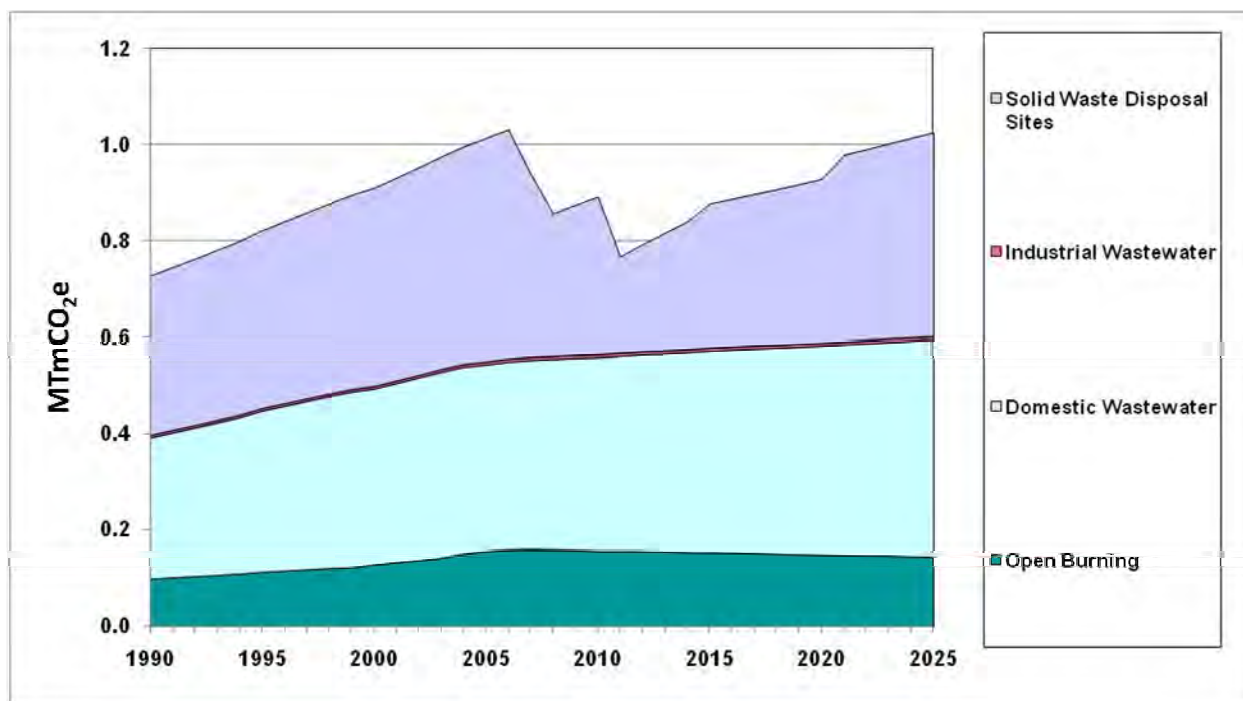
Como se muestra en el Cuadro G-5 en 2005, las fuentes más grandes en el sector de manejo de residuos fueron las emisiones de RS y las emisiones de aguas residuales domesticas representando el 45% y 40% de las emisiones totales del sector. Para el 2025, la contribución de emisiones de RS (41%) y las emisiones de aguas residuales domesticas (44%) fueron muy similares al 2005. Las emisiones de la quema a cielo abierto representan el 16% y el 14% de las emisiones totales del sector en 2005 y 2025 respectivamente. Las emisiones de las aguas residuales industriales contribuyeron mínimamente a las emisiones del sector de residuos; sin embargo, los datos para solamente la producción de carnes rojas estuvieron disponibles para las aguas residuales industriales). La contribución relativa de los RS disminuye al punto donde los valores de la destrucción de metano son los más altos (2010, 2015).

Incertidumbres principales y Necesidades Futuras de Investigación

De acuerdo a las Directrices del IPCC, un modelo descomposición de primer orden para estimar las emisiones de sitios de disposición de residuos sólidos urbanos contienen incertidumbres inherentes las cuales se describen a continuación:

- La descomposición de los componentes de carbono a metano involucra una serie de reacciones químicas complejas y pudiera no siempre seguir la reacción de primer orden. Las reacciones de orden más altas pudieran estar involucradas y las índices de reacción variarían con las condiciones en el sitio específico de disposición de residuos sólidos urbanos. Las reacciones pudieran estar limitadas por los accesos restringidos al agua y a las variaciones locales en poblaciones de bacterias;

Figura G-2. Emisiones Brutas de GEI Derivadas del Manejo de Residuos en Chihuahua



Fuente: Basado en el enfoque descrito en el texto.

Cuadro G-4. Emisiones de GEI derivadas del Manejo de Residuos en Chihuahua (MTmCO₂e)

| Fuente | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Sitios de Disposición de Residuos Sólidos Urbanos | 0.33 | 0.37 | 0.41 | 0.46 | 0.33 | 0.30 | 0.34 | 0.42 |
| Quema a Cielo Abierto | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.15 |
| Aguas Residuales Domesticas | 0.29 | 0.34 | 0.37 | 0.39 | 0.40 | 0.42 | 0.43 | 0.45 |
| Aguas Residuales Industriales | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Total de Emisiones Brutas | 0.73 | 0.82 | 0.91 | 1.02 | 0.89 | 0.88 | 0.93 | 1.03 |
| Carbono almacenado en RS | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.12 |
| Total de Emisiones Netas | 0.66 | 0.74 | 0.82 | 0.91 | 0.80 | 0.78 | 0.82 | 0.91 |

Cuadro G-5 Distribución de Emisiones de GEI en el Sector de Manejo de Residuos

| Fuente | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Sitios de Disposición de Residuos Sólidos Urbanos | 45% | 45% | 45% | 46% | 36% | 34% | 37% | 41% |
| Quema a Cielo Abierto | 14% | 14% | 14% | 16% | 18% | 18% | 16% | 14% |
| Aguas Residuales Domesticas | 40% | 41% | 40% | 38% | 45% | 48% | 47% | 44% |
| Aguas Residuales Industriales | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

- Los residuos sólidos urbanos son heterogéneos. Las condiciones tales como temperatura, humedad, composición de residuos y compactación varían considerablemente aun dentro de un sitio simple y aun más entre sitios diferentes en un país. La selección de valores típicos “promedio” de los parámetros para todo un país es difícil; y
- El uso del método DPO presenta una incertidumbre adicional asociada con las tasas de descomposición (vidas-medias) y cantidades históricas de disposición de residuos. Ninguna de estas es bien comprendida o investigada a profundidad.

Otra fuente de incertidumbre es la calidad de la información de la actividad. Los valores de la acumulación de los residuos disponibles por parte de la SEMARNAT están basados en las tasas de población y generación de residuos per cápita. Los registros actuales de la acumulación de residuos por sitio no estuvieron disponibles para todas las instalaciones de disposición de residuos. Un amplio juego de registros de acumulación reduciría algunas de las incertidumbres relacionadas con las emisiones de metano en RS. El CCS usó el total de la población estatal para modelar la generación de residuos para el residuo que se encuentra enterrado; sin embargo, como se observó bajo la discusión para quema a cielo abierto, por lo menos parte del residuo generado en áreas rurales no está enterrada. Los estudios de manejo de residuos sólidos urbanos en el estado podrían mejorar en el momento que estos supuestos iniciales de residuo urbano se compararan con el manejo de residuo rural.

También los datos de la composición del residuo usados para Chihuahua están representados por un solo relleno sanitario pero podría no ser representativo de todo el estado aunque este es el supuesto hecho en este análisis. Adicionalmente, el único proyecto de recuperación de metano incluido fue el Proyecto de Gas de Relleno Sanitario Ciudad Juárez reconocido por el programa MDL de la UNFCCC. Es posible que en el futuro el gas de relleno sanitario en otros rellenos sanitarios manejados sea capturado y destruido durante el periodo de la proyección (Ej. debido al incremento en los programas populares de compensación de carbono).

Las cantidades de residuos quemadas a cielo abierto en sitios residenciales fueron estimadas asumiendo que la porción rural de la población de Chihuahua lleva a cabo la quema a cielo abierto. Como algunos de estos residuos pudieran ser depositados en el RS o manejados en otra forma, este supuesto es muy probable que conduzca a una sobre estimación; sin embargo, esta sobre estimación podría ayudar a corregir el supuesto que no se lleva a cabo ninguna quema a cielo abierto (o incineración) en áreas urbanas las cuales probablemente no sean el caso. Las emisiones resultantes de la quema a cielo abierto de residuos sólidos urbanos incluyen CO₂ biogénico el cual es liberado como resultado de la combustión de residuos de papel, madera, alimentos y jardinería y cualquier otro material de residuo biogénico. Sin embargo, debido a la combustión de estos materiales, las emisiones de CH₄ y N₂O podrían ser importantes e incluidas en el inventario como una fuente de GEI antropogénica. El CO₂, CH₄, y N₂O de carbono con base en combustibles fósiles en fuentes tales como plástico y llantas también están incluidas. Claramente, esta estimación inicial de emisiones de la quema a cielo abierto de residuos sólidos urbanos puede ser ampliamente mejorada por medio de estudios por parte de expertos en residuos sólidos urbanos en Chihuahua.

Para el sector de aguas residuales, las incertidumbres principales están relacionadas con la aplicación de los valores por defecto del IPCC para los parámetros listados en el anterior Cuadro

G-3. Estas emisiones serán subestimadas hasta el punto que el metano adicional esté siendo generado fuera del proceso de tratamiento anaeróbico. También, si algo de metano está siendo colectado o quemado (Ej. fulguración) en procesos de tratamiento de aguas residuales domésticos, no está reflejado en este I&P debido a la falta de información (Ej. Metano formado en un digestor de biosólidos). Las emisiones potenciales (principalmente N₂O) de los lodos de la planta de tratamiento que se aplica a la superficie de los rellenos sanitarios o de otra manera, aplicado al suelo no fueron cuantificados en este inventario.

Para las aguas residuales industriales, las emisiones solamente se estimaron para la industria de las carnes rojas usando la información del estado. No existen datos para las plantas de procesamiento de malta y cerveza, frutas y vegetales, o procesamiento de aves. Debido a que estas industrias están presentes en Chihuahua, las emisiones de las aguas residuales industriales serán subestimadas.

Apéndice H. Silvicultura y Uso de Suelo

Descripción General

Las emisiones procedentes de la silvicultura y del uso de suelo se refieren principalmente al flujo¹¹¹ de dióxido de carbono neto (CO₂) proveniente de los bosques y de las plantas madereras perennes en Chihuahua lo cual representa el 30% de la extensión territorial del estado.¹¹²

Actualmente existen aproximadamente 7.6 millones de hectáreas de bosques y 73,000 hectáreas de cultivos de plantas perennes en Chihuahua. Además del flujo de CO₂ forestal, el CO₂ adicional es emitido o secuestrado dentro de los bosques urbanos. Emisiones adicionales de GEI pueden ocurrir de otras prácticas de uso de tierra, incluyendo la aplicación de fertilizantes no agrícolas.

A través de la fotosíntesis, los árboles y las plantas toman el dióxido de carbono y lo convierten en biomasa forestal. Las extracciones y emisiones de dióxido de carbono se derivan de la respiración en los árboles vivos, la desintegración de la biomasa sin vida, y la combustión (tanto de incendios forestales como de biomasa extraída de los bosques para consumo energético). Asimismo, cuando se cosecha la biomasa forestal para su uso en productos de madera durables, el carbono se almacena durante largo tiempo. El flujo de dióxido de carbono es el balance neto entre las extracciones de dióxido de carbono de la atmósfera y las emisiones hacia la misma, proveniente de los procesos anteriormente descritos.

De acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006, el sector de Silvicultura y Uso de Suelo incluye seis categorías de uso de suelo: 1) tierras forestales, 2) tierras de cultivo, 3) pastizales, 4) humedales, 5) asentamientos, y 6) otras tierras.¹¹³ Los humedales no representan uno de los principales usos de suelo en Chihuahua. Las pérdidas de carbono terrestre también se pueden dar durante la conversión de prados al uso agrícola o desarrollado (Ej. cambio de uso de tierra); sin embargo, no se identificaron datos para cuantificar esta fuente potencial en Chihuahua. En este inventario, la silvicultura y el flujo de CO₂ en el sector de uso de tierra están clasificados en dos subsectores primarios:

- *Uso de Terrenos Forestales [Categorías del IPCC: Tierras Forestales que Permanecen como tales y Terrenos Convertidos a Terrenos Forestales]:* esto consiste en el flujo de carbono que se presenta en terrenos que no forman parte del paisaje urbano. Los flujos que se contemplan son el secuestro neto de carbono, el carbono almacenado en los productos de madera cosechada (PMC), y las emisiones generadas por los incendios forestales y la quema prescrita.
- *Otro Uso de Suelo:* Estos contemplan las Plantas Madereras Perennes [Categoría del IPCC: Tierras de Cultivo que Permanecen como Tal] que incluyen flujo de carbono generado por las tierras de cultivo que contiene la vegetación maderera perenne tal como la palma de

¹¹¹ “Flujo” se refiere a las emisiones de CO₂ a la atmósfera y a su remoción (sumideros) de CO₂ de la atmósfera.

¹¹² Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/bc/agr_veget.cfm?c=1215&e=02&CFID=1762489&CFTOKEN=31412962

¹¹³ El IPCC define el concepto de otras tierras como los suelos desérticos, rocosos, congelados y la tierra no incluida en alguna de las cinco categorías de uso de suelo.



aceite y huertos de frutas y nueces. Los flujos incluyen la acumulación de biomasa y la remoción de árboles.

Otras fuentes que podrían estar incluidas aquí si la información estuviera disponible serían los asentamientos (incluyendo los flujos de carbono urbano). Los flujos netos de carbono de los pastizales y de otras tierras no se consideran como significativos y los datos para cuantificar estas no están disponibles; tampoco se incluyen debido a la falta de flujos de carbono asociados con los cambios en los manejos en los cultivos, incluyendo pérdidas/ganancias en carbono en suelo. Finalmente, como ya se mencionó, los humedales no representan un uso de suelo importante en Chihuahua.

Inventario y Proyección de los Casos de Referencia

Paisaje Forestal

Las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (2006 IPCC) plantean dos métodos para calcular el flujo de carbono. Con base en la información disponible sobre Chihuahua, se adoptó el método de "Pérdidas y Ganancias" mediante el cual el cambio anual en las reservas de carbono en la biomasa de terrenos forestados se expresa como el incremento anual en las reservas de carbono debido al crecimiento de la biomasa menos la reducción anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa:

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

En donde:

ΔC_B = cambio anual en las reservas de carbono en la biomasa considerando el área total expresada en toneladas (t) de carbono (C) por año (a), tC/a;

ΔC_G = incremento anual en las reservas de carbono debido al aumento de biomasa en cada sub-categoría considerando el área total tC/a;

ΔC_L = reducción anual en las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa en cada sub-categoría considerando el área total, tC/a.

El incremento anual en las reservas de carbono debido al aumento de biomasa (ΔC_G) se calcula para cada tipo de vegetación como sigue:

$$\Delta C_G = \sum A_i \cdot G_{wi} \cdot (1+R) \cdot CF_i$$

En donde:

A = superficie del terreno, ha;

G_G = crecimiento de la biomasa aérea, t masa seca (d.m.) ha⁻¹ año⁻¹;

R = Rango de biomasa subterránea y la biomasa aérea, t d.m. biomasa subterránea por tonelada d.m. biomasa aérea; y

CF = fracción de carbono de material seca, tC/t d.m.

Las estimaciones para la madera muerta y fondos de carbono de basura no fueron incluidas en estas estimaciones. El supuesto por defecto es que las reservas de estos fondos no están cambiando con el pasar del tiempo si el terreno permanece dentro de la misma categoría de uso de tierra.

La información forestal fue obtenida de los estudios topográficos llevados a cabo en 1990 y en 1995 por la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) en la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA).¹¹⁴ Para poder suplir los datos históricos faltantes, los valores de la superficie del suelo para 1991-1994 fueron interpolados de los datos de 1990 y 1995 y se supuso que el área media anual para el periodo de 1996-2025 permanecería constante a partir de 1995. Los datos de la FAO solo proveen el área total forestal. El área forestal fue asignada a zona climática y a los tipos de bosques usando un estudio de 2002 de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).¹¹⁵ Este estudio divide la superficie de tierras forestales en bosque y selvas. Los bosques fueron asignados a sistemas montañosos templados y las selvas fueron ubicadas bajo la categoría de sistemas montañosos sub-tropicales con base en el criterio del IPCC.¹¹⁶

El INEGI cuenta con datos más recientes y más detallados sobre tierras forestales.¹¹⁷ Sin embargo, los datos disponibles como mapas digitales requirieron de un proceso que fue más allá de los recursos de este proyecto preliminar de I&P. Debido a la contribución relativamente pequeña del sector forestal de Chihuahua, el juego de datos menos preciso y el de menos recursos fue seleccionado para este inventario. Significativamente, los datos de la FAO en el Cuadro H-1 muestran una ligera disminución (<0.5%) en el área forestada de Chihuahua de 1990 a 1995.

Cuadro H-1. Descripción de Tierras Forestales y Cobertura

| Dominio Climático (i) | Zona Ecológica (j) | 1990 (ha) | 1995 (ha) |
|-----------------------|--------------------|------------------|------------------|
| Sub-Tropical | Sistemas Montañoso | 518,405 | 516,421 |
| Templado | Sistemas Montañoso | 7,083,095 | 7,055,979 |
| Totales | | 7,601,500 | 7,572,400 |

En el Cuadro H-2 se indican los valores usados para los factores de conversión de carbono, G_{total} , R y CF tomados de las Directrices del IPCC de 2006.¹¹⁸

Cuadro H-2. Factores Usados para Estimar la Ganancia de Carbono en el Bosque de Chihuahua

¹¹⁴ FRA 2000 *Bibliografía Comentada Cambios en la Cobertura Forestal: México*, Departamento de Montes, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Agosto, 2000.

¹¹⁵ SEMARNAT. Compendio de Estadísticas Ambientales, 2002. México, D.F., 2003.

¹¹⁶ Cuadro 4.5, Capítulo 4, Volumen 4 de las Directrices del IPCC.

¹¹⁷ Mapas de uso de suelo y vegetación son referenciados como: conjunto uso del suelo y vegetación escala 1:250 000, datum ITRF 92, formato SHP, seris I, II y III, clave D1502

¹¹⁸ Cuadro 4.9, Capítulo 4, Volumen 4 de las Directrices del IPCC menciona los valores del crecimiento neto de la biomasa aérea en bosques naturales expresados como un rango de valores plausibles. Para el propósito de un cálculo conservador de sumideros de carbono, los valores inferiores más bajos fueron seleccionados.

| Factor | | Valor Sub-Tropical | Valor Templado | Unidades |
|---|-------|--------------------|----------------|---|
| Crecimiento de la biomasa aérea | G_w | 0.5 | 0.9 | t d.m. ha ⁻¹ a ⁻¹ |
| Rango entre la biomasa subterránea y la biomasa aérea | R | 0.53 | 0.28 | t d.m. biomasa subterránea por t d.m. biomasa aérea |
| Factor de carbono de materia seca | CF | 0.47 | 0.47 | t C/t d.m. |

Se deben considerar varios factores al calcular la reducción anual de las reservas de carbono derivada de la pérdida de biomasa (ΔCL), incluyendo la explotación de productos de madera, la extracción de leña de los bosques, y las pérdidas de reservas de carbono derivadas de alteraciones tales como incendios o plagas. Se calcularon las disminuciones en las reservas de carbono debidas a alteraciones y la explotación de la madera; sin embargo, no se contó con información relacionada con la extracción de leña para combustible. Por lo tanto, la reducción anual en las reservas de carbono se calculó como la suma de las pérdidas de carbono debidas a alteraciones ($L_{alteración}$) y a la extracción de madera ($L_{extracción}$), conforme a la siguiente fórmula:

$$\Delta C_L = L_{extracción} + A_{alteración}$$

Los datos del área superficial forestal alterada por incendio y enfermedad fueron obtenidos de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional Forestal (SEMARNAT).¹¹⁹ Los datos de enfermedades forestales fueron obtenidos para 1990-2008. El área alterada por incendios para 2009-2025 se estimó como el promedio de los valores de 2004-2008. Para incendios forestales, los datos fueron obtenidos para los años de 1995 al 2006; los valores para 1990-1995 fueron estimados tomando el promedio de los valores para 1995-2005; y los valores para 2007-2025 fueron estimados como el promedio de los valores de 2002-2006. Las pérdidas de reservas de carbono debido a las alteraciones fueron calculadas usando números de conversión por defecto establecidos en el Cuadro H-3 y calculó como sigue:

$$Alteración = \{Alteraciones \cdot B_w \cdot (1 + R) \cdot CF \cdot fd\}$$

En donde:

$Alteración$ = otras perdidas de carbono anuales, expresadas en toneladas de C/año;

$Alteración$ = área afectada por las alteraciones, en ha/año;

B_w = promedio de biomasa aérea en tierras afectadas por las alteraciones, expresados en toneladas de m.s./ha;

R = relación entre la biomasa subterránea y la biomasa aérea, en la que (toneladas de m.s. subterránea)/ (toneladas de m.s. aérea).

CF = Fracción de carbono de la materia seca, expresada en toneladas de C / (toneladas de m.s.) y

fd = fracción de la biomasa perdida por las alteraciones.

Cuadro H-3. Factores de Conversión de Área Forestal a Contenido de Carbono

¹¹⁹ SEMARNAT, Anuario Estadístico de la Producción Forestal, <http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/forestalysuelos/Pages/anuariosforestales.aspx>.

| Factor | | Valor Sub-Tropical | Valor Templado | Unidades |
|---|-------|--------------------|----------------|---|
| Biomasa aérea | B_w | 60 | 50 | t d.m./ ha |
| Rango entre la biomasa subterránea y la biomasa aérea | R | 0.28 | 0.53 | toneladas d.m. biomasa subterránea por toneladas d.m. biomasa aérea |
| Fracción de carbono de materia seca | CF | 0.47 | 0.47 | t C/t d.m. |
| Fracción de biomasa perdida en incendio | fd | 0.90 | 0.90 | NA |
| Fracción de biomasa perdida por enfermedad o plaga | fd | 0.10 | 0.10 | NA |

Las emisiones diferentes al CO₂ de los incendios forestales también fueron estimadas. Los factores de emisión de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) de las Directrices del IPCC del 2006¹²⁰ fueron aplicados a las toneladas de biomasa quemada como se calculó usando los factores en el anterior Cuadro H-4.

Finalmente, del *Anuario Estadístico de la Producción Forestal*, publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para los años de 1990 al 2005 se obtuvo información sobre la cosecha de madera. La pérdida de carbono debido a la cosecha de madera se calculó como:

$$L_{extracciones} = BCEF_R \cdot (1 + R) \cdot CF$$

En donde: $BCEF_R$ es el factor de conversión y expansión de la biomasa o de biomasa aérea por volumen de madera cosechada [t biomasa por metro cúbico (m³) de volumen de madera].

Los valores para $BCEF_R$ se muestran en el siguiente Cuadro H-4. Debido a la falta de información, el almacenamiento a largo plazo en los resultantes productos de madera durable (Ej. muebles, madera) no se consideró en este inventario.

Cuadro H-4. Factores de Conversión y Expansión de Biomasa

| Zona Climática | Tipo de Bosque | $BCEF_R$ (t biomasa/m ³ de madera) |
|----------------|----------------|--|
| Tropical Seco | Maderas duras | 0.89 |
| Tropical Seco | Coníferas | 0.67 |
| Templado | Maderas duras | 1.55 |
| Templado | Pinos | 0.83 |

¹²⁰Factores de emisión de bosques no tropicales del Cuadro 2.5, Volumen 4 (4.7 g CH₄/kg de biomasa y 0.26 g N₂O/kg biomasa).

Otro Uso de Tierra

No se identificaron datos de emisiones de GEI en otros usos de suelo en Chihuahua salvo en las cosechas de cultivos madereros perennes. Estas otras fuentes/sumideros incluyen el flujo de carbono forestal urbano, el uso de fertilizantes en suelos con asentamientos, flujo de carbono en prados y otras tierras.

Cultivos Madereros Perennes. Los únicos datos disponibles para cosechas de cultivos madereros perennes fueron el total del área y el área cosechada para el periodo de 1989 a 2006 del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Las áreas de cosecha para 2007-2025 permanecieron constantes a los valores promedios de 2002-2006. En el Cuadro H-5 se indican los cultivos madereros identificados en el SIACON así como se muestran los datos para el periodo de 1990 y 2006.

Se supuso que el área cosechada fuera el área superficial de árboles maduros, mientras se supuso que la diferencia entre el área total y el área cosechada fuera el área superficial de árboles inmaduros. El cambio en carbono para árboles maduros ($\Delta C_{B,M}$) se estimó tomando la diferencia entre la biomasa total durante un año dado (n) y la biomasa total para el año anterior (n-1):

$$\Delta C_{B,M} = B_{w,n} \cdot A_n - B_{w,n-1} \cdot A_{n-1}$$

En donde:

A = área de suelo, ha;

B_w = biomasa aérea promedio, t d.m./ ha.

Se supuso que los arboles inmaduros ganan carbono cada año y se estima como:

$$\Delta C_{B,I} = G_{w,n} \cdot A$$

En donde: G_w = crecimiento de la biomasa aérea, tonelada d.m. ha⁻¹ año⁻¹.

El cambio total en carbono para cultivos madereros se estimó como la suma del flujo de carbono para arboles maduros e inmaduros:

$$\Delta C_B = \Delta C_{B,M} + \Delta C_{B,I}$$

Los valores por defecto para la biomasa subterránea para sistemas agrícolas no están disponibles. Según las directrices del IPCC, el supuesto por defecto es que no hay ningún cambio en la biomasa subterránea de árboles perennes en sistemas agrícolas.¹²¹ Las estimaciones para la madera muerta y para los fondos de carbono de basura tampoco fueron incluidas en estas estimaciones. El supuesto por defecto es que las reservas para estos fondos no cambian con el tiempo si el suelo permanece dentro de la misma categoría de uso de la tierra.

¹²¹ Mientras que la remoción de los arboles maduros probablemente da como resultado la perdida de biomasa subterránea, las directrices del IPCC del 2006 establecen que para las estimaciones del Nivel 1 no se asume ningún cambio para la biomasa subterránea, Sección 5.2.1.2 del Volumen 4.



Cuadro H-5. Superficie de Cultivos Madereros Perennes en Chihuahua para 1990 y 2006

| Nombre del Cultivo | | 1990 Área Total (ha) | 1990 Área Cosechada (ha) | 2006 Área Total (ha) | 2006 Área Cosechada (ha) |
|--------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Aceituna | olive | - | - | - | - |
| Aguacate | avocado | - | - | - | - |
| Algarrobo | carob tree | - | - | - | - |
| Almendra | almond | - | - | - | - |
| Chabacano | apricot | - | - | - | - |
| Ciruela | prunes | - | - | 10 | 10 |
| Citricos | citric tree | - | - | - | - |
| Dátil | dates | - | - | - | - |
| Durazno | peaches | 1,820 | 1,386 | 2,375 | 1,781 |
| Eucalipto | eucalyptus | - | - | - | - |
| Frutales Varios | various fruits | 997 | 815 | - | - |
| Granada | pomegranate | - | - | - | - |
| Guayaba | guayaba | - | - | - | - |
| Higo | fig | - | - | - | - |
| Limón | lime | - | - | - | - |
| Macadamia | macadamia | - | - | - | - |
| Mandarina | tangerine | - | - | - | - |
| Manzana | apple | 21,488 | 21,488 | 25,708 | 25,708 |
| Membrillo | quince | - | - | 128 | 128 |
| Mostaza | mustard | - | - | - | - |
| Naranja | orange | - | - | - | - |
| Nectarina | nectarine | - | - | - | - |
| Nuez | walnut | 17,428 | 17,267 | 44,656 | 30,920 |
| Palma De Ornato | palm | - | - | - | - |
| Palma De Ornato (planta) | palm | - | - | - | - |
| Pera | pear | - | - | 68 | 16 |
| Pistache | pistache | - | - | 249 | 25 |
| Toronja (pomelo) | grapefruit (pomelo) | - | - | - | - |
| Uva | grapevine | 340 | 303 | 287 | 287 |
| Total | | 42,073 | 41,259 | 73,481 | 58,874 |

Cuadro H-6. Factores de Conversión de Contenido de Área de Cultivos Madereros a Contenido de Carbono

| Factor | | Valor | Unidades |
|------------------------------|-------|-------|---|
| Biomasa aérea | B_w | 63 | t d.m. ha ⁻¹ |
| Crecimiento de biomasa aérea | G_w | 2.1 | t d.m. ha ⁻¹ año ⁻¹ |

Resultados

En el Cuadro H-7 se presenta el resumen del flujo de carbono que obedece a las prácticas de silvicultura y uso de suelo. En el 2005, el flujo de carbono para tierras forestales y sistemas agrícolas de arboles perennes se calculó en un secuestro neto de 7.8 MTmCO₂e. El análisis de los registros históricos indica que 1) el crecimiento de la biomasa en las zonas boscosas de Chihuahua excede la disminución de carbono debido a las alteraciones (incendios forestales) y a

la explotación de productos de madera combinada, y 2) la pérdida de biomasa se puede atribuir en gran parte a los incendios forestales. Una laguna de datos notable y potencialmente importante es la cantidad de madera cosechada para uso como combustible. Finalmente, los datos en el Cuadro H-1 indican una ligera pérdida de área forestada durante 1990 y 1995. La pérdida potencial de las reservas de carbono relacionadas a esas tierras no han sido tomadas en cuenta en los resultados abajo (Ej. pérdida permanente debido a la limpieza y conversión a otro uso de tierra).

Cuadro H-7. Flujo y Proyecciones de Casos de Referencia sobre Silvicultura y Uso de Suelo (MTmCO₂e)

| Subsector | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Uso de Terrenos forestales | -7.1 | -7.6 | -6.5 | -7.7 | -8.3 | -8.3 | -8.3 | -8.3 |
| <i>Crecimiento</i> | -10.4 | -10.3 | -10.3 | -10.3 | -10.3 | -10.3 | -10.3 | -10.3 |
| <i>Incendios (pérdida de carbono)</i> | 0.38 | 0.16 | 0.16 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| <i>Incendios (CH₄ y N₂O)</i> | 0.15 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| <i>Enfermedad</i> | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.12 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| <i>Madera Cosechada</i> | 2.7 | 2.5 | 3.6 | 2.4 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 |
| Otros Usos de Tierra | 0.01 | -0.02 | -0.01 | -0.10 | -0.06 | -0.06 | -0.06 | -0.06 |
| Cultivos Madereros Perennes | 0.01 | -0.02 | -0.01 | -0.10 | -0.06 | -0.06 | -0.06 | -0.06 |
| Flujo Total de Carbono | -7.2 | -7.7 | -6.6 | -7.9 | -8.4 | -8.4 | -8.4 | -8.4 |
| Total (incluyendo CH₄ y N₂O) | -7.1 | -7.6 | -6.5 | -7.8 | -8.4 | -8.4 | -8.4 | -8.4 |

NOTA: los totales no suman exactamente debido al redondeo independiente.

Incertidumbres Principales y Necesidades de Investigación Futura

Como se estableció anteriormente, no todas las categorías de uso de suelo relevantes para Chihuahua mencionadas por el IPCC fueron cubiertas en este inventario debido a la falta de información en algunas de las categorías. Por ejemplo, las pérdidas de carbono terrestre también pueden ocurrir durante la conversión de praderas al uso agrícola o desarrollado; sin embargo, no se identificaron datos para cuantificar esta fuente potencial en Chihuahua. Para asentamientos, las investigaciones futuras deberán incluir los esfuerzo para cuantificar los almacenamientos forestales urbanos de carbono terrestre (Ej. usando las estimaciones de las cubiertas de las copas de los arboles como información importante).

La información sobre el uso de fertilizantes comerciales en aplicaciones no agrícolas permitiría estimaciones para emisiones de N₂O de suelos con asentamientos.

Para el paisaje forestal, los datos detallados sobre el tipo de bosque no se podrían utilizar debido a los escasos recursos. Con base en los datos disponibles como imágenes satelitales, podría ser posible ampliar el detalle del inventario para tierras forestales así como incluir las categorías de uso de tierra adicionales (incluso el área de suelo urbano). Sin embargo, los recursos adicionales serán necesarios para procesar archivos de imágenes digitales disponibles del INEGI.¹²² Existe necesidad de analizar datos adicionales de cobertura de suelo en el periodo posterior a 1995 con el fin de evaluar si la base forestal continúa disminuyendo o si se han logrado ganancias (y podría continuar). Los cambios en el área forestal en conjunto después de 1995 no han sido

¹²² Los mapas de uso de suelo y vegetación son referenciadas como: conjunto uso del suelo y vegetación escala 1:250 000, datum ITRF 92, formato SHP, seris I, II y III, clave D1502



capturados en estas estimaciones iniciales ni han sido relacionadas con las pérdidas de reservas de carbono (si de hecho hubiera habido pérdidas en áreas forestales).

Existe mucha incertidumbre en cuanto a la selección de los valores de crecimiento neto de la biomasa aérea. En el Cuadro 4.8 y en el Cuadro 4.9, Capítulo 4, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006, se establecen los valores de crecimiento de la biomasa neta aérea en los bosques naturales expresada como una amplia gama de valores plausibles. Con el fin de hacer una estimación conservadora de los sumideros de carbono, se seleccionaron los valores del extremo bajo; sin embargo, es necesario verificar esta suposición. La selección de los valores medios generó las estimaciones sobre el secuestro de carbono que se indica en el Cuadro H-8. Los resultados muestran diferencias de casi un orden de magnitud. Claramente, los datos de los estudios de la biomasa forestal en el estado podrían reducir enormemente la incertidumbre asociada con el uso de los datos por defecto del IPCC.

Cuadro H-8 Flujos Alternos sobre Paisajes Forestales (MTmCO₂e)

| Subsector | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 |
|--|------|------|------|------|
| Tierras Forestales – Factores del Extremo Inferior | -7.2 | -7.7 | -6.6 | -7.9 |
| Tierras Forestales – Factores de Valores Medio | -55 | -56 | -55 | -57 |

Se deben considerar varios procesos que contribuyen a la reducción anual de las reservas de carbono como consecuencia de la pérdida de biomasa, incluyendo la explotación de productos madereros, la extracción de madera combustible, y las pérdidas de reservas de carbono que obedecen a alteraciones tales como incendios o plagas de insectos. En el caso de Chihuahua, no se pudo disponer de información acerca de la disminución anual de las reservas de carbono debido a la extracción de madera combustible y podría tener un impacto considerable sobre la estimación del flujo de carbono. Asimismo, en estas estimaciones no se consideró la pérdida de carbono debido a la infestación por insectos. Finalmente, el almacenamiento de carbono puede ocurrir de la explotación de productos de madera cuando la biomasa cosechada se convierta en productos de madera duraderos, madera o muebles. El almacenamiento de carbono forestal también puede ocurrir en los rellenos sanitarios cuando los productos forestales sean dispuestos. La investigación es necesaria para los usos finales de la madera explotada en Chihuahua a fin de caracterizar suficientemente el flujo máximo neto de carbono forestal.

[Esta página se dejó en blanco intencionalmente]

Apéndice I. Recomendaciones del INE para la siguiente actualización de los Inventarios de GEI

Con oficio del 5 de agosto del 2010, el INE emitió algunas recomendaciones para ser tomadas en cuenta en la siguiente actualización de los Inventarios de GEI. A continuación se presenta parte del oficio del INE con las recomendaciones generales que se hicieron para los documentos revisados correspondientes a los inventarios de los seis estados fronterizos y las recomendaciones específicas para el documento del estado en cuestión.

Comentarios generales sobre los inventarios realizados por el Centro de Estrategias Climáticas de los Estados Unidos

Los inventarios siguieron las metodologías del IPCC 2006, y desde el punto de vista del INE, fueron aplicadas correctamente; con la excepción de la categoría de "Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura", donde CCS reconoce que se tendrá que trabajar más en ella para llegar a ser compatible con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI). Las emisiones actualmente estimadas por CCS son negativas en este sector; por lo general se espera que sean positivas debido al grado de deforestación y al cambio de uso de suelo. Recomendamos que se trabaje con las instituciones de investigación que están involucradas en el inventario nacional de esta categoría.

Para el cálculo de las emisiones en el sector eléctrico, CCS las cuantificó con base en la electricidad consumida, más las importaciones, menos las exportaciones de electricidad. Este enfoque de estimación es útil para la selección de medidas de mitigación de GEI, cuando se consideran las implicaciones de políticas y acciones que podrían impactar las emisiones provenientes de las plantas de generación de energía, tanto las que están dentro como fuera del estado. Con el fin de presentar los resúmenes de las emisiones totales de cada estado, a través de todas las categorías, se utilizaron los estimados de las emisiones basadas en el consumo eléctrico, excepto cuando se comparan las emisiones estatales contra las del INEGEI, donde se contemplan sólo las emisiones generadas en la zona geográfica.

Recomendaciones generales a los inventarios:

- Verificar las unidades, no han corregido en las gráficas las unidades de MMtCO_2e a MTmCO_2e . (Utilizar sólo sistema internacional)
- Verificar que en todas las tablas y figuras se indiquen las unidades de las cifras.
- Donde dice: "Un Análisis Minucioso a las Dos Sectores Principales: Suministro Eléctrico y Transporte" cambiar por "Un Análisis Minucioso a los Dos Sectores Principales: Suministro Eléctrico y Transporte" (aprox pag. 19)
- Cambiar la palabra segregados a desagregados
- Indicar la fuente de los PIBs utilizados y el año de referencia.
- Cambiar la palabra residuos del cuadro 2 de INE por desechos
- Cambiar donde dice:
"INEGI – Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía, e Informática" por "INEGI – Instituto Nacional de Estadística y Geografía"
- Al estimar las emisiones generadas a partir de la electricidad que se importa, se consideró que se generaron con ciclo combinado con base en gas natural, aclarar al lector que esto conlleva un error, por no considerar la contribución de las energías renovables o el uso de combustibles con mayor contenido de carbono en la red eléctrica. Justificar el porqué se considera sólo el factor de emisión del gas natural y no de otro combustible.
- En el cuadro A-3. ¿De dónde sacan el valor de índice de calor? SENER lo define como el equivalente de electricidad en términos secundarios expresado en (MJ/MWh) con un valor de conversión de 3,600. Además falta indicar una operación más para pasar de MW a T.J.
- En la parte de Residencial, Comercial e Industrial (RCI), para gas natural se menciona que se tiene el dato agregado para "residencial, comercial y transporte". Siendo que no se reporta transporte en este sector y si industrial. Dado el caso de que el gas natural si cuenta transporte, ¿Éste se incluye en la fuente de transporte?
- En RCI se estima combustóleo en el sector residencial, pero el Balance Nacional de Energía indica que en este sector, a partir de 1999, no se consume este energético. ¿De donde sacaron la información y qué uso tiene en este sector?
- Indicar la fuente bibliográfica completa e indicarlas en las tablas y figuras si no son de elaboración propia.
Por ejemplo: Al poner las fuentes de información no solo indicar que es de SENER, INEGI, sino que hay que agregar el documento de donde se toma dicha información o la liga en internet.
- Al agregar que la información fue solicitada, poner de qué período se tiene la información y fecha de publicación.
- Indicar en todas las fuentes de emisión los datos de actividad utilizados o estimados en tablas, así como factores de conversión.
- Indicar en todas las fuentes los factores de emisión utilizados en tablas.

Penférico Sur 5000, 5º piso, Col. Insurgentes Cuicuilco, Del. Coyoacán, México D.F., C.P. 04530
Tel.: 54-24-64-18 y 19, Fax: 54 24 5485

- Persiste el uso indiferente de los términos pronóstico y proyección en todo el inventario. Se recomienda indicar que solo son proyecciones.
- Usar correctamente los acrónimos como en el caso del IPCC, usar el mismo en todo el inventario.
- Revisar y corregir todas las siglas del documento.
- Las figuras (gráficas) están rotuladas en inglés, en el caso de la versión en español, rotularlas sólo en español.
- Revisar la redacción (hay algunas palabras que siguen en inglés en los pie de página, hay que traducirlas). Se repiten palabras en el inventario, por ejemplo "de de". (IPCC IPCC).
- Revisar la redacción en español.
- De acuerdo a la metodología del IPCC 2006, en el volumen 5, página 3.25 dice lo siguiente:
"El almacenamiento de carbono a largo plazo en los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS) se declara como **elemento informativo** en el Sector Desechos. El valor declarado para los desechos derivados de los productos de madera recolectada (desechos de papel y cartón, madera y desechos de jardines y parques) es igual a la variable 1B, $\Delta C_{HWP\ SWDS\ DC}$, es decir, el cambio en las existencias de carbono de los productos de madera recolectada (PMR) debidos al consumo doméstico eliminado en los SEDS del país declarante utilizado en el Capítulo 12, Productos de madera recolectada, del Volumen AFOLU"
Por lo que se aconseja no sumarla en la parte de desechos.
- Comparan el valor de sus emisiones con los de la Tercera Comunicación, se recomienda hacerlo con el valor reportado para el 2005 en la Cuarta Comunicación, INEGI 1990-2006. Las emisiones totales en el año 2005 fueron de 685.117 MtmCO₂e.
 - ⊗ TOTAL 685.117 MtmCO₂e
 - ⊗ Energía 61.2%
 - ⊗ Procesos 8.2%
 - ⊗ Agricultura 6.6 %
 - ⊗ USCUS 10.2%
 - ⊗ Desechos 13.8%

Observaciones inventario Chihuahua

- Donde dice: "Las emisiones por parte del sector aviación bajaron a cero en 2002 y se estima que representen el 0% en el total del sector transporte para el 2025, 6% por debajo de 1990" por "Las emisiones por parte del sector aviación bajaron a cero en 2002 y se estima que representen emisiones insignificantes en el total del sector transporte para el 2025, 6% por debajo de 1990" (aprox. Pag. 20).
Principalmente porque la actividad continúa aunque sus emisiones no son representativas.

Dirección de Planeación y Asistencia Técnica
Junio 2010



ISBN: 978-607-8021-08-6



Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza / Border Environment Cooperation Commission

Blvd. Tomás Fernández # 8069 – Frac. Los Parques – Cd. Juárez, Chih. – CP. 32470
MEX.Tel. (011-52) 656-6884600 – Fax: (011-52) 656-625-6999 / US Phone 1-877-277-1703



Dirección de Planeación y Asistencia Técnica
Junio 2010

Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza / Border Environment Cooperation Commission

Blvd. Tomás Fernández # 8069 – Frac. Los Parques – Cd. Juárez, Chih. – CP. 32470
MEX.Tel. (011-52) 656-6884600 – Fax: (011-52) 656-625-6999 / US Phone 1-877-277-1703