



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA

ANÁLISIS DE LA POLÍTICA PÚBLICA NACIONAL MEXICANA
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO 2000-2012

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PRESENTA:
ALEJANDRA ELODIA STRAFFON DÍAZ

TUTOR:
DR. OCTAVIO REYMUENDO MIRAMONTES VIDAL
INSTITUTO DE FÍSICA-UNAM

MÉXICO, D.F., JULIO DEL 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Análisis de la política pública nacional mexicana sobre
cambio climático 2000-2012

Alejandra Traffon Díaz

Julio de 2013

Índice general

1. Introducción	6
1.0.1. Mucho más que cambio climático, <i>cambio global</i>	8
1.0.2. Puentes entre el cambio climático y las ciencias de la complejidad . .	9
2. El contexto internacional frente al cambio climático	12
2.1. Últimas evidencias de cambios en el sistema climático	15
2.1.1. Cambios en el ciclo hidrológico	15
2.1.2. Vulnerabilidades clave y riesgos	17
2.2. Políticas internacionales ante el cambio climático	18
2.2.1. Mercado de emisiones	22
2.2.2. Resultados del sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea	24
2.2.3. Resultados del MDL en la Unión Europea	27
2.3. Tendencia mundial de emisiones de GEI	29
2.4. Conclusión del capítulo	35
3. El programa mexicano frente al cambio climático	37
3.1. Documentos de política pública	38
3.1.1. Historia y arquitectura institucional	38

3.1.2. Contenidos	41
3.2. Tendencia nacional de emisiones de GEI	53
3.3. Implicaciones socio-ambientales de las metas asumidas	63
3.4. Análisis por sector	67
3.4.1. Sector Energía	70
3.4.2. Sector procesos industriales y uso de productos	84
3.4.3. Sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	92
3.4.4. Sector desechos	103
3.5. Contraste con otros estudios para México	110
3.5.1. Sector Energía	110
3.5.2. Sector procesos industriales y uso de productos	112
3.5.3. Sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	112
3.5.4. Sector desechos	114
4. Discusión y conclusiones	117

Agradecimientos

A todos los que me han motivado a contribuir a la transformación social, que necesariamente implica una nueva relación con la naturaleza.

Agradezco el apoyo otorgado por el proyecto *Dinámica de sistemas complejos y física biológica* con clave: IN101712 del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), así como a la Facultad de Ciencias, la cual me brindó licencia de mis labores de docencia durante el semestre 2013-2. Estos apoyos fueron fundamentales para la conclusión de la tesis.

Resumen

El cambio climático se encuentra en el centro de la preocupación actual sobre las modificaciones en las condiciones ambientales de las cuales depende la vida de los seres humanos y los ecosistemas tal y como la conocemos. Si bien la investigación científica ha aclarado las causas, los efectos observados y los potenciales de dicho fenómeno –aunque siga pendiente mucho por conocerse–, existe la dificultad de traducir adecuadamente el conocimiento científico en políticas gubernamentales que hagan frente al cambio climático al mismo tiempo que se avanza en otras prioridades de desarrollo nacional.

El presente trabajo hace una revisión de la política pública federal de México en materia de cambio climático durante los últimos 12 años (2000-2012), aunque los compromisos internacionales de México se remontan a 1992, con la firma de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Para enmarcar el panorama nacional se presenta brevemente el contexto internacional, sus objetivos, estrategias y resultados para hacer frente al cambio climático.

El objetivo es hacer un balance después de 20 años de compromisos internacionales y más de una década de políticas públicas nacionales en materia de cambio climático, para ello se realiza un análisis de los resultados y de las estrategias implementadas. Este análisis permitirá enriquecer y reconsiderar algunas de las estrategias que podrían ser implementadas en el futuro a la luz del conocimiento científico actual.

A partir de la revisión de documentos oficiales se analiza la tendencia nacional de crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), su tendencia por sector y las acciones gubernamentales para hacerle frente. Se utiliza un método de análisis sectorial en el que se discuten algunas de las principales tecnologías mediante las cuales se implementan las políticas públicas. Se incluyen también las aportaciones de diversos estudios no gubernamentales en referencia a opciones y potenciales de mitigación para el caso mexicano. Finalmente, se retoman los resultados anteriores en relación con prioridades de desarrollo nacional.

Dentro de los resultados se encuentra la determinación de las categorías principales del inventario nacional, mismas que deberían ser el foco de atención de las políticas públicas. Se señalan las deficiencias en las bases científicas y en la implementación de las tecnologías revisadas en relación al cambio climático y su aplicabilidad para el contexto mexicano. La bibliografía sugiere una gama de opciones de mitigación costo efectivas que pueden ser compatibles con el avance de otras prioridades nacionales.

El análisis sectorial muestra que México está lejos de alcanzar sus compromisos en materia de cambio climático, en gran medida por la negativa a transformar la matriz energética basada principalmente en hidrocarburos, lo cual dificulta la estabilización y posterior disminución de las emisiones nacionales de GEI.

La política pública de cambio climático hasta la fecha no cuenta con la integralidad para hacer frente a dicho fenómeno y al mismo tiempo crear una sinergia positiva con prioridades nacionales de desarrollo como la soberanía energética, económica, alimentaria y el medio ambiente sano. La construcción futura de políticas públicas en la materia requiere necesariamente de un amplio debate que involucre a la sociedad en su conjunto y en particular, a la comunidad científica nacional.

Capítulo 1

Introducción

La sociedad mundial del siglo XXI se encuentra inmersa en una crisis ambiental de escala planetaria sin precedentes que se expresa como crisis hídrica, pérdida de biodiversidad, contaminación generalizada en suelos, agua y aire, sobrepoblación, derroche y escasez de recursos naturales; todos fenómenos convergentes a los cuales el cambio climático se añade y complejiza de conjunto. Esta crisis ambiental tiene como causa profunda la relación que la sociedad humana ha venido estableciendo con la naturaleza.

El presente trabajo hace una revisión de la política pública federal de México desde que el tema del cambio climático aparece de manera explícita en los documentos oficiales en el año 1992 hasta finales de 2012. Reconociendo la necesidad de establecer puentes de diálogo entre los científicos naturales y los responsables de las políticas públicas, partimos del hecho de que las políticas públicas no responden exclusivamente a criterios científicos, sino que por el contrario son mucho más influenciados por criterios económicos, políticos y sociales de escala nacional y en muchos casos, internacional. De cualquier manera no renunciamos al anhelo de que la investigación científica pueda, cada vez en mayor medida, aportar luces en la construcción de nuevas políticas públicas en favor de todas las heterogéneas comunidades

que componen a la sociedad mexicana.

La pregunta central a la que pretende responder esta investigación es: ¿cuál es el balance después de 20 años de compromisos internacionales y políticas públicas nacionales en materia de cambio climático?. Este balance requiere un análisis de los resultados, pero también de las estrategias implementadas. Si bien los resultados son en principio, realidades indudables; las estrategias, como conjunto de objetivos y acciones para alcanzarlos, condensan supuestos científicos, tecnológicos y sociales que definen su alcance y limitaciones, es por ello que hemos dedicado especial atención al *cómo* se alcanzan los objetivos, especialmente *cómo* se alcanzan *científicamente*, es decir, ¿las bases científicas sobre las que descansa la política pública son adecuadas?

La organización del contenido de la presente investigación empieza en el capítulo 1 con una breve revisión del contexto mundial sobre el cambio climático, iniciando con las observaciones y resultados científicos, posteriormente las políticas públicas internacionales para hacerle frente y finalmente sus resultados. Una vez esbozado el contexto internacional, el capítulo 2, se enfoca de lleno en el análisis de las políticas públicas nacionales en materia de cambio climático durante los últimos 12 años (2000-2012), aunque los compromisos internacionales de México se remonten a 1992, año en que se suscribió la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Se exponen desde una perspectiva sectorial los objetivos, las estrategias y los resultados de dicha política pública, se incluye también una revisión bibliográfica de opciones de mitigación para México o la región, muchas de las cuales –de ser consideradas– podrían enriquecer las políticas públicas futuras. En el último apartado de discusión y conclusiones, se retoman los resultados más importantes de los capítulos previos y se añade un análisis de la relación entre la política pública en materia de cambio climático con otras prioridades nacionales, con la intención de indicar caminos futuros por desarrollar.

La delimitación de este proyecto de investigación tuvo que acotar algunas de las preocupaciones teóricas iniciales, que si bien no forman parte en el cuerpo del trabajo, han sido directrices para su planteamiento, esperamos que éstas puedan ser desarrolladas en trabajos posteriores. Esbozamos a continuación de modo breve las dos más importantes.

1.0.1. Mucho más que cambio climático, *cambio global*

El cambio climático se encuentra en el centro de la preocupación actual sobre las modificaciones en las condiciones ambientales de las cuales depende la vida de los seres humanos y los ecosistemas tal y como la conocemos. Consideramos que sólo será verdaderamente posible para la sociedad transitar a un nuevo equilibrio climático humanamente habitable si reconocemos que ha venido ocurriendo un *cambio global* desatado por la acción de la actividad humana sobre el conjunto del sistema Tierra, no sólo sobre su atmósfera.

Las actividades humanas están alterando de manera significativa el sistema Tierra – entendido éste como el conjunto de ciclos físicos, químicos y biológicos interactuantes de escala global junto con sus flujos de energía [1]– y lo han llevado más allá de su variabilidad natural, mantenida durante al menos medio millón de años. La magnitud y velocidad de los cambios observados indican que el sistema se encuentra en un *estado sin precedentes* en la historia de nuestro planeta.

Tan profunda es la huella humana en la historia del planeta que cada vez más grupos de investigadores acuerdan en nombrar como *antropoceno* a la más reciente época geológica, por la claridad con que se distingue en la columna estratigráfica global el “evento” humano [2].

Desde este enfoque más general en el que el sistema climático está contenido dentro del sistema Tierra, el quehacer científico sobre el cambio climático tendría que ocuparse por entender las conexiones de los procesos causantes del cambio global y su relación con el sistema climático, tales como:

- el uso y conservación de toda clase de recursos naturales,
- los patrones de producción-consumo,
- la matriz energética,
- el aumento de población y su distribución espacial en campo y ciudades,

entre otros. Desde esta perspectiva, es mucho más relevante entender las relaciones de estos procesos que atender exclusivamente a los síntomas que ocasionan, como el incremento de concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, principalmente de bióxido de carbono, producido por la combustión de combustibles fósiles; y el consiguiente incremento de la temperatura promedio global (que ha ascendido 0.8°C desde la era preindustrial [3]). Aunque es claro que estos síntomas están teniendo y tendrán cada vez consecuencias más severas para la vida humana en el planeta y en general para los ecosistemas, nos parece que sólo a la luz de sus causas es que será posible para la sociedad humana modificar el actual y peligroso curso de esta historia.

Como es de esperarse, la ciencia necesaria para afrontar una agenda de trabajo de este tipo debería trascender las barreras disciplinarias, ya que sus preocupaciones son de un horizonte mayor a cualquier campo de estudio particular.

1.0.2. Puentes entre el cambio climático y las ciencias de la complejidad

Cuando la respuesta de un sistema en su conjunto es distinta de la suma de las respuestas de sus distintos componentes y *emergen* nuevas propiedades producto del actuar colectivo de los mismos, decimos que el sistema es *complejo*. Sin duda, el sistema climático es más que la suma de sus partes [4].

Los núcleos de hielo de Vostok revelan que el sistema climático presenta una dinámica de umbrales críticos y cambios abruptos para los ciclos interglaciares de los últimos 420,000 años [5], en los que el paso de periodos glaciales a interglaciares se da de forma mucho más rápida que al revés, reflejando la existencia de mecanismos internos de retroalimentación que promueven positivamente el derretimiento de casquetes en pocos años, mientras que el proceso inverso necesita miles de años para concretarse.

Otro dato interesante del estudio de los núcleos de hielo consiste en la reconstrucción de los rangos temperatura a partir de la medición del CO_2 contenido en las burbujas de aire atrapadas en el hielo, el intervalo de CO_2 se mantuvo entre 180 y 280 ppm, por lo que en la actualidad -379 ppm en el año 2005– se han rebasado en aproximadamente 100 ppm las concentraciones de la historia reciente del planeta y no sólo eso, sino que se han modificado a una velocidad 100 veces mayor que los procesos naturales. Considerando las incertidumbres en la reconstrucción de paleo temperaturas, es un hecho que 1998 fue el año de mayor temperatura en los últimos 1,000 años. No cabe duda que parámetros clave del clima se encuentran fuera de rango, ocasionando que todo el sistema climático se encuentre en un estado sin precedentes en la historia planetaria [1].

La actividad humana ha modificado la magnitud, la escala espacial y la velocidad de los cambios sobre variables clave del sistema Tierra, estos hechos hacen necesario un acercamiento con la teoría los sistemas dinámicos fuera de equilibrio [6], además de lo desarrollado recientemente, conocido como señales de alerta.

Otra consideración esencial es que el sistema climático, como parte del sistema Tierra, no responde a los forzamientos mediante relaciones simples de causa-efecto, sino más bien los forzamientos inducen una “cascada” de múltiples cambios que interactúan entre sí, produciendo un abanico de respuestas de escalas espacio-temporales diversas.

La gran riqueza de dinámicas dentro del sistema climático, con sus múltiples mecanismos

internos de retroalimentación, permite la amortiguación o amplificación de forzamientos. Varios estudios señalan que aunque la perturbación humana al ciclo natural del carbono es pequeña en comparación con las grandes cantidades de este elemento en los diferentes reservorios, hay evidencia de que el ciclo del carbono ha sido alterado significativamente [7].

La atmósfera como componente del sistema climático, tiene en la historia del caos determinista un papel central. En 1963, Edward Lorenz al intentar modelar numéricamente la convección atmosférica encontró lo que ya había sido planteado por Henry Poincaré respecto a la estabilidad del sistema solar, en un sistema divergente estados iniciales cercanos se alejan conforme el sistema evoluciona, para estos sistemas la predictibilidad está limitada, y son llamados sistemas dinámicos caóticos, además el alejamiento entre trayectorias no se da de manera completamente irregular, ya que permanecen acotadas en estructuras organizadas llamadas atractores extraños. Existe mucha literatura que indica que la atmósfera pareciera ser un sistema que espontáneamente se auto-organiza en estados que muestran elementos de cuasi-estabilidad [4].

La gran inmensidad de sistemas naturales, en su variedad de escalas, presenta como generalidad dinámicas no lineales, interacciones complejas, sinergias entre los componentes del sistema y múltiples retroalimentaciones. Este hecho vuelve inevitable la convergencia de los estudios climáticos con los sistemas complejos.

Si a la complejidad natural del cambio climático, o mejor dicho, del cambio global añadimos que el accionar humano está mediado en gran medida por las políticas públicas estatales, las cuales tienen sus propios tiempos, supuestos y referentes, nos encontramos ante el gran reto de armonizar las acciones sociales con un sistema dinámico no lineal e impredecible, lo cual implica que las políticas públicas tendrán que estarse reformulando constantemente. El sentido de este trabajo es realizar un diagnóstico de la política pública mexicana sobre cambio climático con la intención de generar luces para su futura reformulación.

Capítulo 2

El contexto internacional frente al cambio climático

En este primer capítulo se presenta una breve revisión del contexto mundial del cambio climático, iniciando con las más recientes observaciones y resultados científicos, con base en el último Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2007). En un segundo momento, se abordan las políticas internacionales para hacer frente al cambio climático, sus objetivos, compromisos y mecanismos de implementación, de los cuales el mercado de emisiones es pieza central. Como cierre del capítulo, y tercer momento argumental, se discuten los resultados de dicha política con base en el análisis de la tendencia mundial de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Existen distintas concepciones para el término *cambio climático*; para el PICC, el término denota un cambio identificable en el estado del clima a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Aplica para todo cambio del clima

a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana [3]. Por otro lado, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), entiende por *cambio climático* a cualquier cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que viene a sumarse a la variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables [8].

Sin duda, la variable climática más estudiada es la temperatura, respecto de la cual puede asegurarse que el calentamiento del sistema climático es un hecho inequívoco, como se desprende de observaciones del promedio mundial de temperatura del aire y del océano, de la fusión generalizada de nieves y hielos, y del aumento del promedio mundial del nivel del mar. La amplia revisión de la literatura científica mundial acerca del tema, lleva al PICC a la conclusión, presentada en su *Cuarto Reporte de Evaluación* (2007), que de las más de 29,000 series de datos observacionales que indican cambios apreciables en numerosos sistemas físicos y biológicos, más de un 89 % son coherentes con la dirección del cambio esperado por efecto del calentamiento [3].

También existe consenso en la comunidad científica respecto al origen del calentamiento del sistema climático. Las concentraciones de bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y halocarbonos (gases que contienen flúor, cloro o bromo) –todos ellos considerados como gases de efecto invernadero (GEI)– en la atmósfera mundial han aumentado considerablemente por efecto de las actividades humanas desde 1750, y en la actualidad exceden por mucho a los valores preindustriales determinados mediante el análisis de núcleos de hielo acumulados durante miles de años [3]. *Muy probablemente* –que de acuerdo al manejo de la incertidumbre del PICC significa >90 % de probabilidad– el aumento observado de las concentraciones de GEI es la causa del aumento del promedio mundial de temperatura [9].

La tabla 2.1 compara las concentraciones preindustriales con las del año 2005, también

Gas	Concentración preindustrial 1750 (ppm/ppmm*)	Concentración 2005 (ppm/ppmm*)	Causa predominante
CO ₂	280	379	Uso de combustibles fósiles
CH ₄ *	715	1774	Actividades agrícolas y uso de combustibles fósiles
N ₂ O*	270	319	Actividades agrícolas

Tabla 2.1: Comparación de concentraciones preindustriales y en 2005 de los principales GEI. Fuente: PICC (2007).

hace referencia a la causa predominante responsable del aumento de cada gas.

Cabe señalar que las concentraciones actuales de CO₂ y CH₄ en la atmósfera han excedido el intervalo de los valores naturales de los últimos 650,000 años. Mientras que la concentración de numerosos halocarbonos ha aumentado respecto de unos niveles casi nulos en la era preindustrial, debido principalmente a la actividad humana [9].

Este incremento en las concentraciones de GEI, ha producido en promedio un aumento en el forzamiento radiativo –que mide el balance entre la energía entrante y saliente del sistema Tierra-atmósfera– de +1.6 [entre +0.6 y +2.4] W/m², asociado con un incremento de la temperatura media mundial de 0.74 ± 0.19°C registrado entre 1850-1899 y 2001-2005 [9].

Finalmente, y antes de pasar a una breve descripción de los impactos observados debidos al cambio climático, baste subrayar que ningún modelo climático mundial acoplado (océano-atmósfera) basado únicamente en forzamientos naturales ha conseguido reproducir las tendencias del calentamiento medio de los distintos continentes (excepto la Antártida) durante la segunda mitad del siglo XX [9].

2.1. Últimas evidencias de cambios en el sistema climático

2.1.1. Cambios en el ciclo hidrológico

Son múltiples y de diversa escala espacial los cambios de largo plazo observados en el ciclo hidrológico, parte esencial del sistema climático.

Las observaciones referentes a cambios de la criósfera son de las más claramente atribuibles al cambio climático y también de las más preocupantes. Puede afirmarse con un grado de confianza alto que los sistemas naturales vinculados a la nieve, el hielo y el terreno congelado (incluido el permafrost) han resultado afectados. Dentro de lo observado se encuentra el aumento en número y extensión de los lagos glaciales, el aumento en la inestabilidad del terreno en las regiones de permafrost y las avalanchas de rocas en regiones montañosas, cambios en ecosistemas árticos y antárticos, aumento de la escorrentía y adelanto de las fechas de caudal máximo primaveral en numerosos ríos alimentados por glaciares y por nieve, y calentamiento de lagos y ríos en numerosas regiones, con efectos sobre la estructura térmica y sobre la calidad del agua [10].

Con base en observaciones satelitales obtenidas desde 1978, la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido, en promedio anual, en 2.7 [entre 2.1 y 3.3] % por decenio, y en mayor medida en los veranos, en los que la disminución fue de 7.4 [entre 5.0 y 9.8] % por decenio. En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios. Desde 1900, la extensión máxima de suelo estacionalmente congelado se ha reducido en torno a un 7% en el Hemisferio Norte, con disminuciones de hasta un 15% durante la primavera. En términos generales, las temperaturas de la capa superior de permafrost han aumentado en la región ártica, desde los años 80's, en hasta 3°C [9].

Respecto a las precipitaciones, las observaciones (en un gran número de extensas regiones) indican que en el período 1900-2005, la precipitación aumentó considerablemente en algunas partes orientales de América del Norte y del Sur, en el norte de Europa y en el Asia septentrional y central, mientras que disminuyó en el Sahel, en el Mediterráneo, en el sur de África y en partes del sur del Asia. A nivel global, la superficie afectada por las sequías probablemente ha aumentado desde la década de los años 70's. Además, es probable que la frecuencia de las precipitaciones intensas (o la proporción de precipitaciones intensas respecto de la precipitación total) haya aumentado en la mayoría de las regiones [9].

Las observaciones asociadas a los océanos evidencian un aumento de la actividad ciclónica tropical intensa en el Atlántico Norte desde aproximadamente 1970, y parecen indicar un aumento de esa actividad en algunas otras regiones, aunque la calidad de los datos es deficiente [9]. Observaciones efectuadas desde 1961 muestran que, en promedio, la temperatura del océano mundial ha aumentado en profundidades de al menos 3,000 m, se estima que los océanos han absorbido más del 80 % del calor incorporado al sistema climático [3]. Se estima que desde 1993, la dilatación térmica de los océanos ha representado aproximadamente un 57 % del total de las aportaciones estimadas al aumento del nivel del mar, mientras que la disminución de los glaciares y de los casquetes de hielo contribuyó en aproximadamente un 28 %, mientras que las pérdidas de los mantos de hielo polares aportaron el resto. Lo anterior se expresa en la incidencia de elevaciones extremas del nivel del mar, es probable que haya aumentado en numerosos lugares desde 1975 [9].

Cabe señalar los resultados que el PICC recoge sobre la inercia de los sistemas naturales, incluso una vez estabilizadas las concentraciones de GEI atmosféricas. Se espera que la tasa de aumento del promedio de temperatura mundial disminuya al cabo de varios decenios, presentando incluso aumentos del promedio de temperatura mundial durante varios siglos. Mientras que el aumento de nivel del mar causado sólo por la dilatación térmica continuaría

durante varios siglos [9].

2.1.2. Vulnerabilidades clave y riesgos

El PICC desde su *Tercer Reporte de Evaluación* (2002) identifica cinco “motivos de preocupación”, que en su último reporte (2007) se consideran aun más preocupantes, ya que los riesgos identificados se contemplan ahora con un nivel de confianza más alto. Las proyecciones indican que algunos de ellos serían mayores o estarían presentes para aumentos menores de temperatura. El propósito de agrupar estos “motivos de preocupación” es sintetizar la información sobre los riesgos climáticos y las vulnerabilidades clave con base en las observaciones más recientes [3]. A continuación describimos brevemente dichos motivos.

1. **Riesgos para los sistemas singulares y amenazados.** Los impactos serán más adversos cuanto más se incremente la temperatura. Evidencias nuevas y más claras muestran impactos en las comunidades y ecosistemas polares y de alta montaña. Entre un 20 % y un 30 % de las especies vegetales y animales consideradas hasta la fecha estarán probablemente expuestas a un mayor riesgo de extinción (para aumento promedio de temperatura entre 1.5 y 2.5°C respecto niveles de 1980-1999). Se producirá más decoloración y muerte de corales (para aumentos de temperatura superficial del mar de entre 1 y 3°C). Incrementará en la vulnerabilidad de comunidades indígenas del Ártico y de las comunidades de las islas pequeñas.
2. **Riesgos de fenómenos meteorológicos extremos.** El aumento en el número de sequías, olas de calor e inundaciones, cuyos efectos afectarán mayoritariamente a través de estrés hídrico, incendios, inundaciones, disminución en la producción de alimentos y sobre la salud, así como daños en infraestructuras.

3. **Distribución (desigual) de impactos y vulnerabilidades.** Esto quiere decir que las poblaciones de países en desarrollo con gran cantidad de pobres y grupos poblacionales como los ancianos son los más vulnerables. Regiones de baja latitud (caracterizadas por un menor desarrollo económico) como extensiones secas, deltas de ríos, el continente africano y comunidades de islas pequeñas, son las más expuestas a mayores riesgos.
4. **Impacto totalizado.** Las estimaciones previas sobre los beneficios netos iniciales del cambio climático en términos de mercado se han recalculado, encontrando que alcanzarán valores máximos de menor magnitud y en fechas más tempranas. Mientras que el costo neto de los impactos es mayor a lo estimado con anterioridad y aumentará con el tiempo. Es *probable* (>66 %) que, durante el próximo siglo, el cambio climático afecte negativamente a centenares de millones de personas.
5. **Riesgos de las singularidades de gran escala.** El aumento del nivel del mar debido a la dilatación térmica del agua, será por sí mismo mucho mayor a lo observado en el siglo XX (alto grado de confianza). Existe mayor evidencia sobre el riesgo de aportaciones al aumento del nivel del mar de los mantos de hielo de Groenlandia y Antártida, siendo estas aportaciones mayores a lo modelado previamente, el completo deshielo de Groenlandia equivale a un aumento del nivel del mar de 7m y podría ser irreversible.

2.2. Políticas internacionales ante el cambio climático

Si bien el Protocolo de Kioto es el primer y único acuerdo internacional de carácter vinculante en materia de cambio climático, éste se inscribe dentro de una secuencia de conferencias o “megacumbres” –todas ellas convocadas por Naciones Unidas– sobre la temática

ambiental: Estocolmo (1972), Río de Janeiro (1992), Johannesburgo (2002) y nuevamente Río de Janeiro (2012).

En 1992 se realizó en Río de Janeiro la Cumbre de la Tierra sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la cual tuvo como uno de sus resultados el acuerdo sobre la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que más tarde llevaría al Protocolo de Kioto –siendo este último su primera adición–, adoptado oficialmente en 1997 y cuya entrada en vigor fue en el año 2005. En 1994 entró en vigor la Convención y a partir de 1995 iniciaron las reuniones anuales de todos los países firmantes, conocidas como Conferencias de las Partes (COP, por sus siglas en inglés).

El artículo 2 de la CMNUCC señala que el objetivo último de la Convención “es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático” [8].

El documento marco de la Convención aprobado en 1992, firmado en la actualidad por 195 países, no establecía aun metas, las cuales no fueron aprobadas para los países industrializados (también conocidos como anexo I) sino hasta 1997 en el Protocolo de Kioto, que estableció compromisos de reducción de emisiones de 5.2% (en promedio) para el periodo 2008-2012, respecto de los niveles de 1990. Para los países menos desarrollados (también llamados países no anexo I) la suscripción del Protocolo no implicó compromisos de reducción, aunque es posible su participación a través de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). En él, se reconoce un esquema de cooperación internacional basado en responsabilidades comunes, pero diferenciadas, así como el carácter específico de las prioridades nacionales y regionales de desarrollo. Es importante, no dejar de mencionar que Estados Unidos –principal país emisor a nivel mundial de GEI hasta 2008– no es signatario del Protocolo de Kioto, tampoco China, actual mayor emisor.

Con referencia a las negociaciones internacionales post-Kioto, desde 2005 se han creado grupos de trabajo especiales sobre los nuevos compromisos de las Partes del anexo I con arreglo al Protocolo de Kioto y sobre la cooperación a largo plazo (2007). El trabajo de estos grupos y la dinámica de la Convención no han resultado en ningún acuerdo vinculante posterior al 2012, año en que concluyeron los compromisos del Protocolo de Kioto. En la COP-15 celebrada en Copenhague en 2009 algunos países presentaron promesas no vinculantes de reducción de las emisiones o promesas de medidas de mitigación, los Acuerdos de Copenhague se mantuvieron en la COP-16 en Cancún en 2010. Hasta la COP-18 de Doha (2012), no existía consenso sobre la ampliación de ninguna clase de compromisos vinculantes, ni para los países del anexo I, ni los demás. Aunado a lo anterior, ocurre el hecho de que en la actualidad países en desarrollo como China e India contribuyen ampliamente con las emisiones mundiales, siendo países no contemplados en el anexo 1 y por consiguiente sin compromisos de reducción hasta la fecha, lo cual complejiza aun más cualquier acuerdo Post-Kioto. El brazo científico de asesoramiento de la CMNUCC es el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (PICC), que fue establecido conjuntamente en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el mandato de analizar la información científica necesaria para abordar el problema del cambio climático y evaluar sus consecuencias medio ambientales y socio económicas, y de formular estrategias de respuesta realistas. Su finalidad es ayudar a los gobiernos y a otros tomadores de decisiones de los sectores público y privado a formular e implementar respuestas adecuadas frente a la amenaza de un cambio climático inducido por los seres humanos [3]. Su principal labor es examinar las investigaciones realizadas en todo el mundo, publicar informes periódicos de evaluación (hasta ahora han sido cuatro) y elaborar informes especiales y documentos técnicos en materia de cambio climático.

En el PICC colaboran cerca de 4,000 científicos de todo el mundo, los documentos que

elaboran son documentos que se aprueban por consenso, por lo que opiniones científicas que salgan de la media no son incluidas. Además existen científicos designados por los gobiernos quienes tienen que dar el visto bueno a los reportes. A partir de estas consideraciones puede afirmarse el carácter sumamente cauteloso de la información que se maneja.

Acerca de la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera para impedir interferencias peligrosas en el sistema climático –objetivo último de la CMNUCC–, el PICC y la ciencia en general tienen mucho que aportar. La ambigüedad a la que se presta la palabra *peligrosas*, necesita de la aplicación de juicios de valor que queda a cargo de los sujetos que toman las decisiones, el PICC reconoce que la ciencia puede ayudar a adoptar decisiones con conocimiento de causa. La siguiente figura 2.1, sintetiza los rangos de aumento de temperatura y elevación del nivel del mar mundiales, así como la variación porcentual de emisiones y el año de magnitud máxima de las mismas, para distintos escenarios de estabilización de las concentraciones atmosféricas.

Como corolario de la figura 2.1 tenemos que mientras más tarde se logre la estabilización de la concentración atmosférica de GEI se incrementa el riesgo de impactos más graves del cambio climático, por lo cual las estrategias de mitigación de las próximas décadas serán cruciales. Existe un alto nivel de coincidencia y abundante evidencia de que todos los niveles de estabilización examinados son alcanzables para un conjunto de tecnologías actualmente disponibles o previsiblemente comercializadas en los próximos decenios, así como de políticas públicas que garanticen su implantación [11].

Ante la abundante evidencia científica en torno a los cambios observados en el sistema climático y sus riesgos (ver apartado 2.1), aunado a la posibilidad real de transformar la matriz energética mundial y apelando al Principio 15 de la *Declaración de Río* (1992) que establece que “Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces

Categoría	Concentración de CO ₂ en el punto de estabilización (2005 = 379 ppm) ^{b)}	Concentración de CO ₂ -equivalente en el punto de estabilización, incluidos los GEI y aerosoles (2005 = 375 ppm) ^{b)}	Año de magnitud máxima de emisiones de CO ₂ ^{a,c)}	Variación de las emisiones de CO ₂ mundiales en 2050 (porcentaje del nivel de emisiones de 2000) ^{a,c)}	Promedio mundial del aumento de la temperatura respecto de los niveles preindustriales en condiciones de equilibrio, basándose en una "estimación óptima" de la sensibilidad climática ^{d),e)}	Promedio mundial del aumento de nivel del mar respecto del nivel preindustrial en condiciones de equilibrio por dilatación térmica únicamente ^{f)}	Número de escenarios evaluados
	ppm	ppm	Año	Porcentaje	°C	Metros	
I	350 – 400	445 – 490	2000 – 2015	-85 y -50	2,0 – 2,4	0,4 – 1,4	6
II	400 – 440	490 – 535	2000 – 2020	-60 y -30	2,4 – 2,8	0,5 – 1,7	18
III	440 – 485	535 – 590	2010 – 2030	-30 y +5	2,8 – 3,2	0,6 – 1,9	21
IV	485 – 570	590 – 710	2020 – 2060	+10 y +60	3,2 – 4,0	0,6 – 2,4	118
V	570 – 660	710 – 855	2050 – 2080	+25 y +85	4,0 – 4,9	0,8 – 2,9	9
VI	660 – 790	855 – 1130	2060 – 2090	+90 y +140	4,9 – 6,1	1,0 – 3,7	5

Figura 2.1: Escenarios de estabilización y promedio mundial de temperatura resultante en condiciones de equilibrio a largo plazo, y aumento del nivel del mar debido únicamente a la dilatación térmica. Tomado del Resumen para Responsables de Políticas del *Informe de síntesis*, PICC (2007), Tabla RRP.6.

en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente” [12], no parece justificable que los compromisos internacionales continúen en suspenso.

2.2.1. Mercado de emisiones

El mercado de emisiones de carbono (que paulatinamente ha integrado otros GEI) se ha convertido en la principal herramienta que han adoptado los gobiernos, los organismos financieros y las empresas para enfrentar el cambio climático. Su premisa básica consiste en la posibilidad de escoger las opciones más costo-efectivas –entiéndase baratas– para realizar reducciones en las emisiones o dicho con otras palabras “aquellos que contaminan pueden pagar a otro para que se encargue de limpiar su contaminación y así no tener que hacerlo ellos mismos” [13].

El mercado de emisiones fue adoptado en el marco del Protocolo de Kioto en 1997 donde 38 países industrializados se comprometieron a recortar sus emisiones de GEI en un promedio de 5.2% para el periodo de 2005 al 2012 con respecto a los niveles de 1990. En esos años, la recomendación del PICC consistía en reducciones del 50 al 70%, desde entonces la proyección ha sido a la alza [14].

El mercado de emisiones surge como una propuesta de la delegación estadounidense dentro de las negociaciones del Protocolo de Kioto, nación que posteriormente no ratifica el Protocolo, aunque su propuesta se convierte en parte central del mismo. Consiste en que los países industrializados que no puedan reducir sus emisiones en su propio territorio, puedan intercambiar esas reducciones con otros países en donde resulten más económicas.

El mercado de emisiones se presenta bajo dos grandes formatos: el sistema de “tope y trueque” (*cap and trade*) y el sistema de “compensaciones”.

El sistema de “tope y trueque” se basa en un régimen de comercio de derechos (o permisos) de emisión con fijación previa de límites máximos [13]. Los gobiernos u organismos intergubernamentales como la Comisión Europea proveen gratuitamente licencias o permisos de emisión entre las grandes industrias. La fijación de los límites máximos está sujeta al cabildeo de gobiernos e industrias, así como a dificultades inherentes de medición, obteniendo como resultado que los derechos de emisión sean excesivamente generosos e incluso permitan a las empresas recibir recursos a cambio de la venta de los permisos excedentes. Teóricamente, la oferta de permisos se iría reduciendo, implicando un progresivo aumento en la reducción de las emisiones de GEI. La parte del “trueque” se refiere al desplazamiento espacial de los permisos (expresión de las reducciones) que se da solamente entre sujetos con derechos de emisión.

El sistema de “compensaciones” también implica el desplazamiento espacial de las reducciones pero ahora, el sujeto y lugar receptores de las mismas no forma parte de un régimen

de derechos de emisión. Aunque las compensaciones se presentan como reducciones, lo cierto es que se limitan a desplazar a un lugar más barato las ya de por sí insuficientes reducciones que tendrían que hacerse *in situ*. La estimación de la compensación se obtiene calculando las emisiones de GEI que se liberarían si el proyecto no existiese, pese a la dificultad de cuantificación de la mayoría de procesos involucrados (p.ej. la construcción de una presa hidroeléctrica en clima tropical). El principal programa de este tipo es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que se desarrolla entre países desarrollados y en desarrollo-

Existe un problema científico inherente a la asignación de un precio a las emisiones de GEI con base en una unidad intercambiable, ya que éstas provienen de diferentes procesos y lugares (desde mejorar la eficiencia de algún proceso industrial hasta la captación de metano de granjas de cerdos). ¿Es posible homologar en términos económicos procesos de naturaleza tan distinta? Mientras esta cuestión sigue sin resolverse, el mercado de emisiones ha asignado precios a la tonelada de bióxido de carbono.

2.2.2. Resultados del sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea

El sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea (EU ETS, *European Union Emissions Trading System*, por sus siglas en inglés), es el mejor ejemplo del formato de “tope y trueque” del mundo. Tiene como sus objetivos la reducción de emisiones antropogénicas de GEI para la Unión Europea (UE), del 20% para 2020 y entre el 80 y 95% para el año 2050, comparado con los niveles de 1990 [15].

Desde 2005 opera en los 27 países que conforman la UE además de Croacia, Islandia, Liechtenstein y Noruega, países que se integraron en 2008. Limita las emisiones de GEI de más de 11,000 industrias de alto consumo energético, la generación de electricidad y calor, además de la aviación comercial. Tiene una cobertura sobre cerca del 45% de las emisiones

de GEI de toda la UE. Es el mayor mercado de emisiones en el mundo, representando tres cuartas partes del comercio internacional de carbono [15].

Este sistema de comercio de emisiones se ha desarrollado por fases. La primera entre 2005-2007 logró establecer el mercado de carbono más grande del mundo, asignando los permisos de forma gratuita en función de las emisiones históricas de las industrias (favoreciendo así a las industrias más contaminantes). El número de permisos de emisión fue excesivo, es decir, las emisiones verificadas fueron menores que el tope establecido en los permisos de emisión, con una sobre asignación del 4 % para 2005 y del 1 % en 2007 [16], provocando que el precio de los permisos cayera a cero en 2007, pero sobretodo, no logrando concretar reducciones reales en las emisiones de GEI. El excedente de la primera fase fue de 267 MtCO₂e [17].

La segunda fase fue de 2008 a 2012, en la que la asignación de permisos también fue gratuita. Pese a que el número de permisos se redujo en 6.5 % respecto a 2005, la recesión económica disminuyó la producción y por consiguiente las emisiones ocasionando nuevamente un excedente de los mismos [15], ya que la asignación de permisos partió del supuesto de que las economías europeas seguirían creciendo [13]. Esta fase concluyó con un excedente de 970 MtCO₂e [17].

El excedente de permisos y créditos (compensaciones) de la fase 2, se acumula para la fase 3, por lo que casi el 40 % de los compromisos de reducción de la fase 3 se cumplen sólo con lo traspasado de la fase 2, es decir, cubren la totalidad de las reducciones domésticas hasta 2017, según revelan estudios independientes [18, 17].

Adicionalmente a la sobre asignación de permisos, las industrias europeas pueden comprar créditos internacionales (compensaciones) que cubran una proporción de sus emisiones, siempre y cuando estos sean reconocidos por el Protocolo de Kioto, tales como el Mecanismo para un Desarrollo Limpio y el Mecanismo de Implementación Conjunta [15]. Para la fase 2, el número de compensaciones permitidas fue mayor que las reducciones domésticas requeri-

das [18], el límite de compra de compensaciones es en promedio del 10 % de las emisiones (con variaciones según el tipo de industria), porcentaje mayor a los compromisos de reducción de los países europeos. Esta situación resulta en que las emisiones netas de Europa pueden seguir aumentando y al mismo tiempo cumplir con el sistema de comercio de emisiones. Según Michael Wara, investigador del programa de Energía y Desarrollo Sustentable de la Universidad de Stanford, es probable que las industrias europeas adquieran tantos permisos de proyectos de reducción de emisiones fuera de su bloque comercial que las industrias habrán emitido aproximadamente un 1 % más en 2008 de lo que lo hicieron en 1990 [19].

La tercer fase va de 2013 a 2020, en la cual se introducen varios cambios como la paulatina transición de permisos gratuitos a la compra de ellos mediante subasta. Se establece un decremento anual en el tope de emisiones de 1.74 % (respecto a la fase 2) con lo que se esperan reducciones del 21 % para 2020, con respecto al 2005. También se amplía el límite al 50 % para compensaciones, es decir, hasta la mitad de las reducciones europeas podrán externalizarse a otros países [15].

Otro estudio independiente ha calculado que la reducción real de emisiones en la UE durante la fase 3 (2013-2020) podría ser de sólo 3.9 %, muy por debajo del compromiso de reducción del 20 %, con base en lo emitido en el año 2005. De estas pocas reducciones el 60 % procedería de las compensaciones [20].

En síntesis, entre 2005-2007 la UE no redujo sus emisiones en términos reales, debido a la sobre asignación de permisos. Para 2008-2012 se estableció un tope 2 % menor a lo emitido en 2005, sin embargo la recesión económica disminuyó las emisiones y nuevamente los permisos fueron excesivos, con ello las reducciones no se ocasionaron por transformaciones tecnológicas, sino por crisis económica. El comportamiento tendiente a utilizar las compensaciones más que a hacer reducciones domésticas, así como la posibilidad de acumular los permisos excedentes de la fase 2, indica la posibilidad de que para la tercera fase, las reducciones reales serán

mucho menores a lo comprometido.

2.2.3. Resultados del MDL en la Unión Europea

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es el ejemplo paradigmático del sistema de “compensaciones”. Es un procedimiento contemplado en el Protocolo de Kioto en donde países desarrollados (anexo 1) pueden financiar proyectos de mitigación de emisiones de GEI dentro de países en desarrollo (llamados países no anexo I), y recibir a cambio Reducciones Certificadas de Emisión (RCE’s) aplicables a cumplir o compensar con una parte de sus compromisos de reducción.

El propósito del MDL es, de acuerdo a lo establecido por el Artículo 12 del Protocolo de Kioto, ayudar a los países no incluidos en el anexo I a lograr un desarrollo sustentable y contribuir al objetivo último de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático –evitar las interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático-, así como ayudar a los países del anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos contraídos en virtud del artículo 3 del Protocolo sobre la limitación y reducción de las emisiones de GEI.

Teóricamente el MDL reduce los costos de cumplimiento de los compromisos ante el Protocolo para países desarrollados, mientras que las economías en desarrollo se benefician del incremento en los flujos de capital de inversión para proyectos de mitigación y los resultados que estos ofrecen para las políticas de desarrollo sustentable. Un proyecto MDL debe cumplir con las condiciones de adicionalidad, de determinación de la línea base y de contribución al desarrollo sostenible del país, según lo establece el Artículo 12 del Protocolo de Kioto.

La experiencia del sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea, sistema que ha crecido (en promedio) de 10 %, durante la fase 2, a 50 % en la fase 3 la proporción de compensaciones susceptibles de ser contabilizadas ilustra con mucha exactitud a este

mecanismo.

En 2009 más del 80 % de las compensaciones europeas se debían a proyectos relacionados con la destrucción de gases industriales [21], en los cuales, ajustes técnicos menores eliminan la producción de un tipo de hidrofluorocarbono (HFC-23) asociado a la producción de gases refrigerantes o bien de óxido nitroso (N_2O) un producto secundario de la fabricación de fibra sintética. Después de la evidencia que indicaba que este tipo de proyectos ha resultado en incrementos globales de las emisiones de estos gases y en el enriquecimiento de las empresas que los producen, en enero de 2011 la Comisión Europea decidió prohibir este tipo de proyectos a partir de mayo del 2013 por considerar que ocasionan incentivos perversos, carecen de adicionalidad, por su la falta de integridad ambiental, por ir en detrimento del Protocolo de Montreal y porque distorsionan la distribución geográfica de las reducciones (23 proyectos, concentrados mayoritariamente en China e India) [22].

Como cierre de este apartado, tenemos que enfrentar al cambio climático con un enfoque mercantil ha sido la respuesta más común que los gobiernos y organismos internacionales ofrecen. Esta concepción da por sentado que la asignación de precios a las emisiones, tendrá el efecto de disminuirlas. Consideramos que esta hipótesis es débil, baste como ejemplo el incremento mundial en los precios del petróleo en la década de los 70's, lo que no trajo consigo ni el abandono, ni la disminución de los combustibles fósiles. Sin duda, lo que se necesitan son políticas tendientes al abandono de los combustibles fósiles y la consiguiente transformación de la matriz energética mundial.

El objetivo central del sistema de comercio de emisiones europeo de reducir las emisiones absolutas de GEI, ha fracasado al menos hasta el final de la fase 2 (2012), este fracaso se debe a causas intrínsecas del propio sistema como la sobre asignación de permisos, su posible acumulación, la ampliación del sistema de compensaciones, entre otras. La recesión

económica vivida en la región desde 2009 y la consiguiente disminución de emisiones no debe ocultar el fracaso del esquema. Existe evidencia que indica que las reducciones reales de la fase 3 serán mucho menores de las comprometidas [20], estamos a la espera de ver si existen tales reducciones.

En su conjunto el mercado de emisiones de la Unión Europea, el más grande del mundo, no sólo no ha disminuido sus emisiones de GEI, sino que ha pospuesto en sus países el tránsito hacia nuevos modelos energéticos y de consumo, mientras que provee a las industrias más contaminantes de fuera de su bloque económico, principalmente a países en vías de desarrollo, de recursos económicos. No hemos profundizado en la presente investigación sobre los múltiples casos documentados de desalojo, degradación y represión de las comunidades locales que participan del Mecanismo de Desarrollo Limpio, invitamos al lector a no dejar de considerar este importante aspecto.

2.3. Tendencia mundial de emisiones de GEI

Nos parece que no hay mejor manera de evaluar los objetivos de las políticas internacionales (Conferencias, Protocolos y acuerdos) en materia de cambio climático que revisando sus resultados. A más de 20 años de la creación de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, es posible comenzar a distinguir cambios, en caso de haberlos.

Dentro de las instituciones encargadas de generar sistemáticamente estimaciones de las emisiones históricas mundiales consideramos dos en esta investigación, la Agencia Internacional de Energía (AIE), que es un organismo autónomo internacional creado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y el Centro de Análisis de la Información de Dióxido de Carbono (CDIAC, por sus siglas en inglés) proveedor primario de datos para el Departamento de Energía del Gobierno de Estados Unidos, en ambos casos

las emisiones estimadas se derivan exclusivamente de la combustión de combustibles fósiles y sólo consideran al bióxido de carbono (CO_2), es decir, no son considerados otros GEI y sectores como la agricultura y el uso del suelo. Pese a la simplificación, las emisiones de CO_2 provenientes de la quema de combustibles fósiles fueron en 2004 aproximadamente el 57% de las emisiones totales mundiales [3]. La figura 2.2 compara las estimaciones de las últimas cuatro décadas provenientes de ambas instituciones.

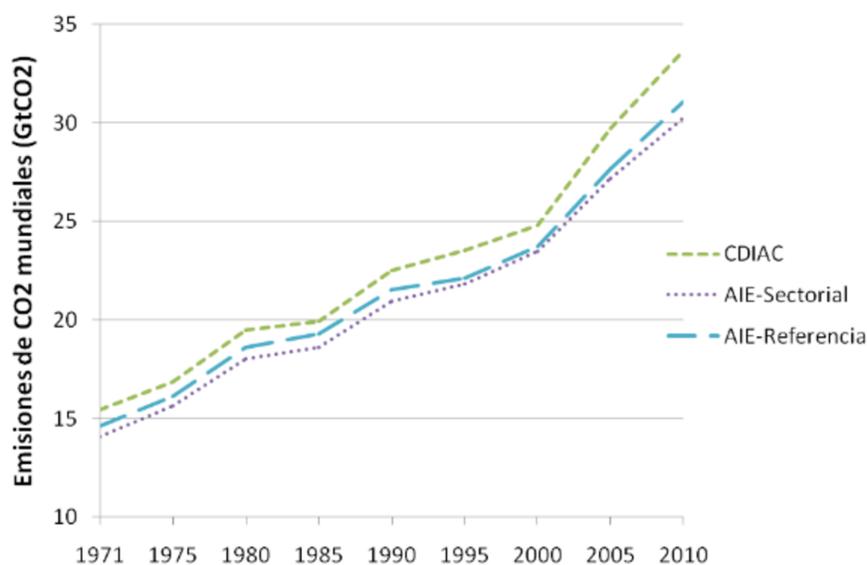


Figura 2.2: Emisiones mundiales de CO_2 1971-2010. Elaboración propia a partir de CDIAC (2012) y AIE (2012).

En las tendencias presentadas en la figura anterior hay consistencia, durante el periodo 1971-2010 las emisiones de CO_2 se incrementaron entre un 118 y un 113%, dependiendo de la metodología. Para tener un punto de comparación, este crecimiento está por arriba del crecimiento poblacional mundial que para el mismo periodo fue de 84% [23].

Dada la inseparable relación entre los combustibles fósiles y las emisiones de CO_2 , con-

sidérese ahora la participación de los distintos combustibles en las emisiones históricas de la figura 2.3.

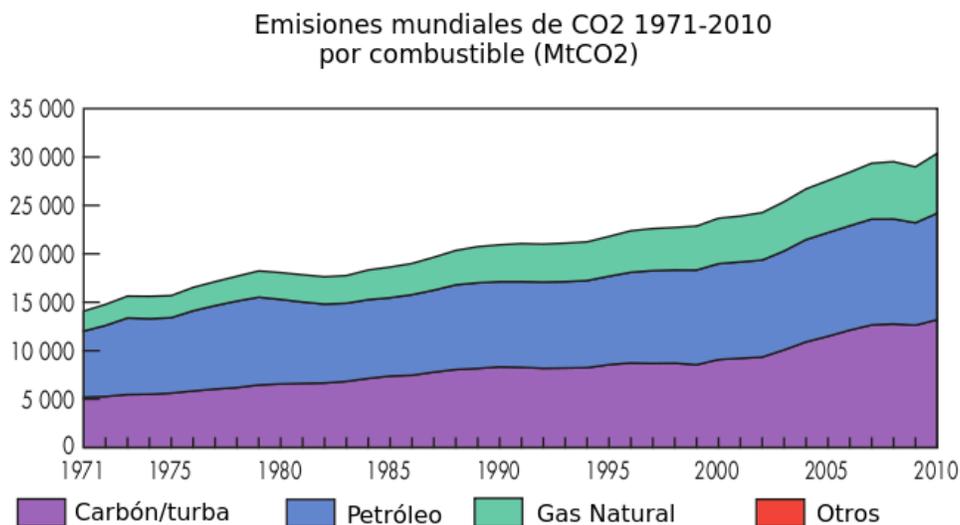


Figura 2.3: Emisiones mundiales de CO₂ 1971-2010 por tipo de combustible, incluye aviación y transporte marítimo internacionales. Tomado de AIE (2012).

Es interesante subrayar la participación creciente del uso de carbón –cuyo principal destino es la producción de electricidad [24]–, pasando del segundo puesto en 1973 al mayor emisor de CO₂ en 2010 [25], considerando que este combustible tiene una intensidad energética menor a la del petróleo, un mayor contenido de carbono por unidad de masa –lo que implica más emisiones de CO₂ por unidad de energía–, China, India, Australia y Estados Unidos son las naciones en las que este combustible es más consumido a nivel mundial [24]. En las últimas 2 décadas también se observa una participación creciente del gas natural. Mientras que la proporción del petróleo ha disminuido de 51 a 36 % en el periodo [25].

La matriz energética mundial sigue descansando en los combustibles fósiles. Entre 1971 y

2010, el abasto mundial de energía primaria (TPES, Total Primary Energy Supply, por sus siglas en inglés) creció en 108 % (pasando de 6.1 a 12.7 Gtoe, 1 toe = 41.87 GJ es la energía liberada por la quema de una tonelada de petróleo crudo) [25], sin embargo, en estas cuatro décadas la proporción de energías fósiles no se modificó sustancialmente pasando del 86 % al 81 % según estimaciones de la Agencia Internacional de Energía [26], ver figura 2.4.

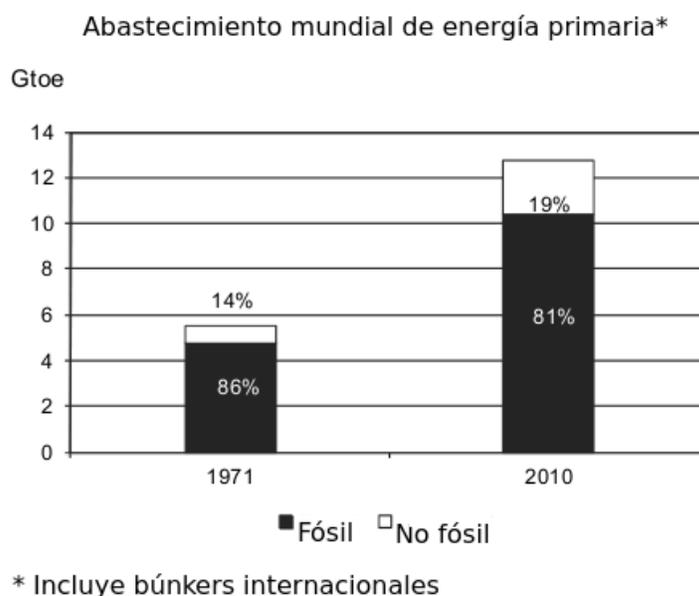


Figura 2.4: Matriz energética mundial 1971-2010. Tomado de AIE (2012).

Los resultados anteriores conducen a la conclusión de que el crecimiento de las emisiones de CO₂ (entre 118 y 113 %) es incluso mayor que el crecimiento del abasto de energía primaria en el mundo (108 %) para el periodo 1971-2010, por lo que en promedio se generan más emisiones por unidad de energía que hace 4 décadas. Se evidencia un problema no sólo de consumo creciente de energía y emisiones, sino también de ineficiencia creciente en el sistema energético mundial debido en gran medida por el crecimiento en el uso de carbón.

Pese a la importancia del cambio energético, la financiación estatal en términos absolutos reales destinada a la mayoría de los programas de investigación energética del mundo se ha mantenido invariable o ha disminuido durante casi dos decenios, y se encuentra ahora aproximadamente en la mitad del nivel de 1980 [11].

Un análisis detallado sobre la tasa de crecimiento anual de las concentraciones atmosféricas de CO₂, muestra que entre 1995-2004 se ha alcanzado el mayor valor (1.9 ppm/año) desde el comienzo de las mediciones directas continuas de la atmósfera. Esta última observación, indica tasas de crecimiento mayores para el principal gas de efecto invernadero [9].

Si consideramos la tasa de crecimiento de las emisiones de CO₂e¹ –que incluye la aportación de los 6 principales GEI–, durante la década 1995-2004, se observa que fue más del doble (0.92 GtCO₂e anuales) que durante el período anterior de 1970-1994 (0.43 GtCO₂e anuales) [11].

Una vez presentada la tendencia histórica de emisiones de CO₂, finalicemos la sección considerando más ampliamente la participación de otros gases y sectores con la fotografía que el PICC nos brinda para el año 2004, lamentablemente no existen otras estimaciones históricas de la participación de los distintos gases y sectores a nivel mundial. El PICC en su *Cuarto Reporte de Evaluación* de 2007, estimó la contribución en 2004 de los diferentes gases y sectores, ver la figura 2.5.

Entre 1970 y 2004, el aumento más importante de las emisiones de GEI proviene de los sectores de suministro de energía, transporte e industria, mientras que la vivienda y el comercio, la silvicultura (incluida la deforestación) y la agricultura han crecido más lentamente [3],

¹Dado que los GEI difieren en la influencia térmica positiva que ejercen sobre el sistema climático mundial, ya sea por sus diferentes propiedades radiativas o por sus períodos de permanencia en la atmósfera, se define como una emisión de CO₂-equivalente a la cantidad de emisión de CO₂ que ocasionaría, durante un horizonte temporal dado (generalmente de 100 años), el mismo forzamiento radiativo integrado a lo largo del tiempo que una cantidad emitida de un GEI o de larga permanencia o de una mezcla de GEI [3].

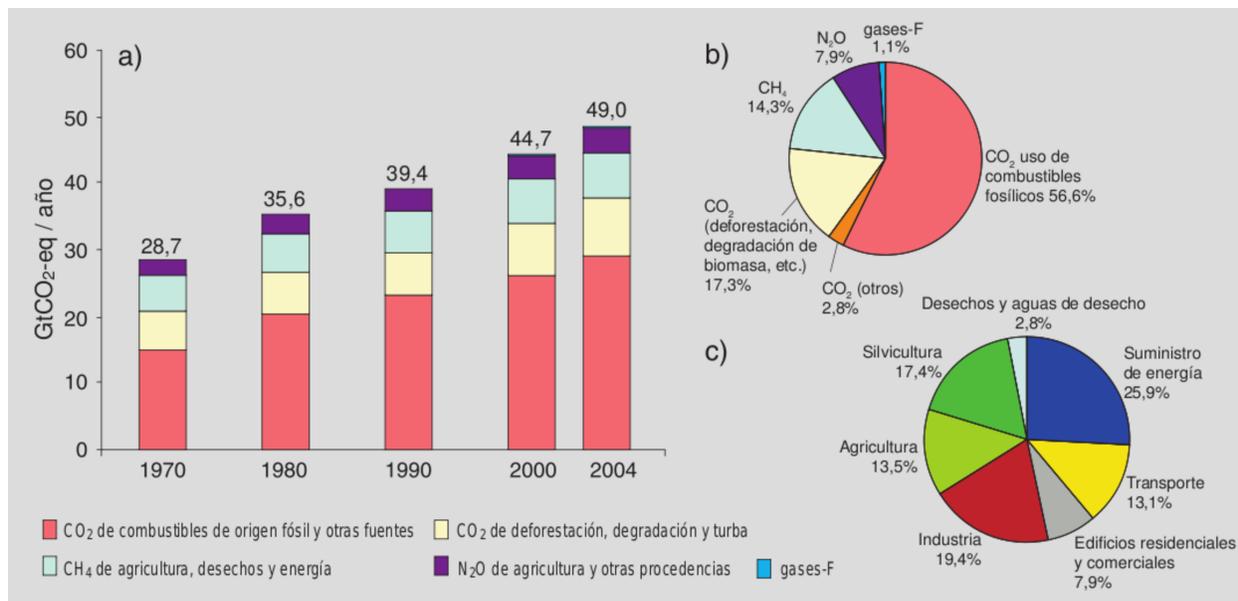


Figura 2.5: Emisiones mundiales antropogénicas. a) Emisiones anuales mundiales de GEI antropogénicos entre 1970 y 2004, b) parte proporcional que representan diferentes GEI antropogénicos respecto de las emisiones totales en 2004, en términos de CO₂ equivalente, c) parte proporcional que representan diferentes sectores en las emisiones totales de GEI antropogénicos en 2004, en términos de CO₂ equivalente. Tomado de PICC (2007), Figura RRP.3.

ver figura 2.5a). En la figura 2.5b) se muestra como relevante la contribución de CO₂ debida a la deforestación, degradación y uso de suelo que contribuye con un 17% mundial, seguido por el metano (CH₄) proveniente de la agricultura, ganadería y desechos con un 14% del total. De la figura 2.5c) se tiene que el sector de mayor contribución a nivel mundial es el energético (que incluye suministro de energía, transporte, uso residencial y comercial) con cerca del 47% del total.

2.4. Conclusión del capítulo

Las evidencias observacionales indican inequívocamente que ocurre un calentamiento de la temperatura media mundial, relacionado estrechamente al aumento en la concentración de GEI en la atmósfera por actividades humanas desde el comienzo de la época industrial. Resultados científicos indican que cada vez hay un nivel de confianza más alto en que los riesgos identificados serán mayores a lo previamente establecido o estarán presentes para aumentos menores de temperatura, es probable que durante el siglo XXI centenares de millones de personas sean afectadas.

Ante esta alarmante situación, las políticas internacionales ante el cambio climático cristalizadas en la CMNUCC establecen como su objetivo último la estabilización de las concentraciones por debajo de “interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”, los riesgos establecidos por la ciencia, no han resultado en la definición de rangos precisos de concentraciones *peligrosos* por debajo de los cuales habría que mantenerse. Los compromisos de reducción de emisiones de GEI, establecidos en el Protocolo de Kioto, están muy por debajo de las reducciones mundiales necesarias para mantener el aumento de temperatura abajo de 2°C, mientras que un posible acuerdo post-Kioto se encuentra en completa indefinición en este momento, a sabiendas de que la tardanza en las reducciones incrementa los niveles de riesgo.

Un análisis detallado del mercado de emisiones más grande del mundo, el europeo, muestra que en sus dos primeras fases de operación (2005-2012) no redujo las emisiones absolutas del bloque básicamente debido a la sobre asignación de permisos y a la posibilidad de traspasar a otros lugares las reducciones. La posibilidad de acumular los permisos sobrantes de la fase anterior, así como el aumento en el margen de las compensaciones, posibilita que incluso sea posible el aumento de las emisiones en territorio europeo durante la fase 3 (2013-2020).

La tendencia mundial de emisiones muestra resultados desalentadores, no sólo porque

la tendencia es creciente, sino porque en la década 1995-2004 se duplicó la velocidad de emisión respecto del periodo 1970-1994, por lo que un escenario de estabilización de las concentraciones en la actualidad, parece inalcanzable. Siendo las categorías más importantes de emisiones el suministro de energía, el transporte y la industria; la matriz energética mundial continua basándose predominantemente en combustibles fósiles (86 % en 1971 y 81 % en 2010), dentro del los cuales el carbón y el gas natural tienen una participación creciente (en oposición al petróleo), durante el periodo 1971-2010 se emitieron más emisiones de CO₂ por unidad de energía producida, lo que indica una ineficiencia creciente en el sector energético mundial.

Los resultados no indican una trayectoria hacia la estabilización de las concentraciones atmosféricas, sino un alejamiento indefinido a cualquier horizonte de estabilización y con ello el fracaso de las políticas internacionales en la materia. Por más concluyentes que son las observaciones y resultados científicos acerca de los impactos actuales y potenciales (pese a la incertidumbre asociada y al desconocimiento de todavía muchos procesos involucrados), a más de 20 años de políticas internacionales, no se aprecia un cambio de dirección en lo que pareciera llevar a la sociedad humana a un callejón sin salida. ecumple.

Capítulo 3

El programa mexicano frente al cambio climático

En este capítulo se hace una revisión de las políticas públicas nacionales en materia de cambio climático, tanto de las instituciones, documentos y contenidos durante los últimos 12 años (2000-2012), aunque los compromisos internacionales de México se remonten a 1992. También se muestran y discuten los resultados de dicha política al considerar la tendencia nacional de emisiones de GEI y las implicaciones socio-ambientales de los compromisos asumidos.

Posteriormente se discuten, desde una perspectiva sectorial, las estrategias y acciones gubernamentales a la luz de resultados provenientes de distintas áreas de las ciencias naturales. Finalmente, se hace una revisión bibliográfica de opciones de mitigación para México o la región, muchas de las cuales –de ser consideradas– podrían enriquecer las políticas públicas futuras.

3.1. Documentos de política pública

3.1.1. Historia y arquitectura institucional

Para 2007, México había suscrito cerca de 100 acuerdos internacionales relacionados con el medio ambiente y el desarrollo sustentable, el primero de ellos relacionado específicamente con el cambio climático fue la Convención Marco de Naciones Unidas, firmada en 1992 y que desembocó en el Protocolo de Kioto firmado en 1997.

Es de resaltar que quienes impulsaron en sus inicios la agenda nacional sobre cambio climático –a mediados de la década de los 90’s– fueron un grupo de científicos de la Universidad Nacional Autónoma de México, quienes en conjunto con el Instituto Nacional de Ecología, empezaron a organizar la investigación sobre cambio climático que se hallaba dispersa, logrando generar información sobre 3 temas: el inventario nacional de emisiones de GEI, los escenarios de emisión y los primeros estudios sobre vulnerabilidad ante el cambio climático. Este primer núcleo de información fue la base para la elaboración del primer inventario nacional del GEI, publicado en 1995 y posteriormente para la Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas del año 1997. La participación de académicos universitarios, en particular el Dr. Carlos Gay García, fue clave para iniciar el diálogo entre las distintas dependencias del gobierno federal, con la creación en 1995 de un grupo *ad hoc* sobre cambio climático [27].

El primer documento de política pública nacional que incorpora específicamente la variable climática en el diseño de políticas sectoriales es la *Estrategia Nacional de Acción Climática*, publicada en abril del 2000 como resultado de los trabajos del Comité Intersecretarial para el Cambio Climático, establecido desde abril de 1997 bajo la coordinación de la entonces SEMARNAP, y que posteriormente, maduró hacia la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). El propósito principal de este documento fue esbozar para el

corto, mediano y largo plazo un conjunto de acciones y medidas en materia de mitigación que permitieran controlar y reducir las tasas de crecimiento de emisiones de GEI, es importante mencionar que no fueron consideradas acciones de adaptación.

En abril de 2005 se crea la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) primera institución federal con carácter de permanente en materia de cambio climático, que es la instancia máxima de decisión en el tema dentro del Gobierno Federal, está integrada por siete Secretarías de Estado, cuyo objetivo es coordinar las acciones de las diversas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en el tema. La CICC es la responsable de formular políticas públicas y estrategias transversales en materia de cambio climático que entre otros compromisos, a nivel internacional, garanticen el cumplimiento de lo suscrito ante la Comisión Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Por primera vez se incluye el tema del cambio climático en el *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012* (PND), este es un documento sexenal que cada administración federal elabora con la finalidad de establecer los objetivos nacionales, las estrategias y las prioridades que deben de guiar la acción del gobierno, en concordancia con él, siete Secretarías de Estado incluyeron en la elaboración de sus programas sectoriales objetivos y estrategias en la materia. Los objetivos enunciados en el PND necesitaron traducirse en acciones concretas que permitieran su implementación, para ello se elaboraron la *Estrategia*, el *Programa Especial* y recientemente la *Ley General sobre Cambio Climático*.

La CICC elabora y hace pública en mayo del 2007 la *Estrategia Nacional de Cambio Climático* (ENACC) documento que identifica posibilidades de mitigación y necesidades de adaptación, este sirve de base para el *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012* (PECC) que fue publicado en agosto del 2009, en el que se desarrollan las orientaciones establecidas en la ENACC mediante objetivos y metas en mitigación y adaptación, para las cuales se determinan las dependencias responsables, los plazos de cumplimiento y la

cuantificación de las reducciones.

Para garantizar el cumplimiento de los acuerdos signados por México ante la CMNUCC en 1992 son elaboradas las *Comunicaciones Nacionales* que reportan los avances en materia de cambio climático y suelen contener una revisión del contexto nacional (características geográficas, recursos naturales, demografía, economía, educación y eventos extremos), así como la más reciente actualización del *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero* (INEGEI), así como una descripción de los arreglos institucionales y los programas para enfrentar los efectos del cambio climático tanto en mitigación como en adaptación.

En la actualidad han sido presentadas cinco *Comunicaciones Nacionales*, la primera en 1997, incluyendo inventario de emisiones del año 1990; la segunda en 2001, con la actualización del inventario para el periodo 1994-1998; la tercera en 2006, presentó la actualización del inventario nacional al 2002; la cuarta en 2009, con actualización del inventario al 2006 y la quinta fue presentada a fines de 2012, misma que contiene la última actualización del inventario nacional al 2010.

La elaboración de los *Inventarios Nacionales* es el resultado de un compromiso del Estado Mexicano con la CMNUCC la cual establece en sus artículos 4 y 12 la elaboración de un inventario nacional “en la medida que lo permitan sus posibilidades, de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero [. . .], utilizando metodologías comparables que promoverá y aprobará la Conferencia de las Partes” [8]. La más reciente actualización comprende las estimaciones para el periodo 1990-2010. Estas cifras sustituyen los valores estimados en versiones anteriores, por considerarse más actualizados los conocimientos y métodos empleados para determinarlos.

Hasta la promulgación de la *Ley General sobre Cambio Climático* el 5 de junio del 2012, y su entrada en vigor en el mes de octubre del año pasado, no existían leyes que directamente trataran el tema.

3.1.2. Contenidos

Es central identificar los distintos contenidos de la política pública nacional en materia de cambio climático que durante los últimos 12 años han conformando los objetivos y las estrategias para enfrentarse a este fenómeno global. Sin una reconstrucción de la trayectoria transcurrida hasta el momento, pocos elementos podrán ser aportados para lo que está por venir.

A continuación se presenta un panorama de lo esencial y novedoso, y en algunos casos limitado, que hay en cada uno de los documentos de política pública en lo relativo al cambio climático.

- **Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (2007)**

El PND del sexenio pasado incorporó por primera vez el tema del cambio climático, mediante dos objetivos dentro del Eje de Sustentabilidad Ambiental. El Objetivo 10, dedicado a la mitigación, consiste en la reducción de las emisiones de GEI y el Objetivo 11, dedicado a la adaptación, relativo a impulsar medidas que reduzcan la vulnerabilidad ante el cambio climático [28]. La gran generalidad de los objetivos requirió de la posterior elaboración de programas sectoriales, especiales, institucionales y estatales.

- **Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007)**

Como su nombre lo indica, la *Estrategia* (ENACC), más que abordar las responsabilidades, tiempos de ejecución, costos, medidas de verificación, etc.; es un documento indicativo de la dirección que debe seguir la política pública nacional en la materia. La ENACC “identifica medidas, precisa posibilidades y rangos de reducción de emisiones, propone estudios necesarios para definir metas más precisas de mitigación y esboza las necesidades del país para avanzar en la construcción de capacidades de adaptación” [29]. En este documento se consolida la visión del Ejecutivo Federal por abordar

de manera complementaria la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos adversos.

En materia de mitigación, su objetivo general es “desacoplar el incremento de las emisiones del crecimiento económico” [29]. Se identifican acciones para dos sectores específicos: A) Generación y Uso de Energía, y B) Vegetación y Uso de Suelo.

En lo que respecta al sector *Generación y Uso de Energía*, las oportunidades de mitigación más ambiciosas en términos de reducciones estimadas anuales son: 1) impulsar la eficiencia energética mediante la aplicación y creación de normas por parte de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) (24 MtCO₂e/año), 2) la conversión a gas natural y repotenciación de termoeléctricas en el Pacífico, en conjunto con la modernización del Sistema Nacional de Refinación (21 MtCO₂e/año) y 3) el impulso en el sector industrial de la cogeneración en las ramas cementera, siderúrgica, azucarera, entre otras (>25 MtCO₂e/año). La estimación de las oportunidades identificadas, considerando las 14 acciones propuestas, suma un total de 106.8 MtCO₂e que podrían estarse reduciendo en 2014.

En el segundo sector estudiado, *Vegetación y Uso de Suelo*, las oportunidades de mayor reducción se encuentran ligadas a los bosques, primero la reforestación y recuperación de terrenos forestales (10-20 MtCO₂e/año) y segundo, la reforestación con restauración de suelos (5-15 MtCO₂e/año). La aplicación de las 10 acciones propuestas alcanza un total de al menos 30.2 MtCO₂e de reducciones para el año 2012.

En la ENACC México fija su postura oficial en pro del desarrollo “intensivo” de mecanismos de mercado, en particular de los bonos de carbono y el pago por servicios ambientales (hidrológicos y captura de carbono). Inclusive se propone la consolidación de un mercado nacional de carbono, mediante una estrategia progresiva en la valorización

zación del carbono iniciando con sectores productivos seleccionados para “acelerar el reconocimiento del valor asociado a las emisiones de carbono” [29].

Se reconoce que una parte de las medidas y políticas contempladas tendrán que costearse con fondos fiscales y otra parte con mecanismos de cooperación internacional [29].

■ **Programa Especial del Cambio Climático 2009-2012 (2009)**

Lo específico del *Programa* (PECC) es concretar y desarrollar las orientaciones establecidas en la *Estrategia* mediante objetivos y metas en mitigación y adaptación, para las cuales se determinan las dependencias responsables, los plazos de cumplimiento y la cuantificación de las reducciones. Su objetivo principal es desacoplar el crecimiento y el desarrollo económico de la intensidad de carbono en México [30].

El PECC es quizá el instrumento de política pública en la materia más importante hasta la fecha porque establece para el corto plazo (antes del 2013) un total de 105 objetivos y 294 metas, que en su conjunto se sitúan dentro de una visión de mediano y largo plazo. Por lo anterior es de nuestro interés hacer una revisión detallada de los cuatro componentes del programa:

1. **Visión de largo plazo.** Pensada para llegar a mediados del presente siglo, en términos de mitigación, México asume el objetivo indicativo o meta aspiracional de reducir en un 50 % sus emisiones de GEI al 2050, en relación con las emitidas en el año 2000. México aspira así a contribuir a un posible escenario de estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera, a un nivel no superior a 450 partes por millón (ppm) de bióxido de carbono equivalente (CO₂e), compatible con un límite del incremento de la temperatura superficial promedio entre 2 y 3°C y una convergencia flexible hacia un promedio global de emisiones per cápita de 2.8 toneladas de CO₂e en 2050. Esta meta aspiracional no es vinculantes y depende

de un régimen multilateral que garantice los mecanismos de apoyo financiero y tecnológico [30].

Para lograr esta meta las emisiones nacionales alcanzarían su máximo en la segunda década de este siglo, a partir de entonces iniciaría su descenso, la trayectoria y reducciones requeridas para alcanzarlo se muestran en la figura 3.1.

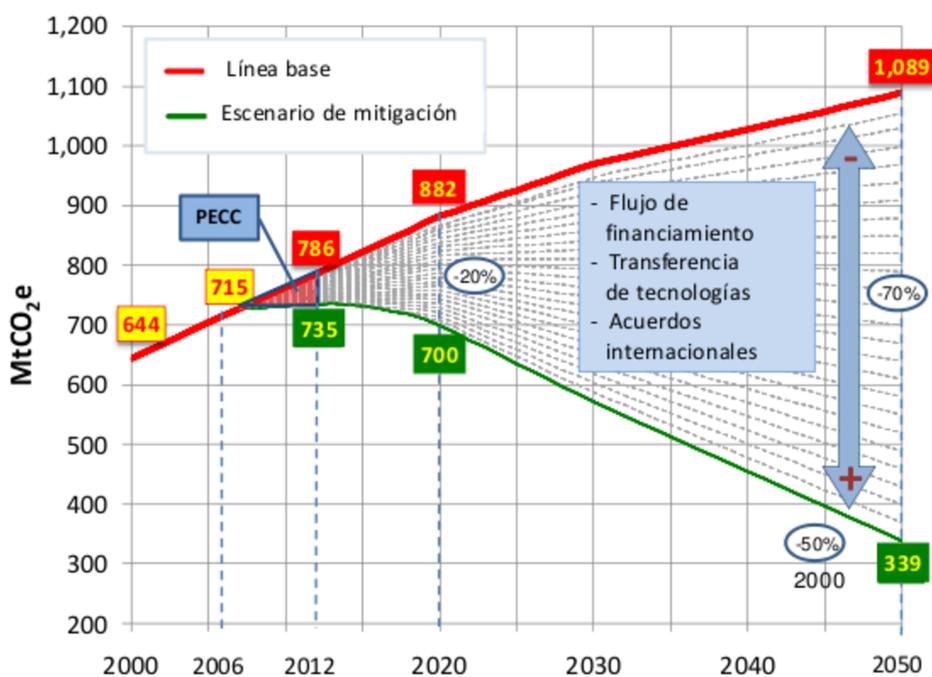


Figura 3.1: Trayectorias de emisiones 2000-2050 para línea base y escenario de mitigación. Tomado del PECC (2009), pág.15.

Como lo ha señalado Sheinbaum *et al.* esta trayectoria de emisiones no explicita las emisiones por sector ni para el escenario tendencial ni para el escenario de mitigación, sino sólo los totales. Tampoco precisa la metodología con que fueron estimados los escenarios, ni las tecnologías que se aplicarían [31].

En lo relativo a la adaptación en el largo plazo se planifican tres etapas: 1) Etapa de evaluación de la vulnerabilidad y valoración económica de las medidas prioritarias (2008-2012), la realización de las acciones del PECC cubrirían lo correspondiente a esta etapa; 2) Etapa de fortalecimiento de capacidades específicas (2013-2030); y 3) Etapa de consolidación de los instrumentos desarrollados. Ver figura 3.2

Primera Etapa		Segunda Etapa		Tercera Etapa	
EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y VALORACIÓN DE LAS IMPLICACIONES ECONÓMICAS Fases 1 a 4 (parcial) del MPA		FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES ESPECÍFICAS Fases 4 del MPA		CONSOLIDACIÓN DE CAPACIDADES Fases 5 del MPA	
2008	2012	2013	2030	2031	2050
Programa Especial de Cambio Climático 2008 – 2012		Construcción de sistemas de indicadores y seguimiento		Metas de largo plazo indicando el grado de adaptación al 2050	
<p>Visión de largo plazo para la mitigación y la adaptación.</p> <p>Metas de mitigación y adaptación acordadas con metas de largo plazo.</p> <p>Sistema Nacional De Protección Civil (Sinaproc) plataforma para la adaptación de largo plazo.</p>	<p>Inventario de costos de adaptación y mitigación para los sectores clave de la economía.</p> <p>1ª Propuesta de adaptación integral nacional.</p> <p>Proyectos piloto en sitios de alto riesgo.</p> <p>1ª Revisión de instrumentos clave de política económica sectorial.</p> <p>1ª Propuesta de adecuación del sistema nacional de planeación para la adaptación estratégica ante el cambio climático.</p> <p>Propuesta de fortalecimiento del Sinaproc bajo un enfoque de gestión integral de riesgo.</p> <p>Atlas Nacional de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático coordinado transversalmente.</p>	<p>Medidas transversales de adaptación.</p> <p>Cuentas económicas nacionales contabilizan en el PIB los costos de adaptación y mitigación.</p> <p>Programas sectoriales integran criterios de sustentabilidad ambiental y estabilidad climática.</p> <p>Formulación y evaluación de políticas públicas sobre adaptación y modificación de las existentes.</p> <p>Equilibrio entre degradación/deforestación con restauración/reforestación.</p> <p>Sistema nacional de planeación elige opciones de desarrollo sustentable y cumple objetivos de adaptación.</p> <p>Programas regionales y programa nacional, en operación de reubicación de asentamientos humanos e infraestructuras expuestas a alto riesgo.</p> <p>Equilibrio entre emisiones por deforestación y captura de carbono por reforestación.</p>	<p>Planeación del desarrollo con un enfoque de integridad de los ecosistemas.</p> <p>Sistema Nacional de Protección Civil reestructurado a fondo.</p> <p>Ordenamiento de asentamientos humanos y grandes infraestructuras.</p> <p>Sistema nacional de defensa costera para sistemas humanos y naturales.</p>		

Figura 3.2: Etapas en la trayectoria de adaptación en el largo plazo. Tomado del PECC (2009), pág.27.

2. **Mitigación.** Para el corto plazo, se establece el compromiso de reducción en las

emisiones de GEI nacionales por 51 MtCO₂e en 2012, equivalente a reducciones del 6% respecto de la línea base proyectada para ese año. Los sectores y su contribución en las reducciones se muestran en la figura 3.3.

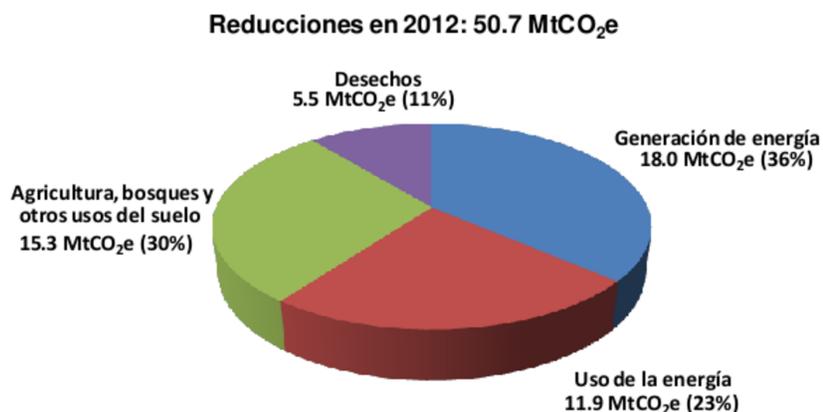


Figura 3.3: Reducciones para 2012 por sectores establecidas en el PECC. Tomado del PECC (2009), pág. vii.

Los compromisos de mitigación están contemplados en 39 objetivos y 86 metas, que se desglosan de la siguiente manera, ver figura 3.4.

Un análisis detallado sobre las acciones de mitigación contenidas en el PECC se presenta en el apartado 3.4 del presente capítulo. Baste señalar que los sectores de “Generación de energía” y “Agricultura, bosques y otros usos de suelo” son los que concentran mayores reducciones, mientras que “Procesos industriales” resalta por los nulos compromisos en materia de mitigación.

3. **Adaptación.** La adaptación en el corto plazo (2009-2012) es considerada la primera etapa de una estrategia que llega hasta el año 2050, esta etapa llamada “Evaluación de la vulnerabilidad y valoración de las implicaciones económicas” tiene como prioridad la generación de información sobre opciones y costos de

Categoría	INEGI ^{*/}	Meta de Mitigación			
	(MtCO ₂ e)	(MtCO ₂ e)			
	2006	2008-2012	2012	Acumulado	
				del 2012	%
Generación de Energía	196.53	51.78	18.03	18.03	35.6%
• Petróleo y Gas	84.07	40.83	10.33	10.33	20.4%
• Electricidad	112.46	10.95	7.70	18.03	35.6%
Uso de la Energía	233.50	22.21	11.87	29.90	59.0%
• Transporte	144.63	11.35	5.74	23.77	46.9%
• Sector Residencial, Comercial y Municipios	24.88	8.80	5.53	29.30	57.8%
• Industria	56.83	1.82	0.52	29.82	58.9%
• Administración Pública Federal	--	0.25	0.08	29.90	59.0%
• Otros usos	7.16	--	--	--	--
Agricultura, Bosques y Otros Usos del Suelo	131.56	46.46	15.29	45.19	89.2%
• Agricultura	42.56	2.52	0.95	30.85	60.9%
• Ganadería		2.14	0.91	31.76	62.7%
• Bosques	89.00	30.20	9.96	41.72	82.4%
• Frontera Forestal Agropecuaria		11.60	3.48	45.19	89.2%
Desechos	100.42	8.58	5.46	50.65	100.0%
• Disposición de Residuos Sólidos Urbanos	53.83	7.56	4.44	49.63	98.0%
• Descargas y Tratamiento de Aguas Residuales	46.39	1.02	1.02	50.65	100.0%
• Otros residuos	0.20	--	--	--	--
Procesos industriales	53.29	--	--	--	--
Total	715.30	129.03	50.65	50.65	100.0%

Figura 3.4: Metas de reducción para 2008-2012 y anual 2012 establecidas en el PECC. Tomado del PECC (2009), pág. 29.

adaptación en México que permitan sentar las bases para la toma de decisiones. Generar capacidades institucionales para la gestión integral del riesgo requiere la reformulación del actual Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc), hacia un sistema único de planeación de la evolución espacial de la economía y los asentamientos humanos, además de generar Atlas nacionales y estatales de riesgo y vulnerabilidad. Posteriormente se identifican siete sistemas humanos y naturales para los cuales se establecen metas con plazo de cumplimiento para el 2012:

- Recursos hídricos: Mejorar la disponibilidad de agua en cantidad y calidad. Alcanzar la cobertura en el medio rural de 80.4% en agua potable, y de 63% en saneamiento. Alcanzar la cobertura en el medio urbano de 99.5% en agua potable, y de 95.6% en saneamiento. Alcanzar un volumen de agua desinfectada de 98%, y de tratamiento de aguas del 60%. Elaboración de planes de manejo de acuíferos explotados, estudios sobre disponibilidad, planes de emergencia. Ampliar el sistema nacional de observación meteorológica e hidrológica. Modelación climática y del ciclo hidrológico.
- Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca: Ahorrar agua de uso agropecuario y aumentar la capacidad de almacenamiento. Modernizar la infraestructura hidroagroecológica y tecnificar las superficies agrícolas. Estudios sobre los impactos y la vulnerabilidad en el sector agrícola, ganadero, forestal y pesquero por el cambio climático. Aumentar la cobertura de conservación, ordenamiento y aprovechamiento forestal sustentable considerando los efectos del cambio climático. Aumentar la superficie de áreas naturales protegidas en zonas costeras y marinas.
- Ecosistemas: Preservar, ampliar e interconectar los ecosistemas naturales prioritarios y su biodiversidad considerando las potenciales afectaciones relacionadas con el cambio climático. Profundizar en el conocimiento sobre los impactos y vulnerabilidad de los ecosistemas, especies indicadoras, clave e invasoras y suelos ante los efectos del cambio climático. Preservar la integridad de las zonas costeras y marinas, la biodiversidad de especies nativas. Reducir la degradación de los suelos.
- Energía, industria y servicios: Fortalecer las capacidades de adaptación del sector energético. Profundizar en el conocimiento sobre los impactos y vulne-

rabilidad del sector industrial y turístico ante los efectos del cambio climático.

- Infraestructura de transportes y comunicaciones: Profundizar en el conocimiento sobre los impactos y vulnerabilidad del transporte terrestre e infraestructura aérea ante los efectos del cambio climático. Fortalecer capacidades de adaptación de la infraestructura portuaria.
- Ordenamiento territorial y desarrollo urbano: Incorporar criterios preventivos de los efectos del cambio climático en las políticas y programas de desarrollo urbano y ordenamiento territorial.
- Salud pública: Fortalecer los sistemas de salud pública incorporando planes de atención a contingencias ambientales y epidemiológicas. Prevenir y controlar los efectos nocivos de episodios de riesgo a la salud asociados al cambio climático.

4. **Elementos de una política transversal.** Finalmente, como último componente del PECC se identifican los elementos transversales necesarios para dar cumplimiento de lo establecido, los cuales son la política exterior, las medidas de fortalecimiento institucional, la economía del cambio climático, la educación, información y comunicación, y la investigación y desarrollo tecnológico.

En lo relativo a la política exterior, México se dice dispuesto a la adopción de metas cuantitativas más amplias que las establecidas en el Protocolo de Kioto, que se comprometan con la estabilización de las concentraciones de GEI en niveles cercanos a 450 ppm de CO₂e.

Para lograr un fortalecimiento institucional se propone la revisión y adecuación del marco jurídico actual y la aplicación de los mecanismos de supervisión, reporte y evaluación del PECC.

Subrayamos que un elemento central en el PECC es el impulso de una economía

de mercado del cambio climático, pues se considera a los mercados de carbono (y metano) como un importante instrumento para hacer frente al cambio climático (objetivo 4.3.4) para alcanzar entre 2008 y 2012 un total de 14 millones de Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE), es decir, impulsar una economía nacional e internacional del cambio climático.

En materia de conseguir recursos económicos México, a través del gobierno federal, tiene un papel destacado a nivel mundial. Ha propuesto a nivel internacional la creación de un *Fondo Verde*, como instrumento complementario a los mercados de carbono, que se conforme con aportaciones de todos los países y permita el acceso a recursos financieros y técnicos con criterios más flexibles y simplificados que los establecidos en el Protocolo de Kioto. Además, hasta 2009, México era el único país en desarrollo que había negociado un crédito con el Banco Mundial por 500 millones de dólares para asistencia técnica relativa al cambio climático. Entre 1994 y 2009 se obtuvieron 198 millones de dólares para proyectos de mitigación y adaptación por parte del Fondo para el Medio Ambiente Mundial.

■ **Ley General de Cambio Climático (2012)**

El 5 de junio del 2012 en el marco del Día Mundial del Medio Ambiente, Felipe Calderón Hinojosa anunció la promulgación de la *Ley General de Cambio Climático* que tiene por objeto “garantizar el derecho a un medio ambiente sano”, así como “la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero” y el promover “la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono” [32].

Si bien, la expedición de esta ley sienta un precedente nacional, al ser la primera que aborda directamente el tema del cambio climático, y cuyos objetivos son positi-

vos, señalamos a continuación elementos que nos parecen claves, muchos de los cuáles todavía tienen que ser dotados de operatividad con la próxima publicación del Reglamento para esta Ley.

Del mismo modo que lo establece el PECC en 2009, la *Ley* tiene como meta aspiracional reducir para el año 2050 un 50 % de las emisiones nacionales de GEI respecto al año 2000, aunque establece un compromiso mucho más cercano de reducir en 30 % las emisiones para el año 2020 con respecto a la línea base (en el PECC se establecen reducciones del 20 % para el mismo año), además de mantener por debajo de los 2°C el aumento promedio de la temperatura mundial. El principio progresivo (Art. 61) indica que las revisiones y actualizaciones no se harán en menoscabo de las metas, proyecciones y objetivos previamente planteados, o promoverán su reducción. Sin embargo, estos importantes compromisos se supeditan a un “régimen internacional que disponga mecanismos de apoyo financiero y tecnológico” (Art. 2° Transitorio), por lo que se desdibuja la posibilidad de alcanzar dichas reducciones futuras, considerando en 2012 finalizaron los compromisos del Protocolo de Kioto y no se cuenta aun con algún otro instrumento vinculante en la materia.

La *Ley* establece que para el año 2024 el 35 % de la generación de energía eléctrica será mediante energías renovables (Art. 3° Transitorio), por alentador que sea esta cifra, no podemos dejar de recordar que en 2010 sólo el 5 % de la producción primaria de energía procede de una fuente renovable, considerando que este porcentaje se ha mantenido constante durante los últimos 10 años e incluso en términos absolutos no se ha incrementado la participación de energías renovables [33]. Por ello, se vuelve urgente precisar las acciones gubernamentales concretas que vuelvan efectivo este compromiso. De acuerdo a lo establecido en el artículo 32, la política nacional de mitigación priorizará “en los sectores de mayor potencial de reducción hasta culminar en los que

representan los costos más elevados”, lo cual canalizaría esfuerzos a sectores donde las reducciones son más baratas, posponiendo la transición a otro modelo energético basado en energías renovables.

Así como en documentos previos, los instrumentos de mercado como el pago por servicios ambientales, los bonos de carbono, la reducción de emisiones por deforestación y degradación evitada (REDD), entre otros, son promovidos por la *Ley* como herramientas financieras adecuadas para mitigar las emisiones. Sin considerar la discusión internacional sobre los pobres y contradictorios resultados de estos instrumentos a nivel mundial.

El tema de la participación social está contemplado en la *Ley*, primero mediante la realización de consultas públicas para la formulación de la *Estrategia Nacional* y el *Programa Especial de Cambio Climático* (Art. 7), así como para la manifestación de opiniones, propuestas, asesorías, investigaciones y acciones conjuntas (Art. 110). La convocatoria genuinamente amplia y plural de todos los sectores de la sociedad y la efectiva inclusión de sus aportaciones, será uno de los elementos claves en la construcción de alternativas.

En conclusión, si bien la *Ley* brinda un marco jurídico más sólido a todas las acciones que el Estado mexicano lleva a cabo, muchos de los compromisos dependen de acuerdos internacionales o en otros casos, la ruta para alcanzarlos no es clara, volviendo aspiraciones o buenos deseos lo establecido en la *Ley*. Por lo anterior, se vuelve necesaria la elaboración de instrumentos de política pública que desarrollen y vuelvan una posibilidad real lo establecido, dentro de un amplio proceso de participación social con completa independencia del avance de los acuerdos internacionales.

3.2. Tendencia nacional de emisiones de GEI

La reflexión sobre la tendencia nacional de las emisiones de GEI permite una visión histórica en la cual convergen múltiples procesos que modifican en diferente escala y duración a este indicador. Las recesiones económicas, la demanda nacional e internacional de hidrocarburos, el uso final de la energía, la actividad agropecuaria, manufacturera e industrial, la concentración de la mayor parte de los mexicanos en las ciudades, así como los servicios y desechos que conlleva la urbanización, entre otros, son algunos de los procesos involucrados en las emisiones nacionales.

También es posible vislumbrar la eficacia de la política pública en materia de mitigación, así como los resultados de las acciones específicas dentro de los sectores y las categorías principales sobre las que hay que encaminar los mayores esfuerzos.

A nivel mundial, estimaciones oficiales revelan que para el año 2002 México ocupaba el lugar 15 entre los países de mayores emisiones mundiales contribuyendo con 1.5% del total [28]; en 2006 la participación nacional fue mayor, ubicando a nuestro país en el lugar 13 con 1.6% de las emisiones mundiales [30].

Dentro de la región de América Latina y El Caribe, el más reciente estudio del Programa de Naciones Unidas para Asentamientos Humanos indica que el 80% de la población de la región vive en ciudades, por lo que, para dicho estudio, es aceptable atribuir una contribución equivalente al 80% de las emisiones de GEI a las mismas (GEI urbano) [34]. Adicionalmente, este trabajo estima a México como el mayor país contaminante de la región (ver figura 3.5) por presentar altísimos niveles de urbanización.

Entrando en la escala nacional, se tiene que los documentos básicos para el análisis de la tendencia nacional de emisiones son en primer lugar, el *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero* (INEGEI) que es el documento nacional elaborado por la CICC, a través del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) con base en las

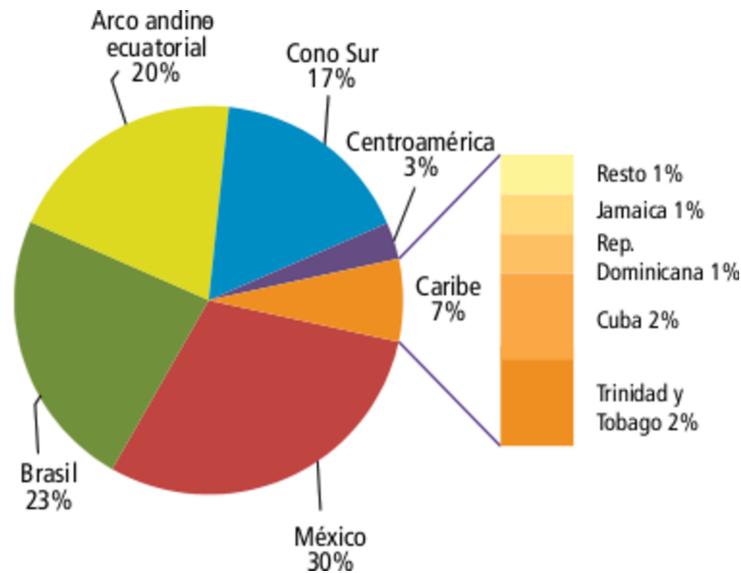


Figura 3.5: Participación de los países de América Latina y El Caribe en las emisiones de GEI provenientes de áreas urbanas 2007 (GEI urbano). Tomado de ONU-Hábitat (2012), pág. 118.

directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC), que considera un total de seis gases, en el que se encuentran estimaciones de las emisiones nacionales totales, la más reciente versión del *Inventario* abarca estimaciones para el periodo 1990-2010 [35]. En segundo lugar y a nivel internacional, la Agencia Internacional de Energía (AIE) realiza estimaciones históricas sobre las emisiones de CO₂, principal gas de efecto invernadero, producidas exclusivamente por la combustión de combustibles, tomando como base los balances energéticos de la propia AIE y los métodos por defecto y factores de emisión del PICC del año 1997. Las estimaciones de la AIE van desde 1971 hasta 2009 [36].

Pese a las diferencias en cuanto a gases considerados, métodos y factores de emisión, estos son los únicos documentos de carácter público que estiman las emisiones nacionales y

por ello nuestro interés de estudiarlos comparativamente.

Presentamos primero los resultados de la más reciente actualización del *Inventario Nacional* que comprende las estimaciones por fuentes y sumideros para el periodo 1990-2010. Estas cifras sustituyen los valores estimados en versiones anteriores, por considerarse más adecuados los conocimientos y métodos empleados para determinarlos. Este inventario se apega a las *Directrices 1996* del PICC revisadas en 1997 (salvo en el sector desechos que se utilizan las *Directrices 2006*), que establecen seis categorías de emisión que son: 1) Energía, 2) Procesos Industriales, 3) Solventes, 4) Agricultura, 5) Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS) y 6) Desechos. Son contabilizados los seis GEI incluidos en el anexo A del Protocolo de Kioto: 1) bióxido de carbono (CO_2), 2) metano (CH_4), 3) óxido nitroso (N_2O), 4) hidrofluorocarbonos (HFC's), 5) perfluorocarbonos (PFC's) y 6) hexafluoruro de azufre (SF_6) [35]. Con el objetivo de convertir a una unidad común, las contribuciones de los distintos gases en la atmósfera, se utilizan los potenciales de calentamiento global establecidos por el PICC, siendo los gramos de bióxido de carbono equivalente (gCO_2e) este equivalente general.

Las emisiones nacionales de GEI para 2010 se estimaron en 748,252 GgCO_2e lo que representa un incremento del 33.4% respecto de 1990, este resultado implica una tasa de crecimiento media anual de 1.5% anual durante este periodo. En tanto, el Producto Interno Bruto (PIB) del país creció en promedio 3% anual y la población nacional a una tasa de 1.5% [37, 38]. Estos números indican, desde la perspectiva del gobierno federal, que existen indicios de desacoplamiento entre el crecimiento económico y las emisiones. La figura 3.6 muestra la contribución por sectores y por GEI en el total nacional para el año 2010.

El Programa de las Naciones Unidas para Asentamientos Humanos en su más reciente estudio de 2012 para la región de América Latina y el Caribe, compara las emisiones de GEI por sector a nivel mundial y a nivel regional [34], la figura 3.7 presenta los resulta-

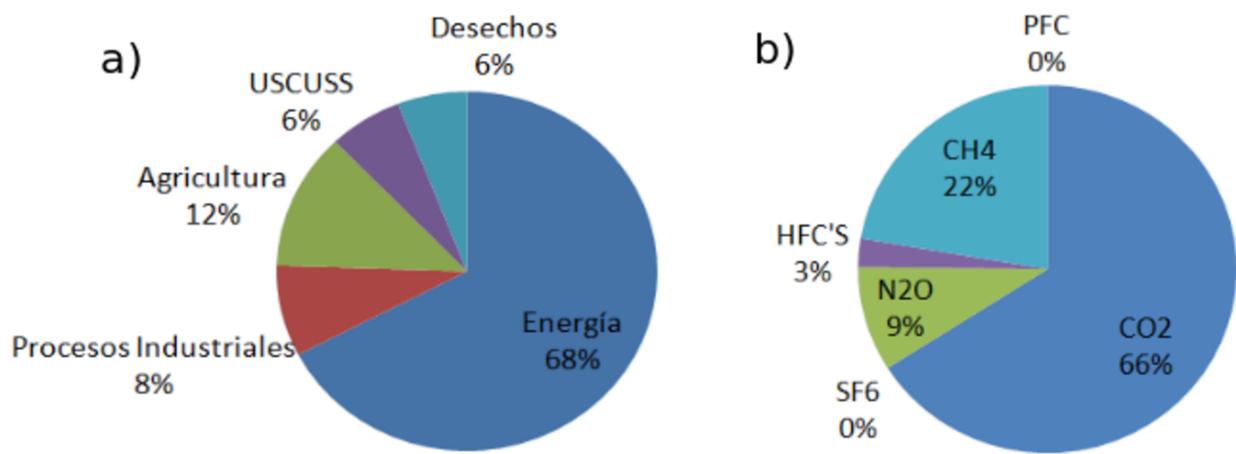


Figura 3.6: Distribución de las emisiones nacionales a) por sector y b) por gas de efecto invernadero. Elaboración propia a partir de datos del INEGEI 1990-2010, (CICC, 2012).

dos. El perfil de las emisiones nacionales tiene mucho mayores semejanzas con el promedio mundial, distanciándose ampliamente del perfil regional, principalmente por la mayoritaria contribución del sector energía, baste la comparación entre la figura 3.6 y 3.7

Como se muestra en la figura 3.6 b), las emisiones de CO₂ son las mayoritarias alcanzando el 65.9% del total nacional. Analizando las más grandes categorías de emisión de este gas, encontramos que las cuatro principales (en orden descendente: transporte, generación eléctrica, manufactura y construcción y consumo propio de la industria energética), pertenecen a la categoría 1A del PICC “Actividades de quema de combustible” dentro del sector energía, las cuales de manera conjunta alcanzan el 75.4% del total del CO₂ del *Inventario* en 2010. En resumen, la categoría 1A contribuye con el 50% de todas las emisiones nacionales en 2010.

Dentro del universo de sectores y categorías que contribuyen al inventario nacional, se

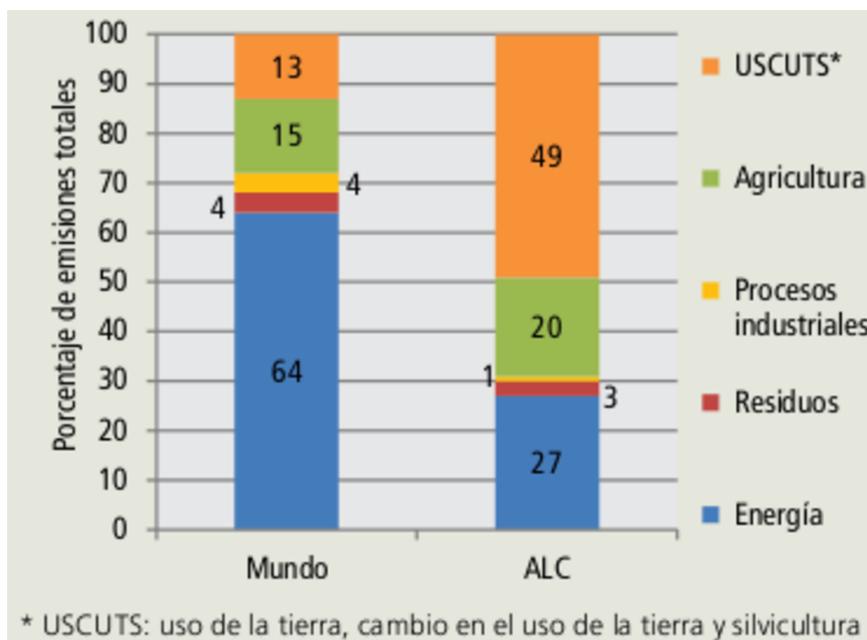


Figura 3.7: Comparación de las emisiones GEI por sector entre el promedio mundial y América Latina y el Caribe. Tomado de ONU-Hábitat (2012), pág. 117.

vuelve estratégico poder jerarquizarlos por orden de importancia, para la consiguiente atención dentro de las políticas públicas. En este sentido, nos parece que los *Inventarios Nacionales* son deficientes en realizar este análisis por lo que en los siguientes párrafos desarrollamos esta tarea.

El PICC propone una metodología para jerarquizar las categorías más relevantes de un inventario nacional, para ello ha definido como *categoría principal* a aquella que por “su estimación influye significativamente sobre el inventario total de gases de efecto invernadero de un país, en cuanto al nivel absoluto, la tendencia, o la incertidumbre de emisiones y absorciones”. Es recomendable identificar el conjunto de categorías principales usando un umbral predeterminado de emisiones acumulativas, tal que, al sumarse juntas en orden de magni-

tud descendente, sumen el 95 % del total. Una vez determinadas, las categorías principales, éstas deberán ser la prioridad para los países durante la asignación de recursos de inventarios para recopilación de datos, compilación, garantía y control de calidad, y generación de informes [39].

Con base en la información oficial presentada en el *Inventario* y la metodología del PICC, la figura 3.8 enlista en orden decreciente las categorías principales nacionales jerarquizadas por su contribución absoluta.

Categorías Principales	Código PICC	Contribución relativa	Contribución acumulada
Transporte	1A3	21.2%	21.2%
Generación eléctrica	1A1a	14.7%	35.9%
Emisiones fugitivas de petróleo y gas natural	1B2	9.7%	45.6%
Industrias manufactureras y de la construcción	1A2	7.2%	52.9%
Consumo propio de la industria energética	1A1b	6.0%	58.9%
Conversión de bosques y pastizales a otros usos de suelo	5B	5.9%	64.8%
Suelos agrícolas	4D	5.9%	70.7%
Fermentación entérica	4A	4.8%	75.6%
Quema de biomasa*	5A	4.8%	80.3%
Eliminación de desechos sólidos en el suelo	4A	2.8%	83.1%
Uso de combustibles en sector residencial	1A4b	2.7%	85.9%
Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D	2.6%	88.5%
Producción de cemento	2A1	2.5%	91.0%
Consumo industrial de halocarbonos y cloruro de azufre	2F	1.9%	92.9%
Manejo y cambio de uso de suelos	5D*	1.6%	94.5%
Uso de piedra caliza y dolomita	2A3	1.6%	96.1%

*Se considera la quema de biomasa, que es excluida en el INEGEI del total nacional.

Figura 3.8: Categorías principales de emisión de GEI al 2010. Elaboración propia a partir de datos del INEGEI 1990-2010 (CICC, 2012).

También es relevante y complementario a la figura anterior considerar la tendencia de crecimiento de las distintas categorías, es decir, evaluarlas según sus propios aumentos para un periodo dado. En este sentido, aunque la emisión de GEI ha aumentado en términos absolutos para todos los gases desde 1990, con excepción de los perfluorocarbonos (PFC's) que disminuyeron su emisión a partir de 2004, por los cierres de las plantas de producción de aluminio [35], no todos los sectores han tenido un crecimiento homogéneo. Por ello, es de importancia cuantificar en qué medida los sectores y los gases han aumentado ó disminuido sus emisiones durante el periodo. El incremento (+) o decremento (-) relativo por sector y por gas (medido en masa) en el período 1990 y 2010 se muestra en la figura 3.9.

Sector	Δ de emisiones entre 1990-2010	Gas	Δ de emisiones entre 1990-2010
Energía	+56.5%	CO ₂	+23.6%
Procesos industriales	+102.6%	CH ₄	+59.8%
Agricultura	-0.6%	N ₂ O	+23.1%
USCUSS	-55%	HFC's	+2307%
Desechos	+167%	PFC	-80.1%
		SF ₆	+319.7%

Figura 3.9: Cambios relativos en emisiones por gas y sector entre 1990-2010. Elaboración propia a partir de datos del INEGI 1990-2010 (CICC, 2012).

Considerando que las emisiones totales nacionales tuvieron un incremento de 33.4% entre 1990 y 2010, son de resaltar los gases y sectores que tuvieron un crecimiento mayor al crecimiento promedio y contribuyen sensiblemente al inventario, tales como el metano (CH₄), asociado a la disposición de residuos sólidos en el suelo y al tratamiento de aguas residuales, y el óxido nitroso (N₂O), asociado principalmente al transporte. Mientras que los sectores de

mayor aumento relativo son los de procesos industriales y desechos.

Si bien la figura 3.9 indica los sectores y gases de mayor crecimiento relativo, la determinación de las *categorías principales* tiene una mayor escala de detalle, por lo que, considerando las categorías con mayor tendencia de crecimiento (ver figura 3.10), encontramos que la mayoría de ellas se caracteriza por tener también una considerable contribución absoluta dentro del total nacional (representadas con sombreado gris en la figura 3.10).

Sector	Categoría	Aumento de emisiones entre 1990-2010 (CO₂e)	Contribución relativa nacional en 2010
Energía	Transporte	87%	21.2%
Energía	Industrias de la energía	57%	20.7%
Energía	Emisiones fugitivas de petróleo y gas natural	73%	9.7%
Procesos industriales	Productos minerales (producción de caliza, dolomita, cemento)	114%	4.5%
Desechos	Disposición de residuos sólidos	232%	2.8%
Desechos	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	126%	2.6%
Procesos industriales	Consumo industrial de halocarbonos y cloruro de azufre	50400%	1.9%
Energía	Uso de combustibles en sector agricultura, pesca y forestal	65%	1.1%
Energía	Emisiones fugitivas de combustibles sólidos	177%	0.8%
Procesos industriales	Producción industrial de halocarbonos y cloruro de azufre	502%	0.5%
Desechos	Incineración e incineración abierta de desechos	135%	0.2%

* Se considera la quema de biomasa, que es excluida en el INEGEI del total nacional.

Figura 3.10: Categorías de mayor crecimiento en sus emisiones de GEI. Elaboración propia a partir de datos del INEGEI 1990-2010 (CICC, 2012).

Para concluir con el tema de las *categorías principales*, se ha presentado al conjunto de

acuerdo a su contribución absoluta (figura 3.8) y además una vez analizadas las categorías de mayor crecimiento relativo (figura 3.10), se encuentra que la gran mayoría pertenecen también al primer conjunto. Por lo anterior, puede afirmarse que las categorías de mayor crecimiento relativo son parte de las más contaminantes en el total nacional.

Una vez presentada la panorámica que resulta del *Inventario Nacional*, pasemos a revisar las estimaciones de la Agencia Internacional de Energía (AIE), la cual en su *Highlights* de 2011, estima que las emisiones de CO₂ producidas por la quema de combustibles fósiles entre 1990 y 2009 en México han aumentado entre un 46 % (método de referencia) y 51 % (método sectorial). El mismo estudio hace referencia a otros tres indicadores socio-económicos relacionados con las emisiones de CO₂ proveniente de la quema de combustibles (categoría que contribuye con el 52 % del total nacional) los cuales se resumen en la figura 3.11. El primer indicador es la cantidad de emisiones per cápita (tCO₂e/capita), refleja las capacidades de un país para abastecer de energía a su población en promedio, sin mostrar lo desigual del acceso a dicho recurso. El aumento de este indicador muestra que México ha aumentado la generación de energía a través de la quema de combustibles y por consiguiente aumentado sus emisiones de CO₂.

El segundo indicador es la razón entre las emisiones de CO₂ y el suministro total de energía primaria (TPES, por sus siglas en inglés) de un país, tiene unidades de tCO₂/terajoule y mide la eficiencia con que se emiten emisiones por unidad de energía.

El tercer indicador es la razón entre las emisiones de CO₂ y el Producto Interno Bruto (PIB) de un país. La disminución de México en este indicador tiene una causa, ser un país importador de alimentos básicos y productos industriales.

En síntesis, lo que muestra la figura 3.11 es que cada mexicano, en promedio, ha aumentado su consumo de combustibles fósiles, además de generar mayores emisiones por unidad de energía, lo que implica un aumento en la ineficiencia de los procesos involucrados. Mientras

Indicador	1990	2009	Δ (1990-2009)
Emisiones CO ₂ / per cápita /año (tCO ₂ / cápita/año)	3.26	3.72	+14.1%
Emisiones CO ₂ /TPES/año (tCO ₂ /Terajoule)	51.6	54.7	+6%
Emisiones CO ₂ /PIB (kgCO ₂ /dólar estadounidense)**	0.59	0.55	-6.8%

*Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2011).

**Usando tasas de cambio y precios del dólar del año 2000.

Figura 3.11: Indicadores socio-económicos para México. AIE, 2011.

tanto, el PIB nacional crece más rápido que las emisiones, debido al continuo dismantelamiento del sistema productivo nacional y el consiguiente aumento en las importaciones de bienes de consumo cuyas emisiones no son contabilizadas dentro del *Inventario Nacional*.

Adicionalmente, la AIE tiene estimaciones desde el año 1971, es decir, 20 años más atrás que la información presentada por las instancias nacionales. Recuérdese que la cantidad de emisiones de este estudio, no es equivalente a la totalidad de emisiones nacionales, sino sólo a las de CO₂ que son generadas por la quema de combustibles, aproximadamente la mitad del total nacional. La figura 3.12 muestra la tendencia nacional de emisiones de CO₂ desagregada por tipo de combustible empleado.

La figura 3.12 muestra que desde 1971 existe un crecimiento sostenido en las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles, pese al rápido decline productivo que desde 2004 presenta el yacimiento de Cantarell, el mayor del país para ese año, hasta 2012 no se habían recuperado los niveles de producción de crudo de inicios de 2004 [40].

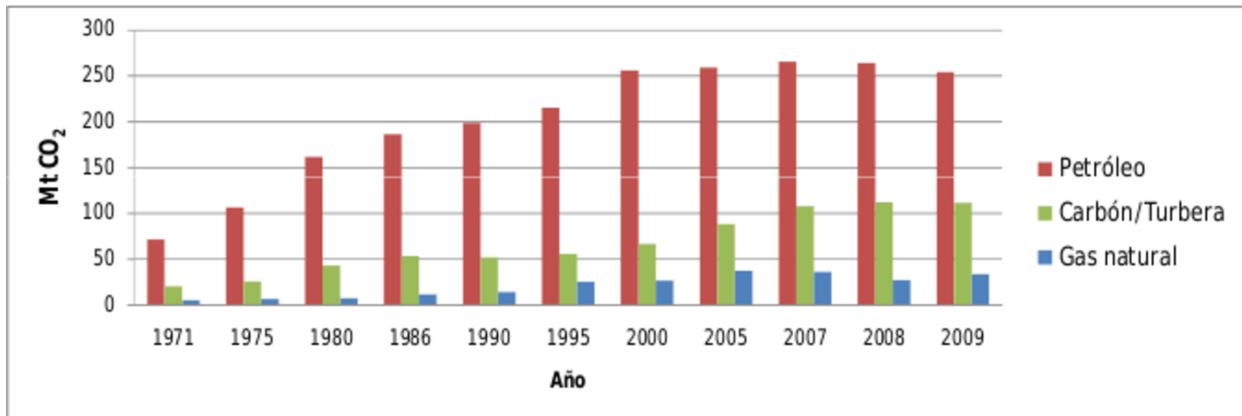


Figura 3.12: Emisiones de CO₂ por quema de combustible, desagregado por tipo de combustible. Elaboración propia a partir de datos de la AIE (2011).

A la luz de los datos arrojados por la AIE resulta falsa o cuando menos controversial la afirmación del gobierno mexicano acerca de la “descarbonización de la economía nacional”, primero porque se consume más ineficientemente la energía en cuanto a las emisiones de CO₂ que genera, segundo porque ha habido un incremento en la producción de energía y tercero, no se consideran las emisiones generadas por las materias primas y productos en general que son importados, pero al mismo tiempo son esenciales para la reproducción de la población mexicana.

3.3. Implicaciones socio-ambientales de las metas asumidas

En el apartado anterior se detalló la tendencia nacional de emisiones de GEI, ahora es oportuno presentar la contribución nacional dentro del panorama regional y mundial,

así como la discusión acerca de los límites de emisiones que podrían fijarse y las implicaciones socio-ambientales que entrañan. La postura oficial del gobierno mexicano en este respecto y las políticas públicas tendientes a hacer realidad los compromisos asumidos.

En los más representativos documentos de política pública nacional relativos al cambio climático se asume el compromiso, establecido en el Artículo 2 de la CMNUCC, por lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a “un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático” [8]. Aunque las sucesivas Conferencias de las Partes (COP) no han acordado el nivel límite de concentraciones, temperaturas o acidificación de los océanos que implica “interferencias peligrosas”, el PICC ha aportado conocimiento científico para determinar los riesgos de interferencias a partir de identificar vulnerabilidades clave, asociadas a sistemas sensibles al cambio climático como la producción de alimentos, los recursos hídricos, los ecosistemas, las infraestructuras, entre otros [10], una revisión de las vulnerabilidades claves se encuentra en el capítulo anterior sección 2.1. En un estudio del año 1990, Rijsberman y Stuart encontraron que “un incremento de 2°C es el límite superior más allá del cual los riesgos de graves amenazas a los ecosistemas, y las respuestas no lineales, son posibles de incrementarse rápidamente” [41], esta afirmación ha sido confirmada posteriormente [42, 10].

Según información presentada por el PICC en su último *Reporte de Evaluación* de 2007, para no superar el umbral de 2°C de aumento en la temperatura promedio mundial por encima de los niveles preindustriales, se requiere una estabilización en las concentraciones de menos de 350 ppm de CO₂ (445 ppm de CO₂e) antes del año 2015, equivalente a reducciones mundiales de entre el 50 y 85 % con respecto a lo emitido en el año 2000, ver figura 2.1 en apartado 2.1. Lo anterior, sin considerar los efectos de retroalimentación aun desconocidos entre el ciclo del carbono y el cambio climático, que podrían implicar mayores aumentos en temperatura para una concentración dada. Baste citar la opinión del científico Dr. Mario

Molina, premio Nobel de Química 1995, respecto al Cuarto Informe de Evaluación de PICC que, según su parecer, desestima los impactos del calentamiento global y maneja pronósticos muy conservadores [43].

Las interferencias humanas en el sistema climático pueden considerarse como “peligrosas” inclusive en la actualidad, con un aumento promedio en la temperatura mundial de $0,74 \pm 0,19^{\circ}\text{C}$ registrado entre 1850-1899 y 2001-2005 [9], y concentraciones de 379 ppm de CO_2 (455 ppm de CO_2e) en el año 2005 [11], considerando el número de comunidades vegetales, animales y humanas que ya padecen sus efectos.

En síntesis, existe una discusión internacional inconclusa sobre las posibles implicaciones y medidas consecuentes con lo establecido en el Artículo 2 de la CMNUCC, aunque la evidencia científica sugiere que las medidas que deben de aplicarse para mantenerse por debajo del umbral de 2°C son mucho más drásticas que lo que los acuerdos internacionales han acordado, incluso aceptando que los impactos manejados por el PICC son conservadores.

En ese orden de ideas y regresando a lo planteado en la política pública mexicana, en la ENACC se asume que el nivel de estabilización no debería de rebasar las 550 ppm de CO_2e (equivalente a aumentos promedio de temperatura entre 2.8 y 3.2°C) [29], dos años más tarde, en el PECC se establece una meta aspiracional mucho más amplia de 450 ppm de CO_2e (equivalente a un aumento promedio de temperatura de 2°C) [30].

Afortunadamente, la recién promulgada *Ley General sobre Cambio Climático* establece un principio progresivo que dice: “En ningún caso las revisiones y actualizaciones se harán en menoscabo de las metas, proyecciones y objetivos previamente planteados, o promoverán su reducción.” (Art. 61) [32], en apego a lo expresado por la Ley, México actualmente asume la meta de mantener por debajo de 2°C el aumento promedio de la temperatura mundial, aunque está claro que ese resultado no depende exclusivamente de México.

En lo referente a lo pactado en el Protocolo de Kioto, cuyo periodo de compromisos con-

cluyó en 2012, México se dice dispuesto a adoptar otro instrumento con metas cuantitativas de mitigación más amplias para los países desarrollados y una progresiva ampliación a países no anexo 1, entre los que se encuentra México [30, 44].

Hasta este momento, hemos reseñado la postura oficial que el gobierno mexicano ha mantenido respecto a los límites de aumento de temperatura y concentraciones de GEI, en el marco de una discusión internacional polémica, así como su posición respecto a un acuerdo post-Kioto. Ahora nos parece oportuno, adentrarnos en los compromisos establecidos al interior del país a través de una serie de políticas públicas.

El gobierno mexicano reconoce la evidencia científica reciente acerca de que los riesgos por el cambio climático son considerablemente más graves de lo que se había estimado anteriormente y consecuentemente afirma que sobre todo las estrategias de mitigación deben ser reformuladas a la brevedad [30]. Estudios nacionales en materia económica aseveran que los costos económicos de la mitigación son superiores a los de la adaptación en el corto y mediano plazos, aunque en el largo plazo esta tendencia se revertirá [45].

En el mismo orden de ideas, se vuelve importante señalar las diferencias cuantitativas entre lo reconocido en la ENACC (2007) como “oportunidades de mitigación” y lo comprometido en el PECC (2009). Para el sector Generación y Uso de Energía, se detectaron posibilidades de reducción por 106.8 MtCO₂e/año, de las cuales posteriormente se comprometieron sólo 29.9 MtCO₂e para 2012, es decir, sólo el 28 % de las oportunidades. En el sector Vegetación y Uso de Suelo, se identifican oportunidades de mitigación por al menos 30.2 MtCO₂e/año, de las cuales sólo hay compromisos para 15.3 MtCO₂e en 2012, el 51 % de lo identificado. No existe una explicación oficial sobre los bajos niveles de los compromisos adoptados en relación a las “oportunidades”, tampoco concordancia con las metas aspiracionales que se suscriben. La figura 3.13 muestra la comparación.

Si bien en la ENACC sólo se exploran potenciales de mitigación para los dos sectores

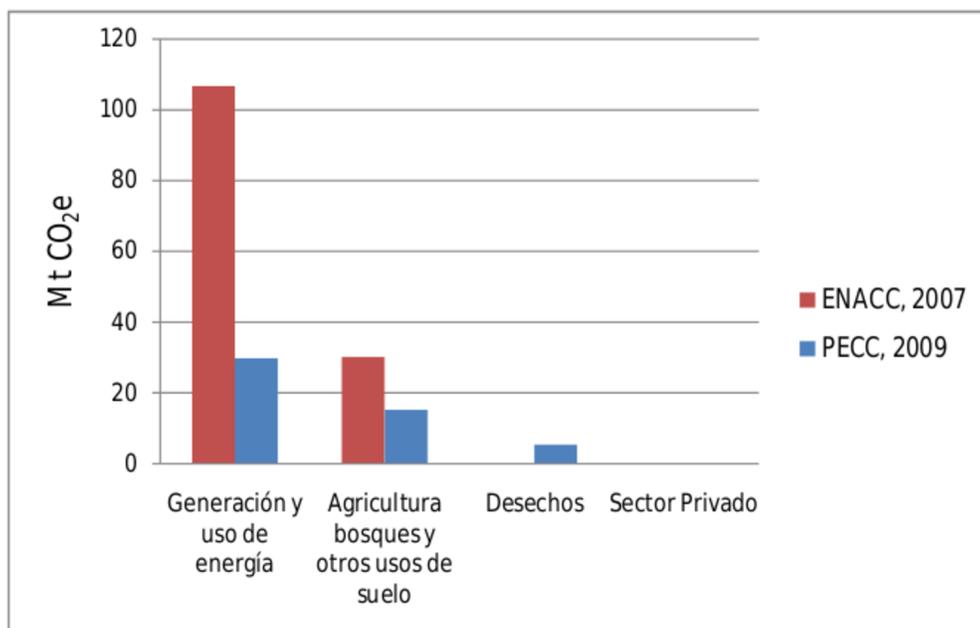


Figura 3.13: Comparación entre medidas de mitigación presentadas en documentos oficiales.

de mayor contribución nacional, el primero Generación y Uso de la Energía y el segundo Agricultura, bosques y otros usos de suelo, es de resaltar que dos años más tarde en el PECC los compromisos de reducción para los sectores de mayor tendencia de crecimiento entre 1990 y 2006 (ver figura 3.9), que son Desechos y Procesos Industriales, sean tan limitadas, conllevando reducciones de 5.5 MtCO₂e para el primero y ninguna para el sector industrial.

3.4. Análisis por sector

En este apartado analizamos sectorialmente las políticas públicas en referencia al cambio climático (objetivos, compromisos y tecnologías) y discutimos sus resultados. Se presenta una revisión de las bases científicas de las distintas tecnologías mediante las cuales se implementan

las políticas públicas, la elección de las tecnologías que han sido analizadas ha dependido de la combinación de dos factores: 1) estar asociadas con alguna categoría principal del inventario nacional (figura 3.8) y 2) por su importante potencial de mitigación. Dado el enorme cúmulo de información acerca de cada tecnología, acotamos la revisión y la discusión a la relación de cada tecnología con el cambio climático.

En un siguiente nivel de análisis se revisa si la política pública sobre cambio climático ha tenido una sinergia positiva con otras prioridades nacionales. El discurso oficial mexicano reconoce que las acciones tendientes a contrarrestar el cambio climático y sus efectos adversos, pueden confluir con el logro de múltiples objetivos como lo son: la seguridad energética y alimentaria, la salud pública, la defensa del capital natural y la utilización racional de los recursos naturales [30], así como a un medio ambiente sano y a una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones [32].

Nos sumamos a la perspectiva oficial, que además es también sostenida por muchos expertos en el tema, acerca de la posibilidad de avanzar en prioridades nacionales mediante el desarrollo de políticas públicas ante el cambio climático. Esta confluencia se presenta como una posibilidad, el análisis sectorial permitirá revisar en qué medida esta posibilidad se ha consolidado en la realidad nacional.

Para aclarar lo que entendemos por prioridades nacionales, las hemos agrupado en cuatro grandes categorías, todas ellas son retomadas de diversos documentos oficiales, la tabla 3.1 las indica, además de referir cómo han sido enunciadas en los documentos oficiales.

Nos ha parecido más adecuado extender el término de “seguridad” por el de “soberanía”, ya que este último incluye al primero añadiendo que sea garantizado –tanto la energía como los alimentos– en escala nacional y en función de intereses populares. En referencia a la soberanía económica, que es referida en términos oficiales como asociada al crecimiento económico –y medida con el PIB–, nos parece que cabría agregar dentro de esta prioridad la

Prioridad nacional	Enunciada en documentos oficiales como:
1.- Soberanía energética	Seguridad energética y utilización racional de recursos naturales (PECC).
2.- Soberanía alimentaria	Seguridad alimentaria (PECC).
3.- Medio ambiente sano	Derecho a un medio ambiente sano (LGCC). Salud pública y defensa del capital natural (PECC).
4.- Soberanía económica	Promoción de economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones (LGCC). Desacoplar crecimiento económico del incremento de emisiones (ENACC, PECC).

Tabla 3.1: Prioridades nacionales que confluyen con la política pública nacional de cambio climático.

generación de empleos dignos y el fortalecimiento del mercado interno. La prioridad relativa al medio ambiente sano, está estrechamente ligada a evitar la contaminación en todas sus formas y sus efectos adversos en la salud humana.

Pese a que los documentos de política pública nacional clasifican de diversa manera a los sectores, por ejemplo el *Inventario* toma como base a las *Directrices* del PICC de 1997, que proponen seis sectores diferentes, mientras que el PECC está organizado en cinco sectores sin basarse en ninguna clasificación previamente establecida. El abordaje de la presente investigación se basa en la más reciente propuesta del PICC en sus *Directrices* de 2006, simplificando a sólo cuatro sectores y agrupando de manera más coherente a los mismos. Se enlistan a continuación:

1. Energía, que incluye tanto generación como uso de la energía
2. Procesos industriales y uso de productos

3. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

4. Desechos

Cabe señalar que cuando el PICC habla de sectores, se refiere a sectores económicos y debe de considerarse para cada sector los procesos, fuentes y sumideros relacionados con la emisión/absorción de GEI [39]. Cada sector se divide en categorías (p.ej. transporte) que a su vez se dividen en subcategorías (p.ej. automóviles).

3.4.1. Sector Energía

El sector energético suele ser el más importante emisor de GEI en países desarrollados, en México es también el principal sector contaminante contribuyendo con el 82 % de emisiones de CO₂ y 67 % del total nacional de emisiones en 2010 [35]. Este sector comprende la extracción, explotación y conversión de las fuentes primarias de energía, así como la transmisión y distribución de los combustibles.

La producción nacional de combustibles fósiles (petróleo y gas natural) para satisfacer la demanda nacional en ascenso (que tuvo un descenso a partir de 2008 por la crisis económica), así como la destinada a la exportación de hidrocarburos al mercado mundial –que implica alrededor del 50 % del crudo nacional extraído–, son realidades que ameritan ser evaluadas dentro del sector energético nacional.

Primero porque los análisis efectuados por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) indican que el Índice de Desarrollo Humano (IDH) –compuesto por tres parámetros: vida larga y saludable, educación y nivel de vida digno–, no es proporcional al consumo de energía, sino que se relacionan mediante una curva de saturación, existiendo un umbral de maximización para el IDH 20 % mayor al consumo actual per cápita en México, indicando que la producción de energía está cerca de alcanzar este nivel, ver figura 3.14. Se-

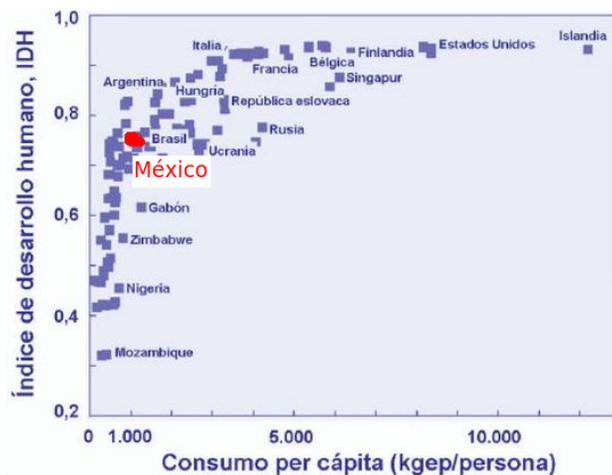


Figura 3.14: Relación entre el Índice de Desarrollo Humano y el consumo de energía per cápita (kg equivalentes de petróleo). Fuente: PNUD (2004).

gundo, cuando se reconoce por un lado la finitud de los hidrocarburos y la responsabilidad de administrarlos con austeridad mientras no se transite a otro paradigma energético; además, aunque los hidrocarburos exportados no son contabilizados en su totalidad dentro del inventario nacional (sólo las emisiones asociadas con su extracción y transportación), éstos son consumidos por otras naciones y su destino final contribuye a aumentar los niveles de GEI en la atmósfera. Una política nacional de mitigación congruente con lo establecido en el artículo 2 de la CMNUCC debería de limitar al máximo las exportaciones de hidrocarburos. La figura 3.15 muestra la tendencia nacional de producción y exportación de petróleo [46].

La matriz energética nacional (ver figura 3.16) está concentrada en fuentes de energía fósiles, durante el año 2010 éstas representaron el 92 % de la producción de energía primaria, es decir, la energía obtenida directamente de los recursos naturales antes de ser transformados; también sumaron el 92 % de la oferta interna bruta de energía, la cual representa la disponibilidad de la energía que puede ser destinada a los procesos de transformación,

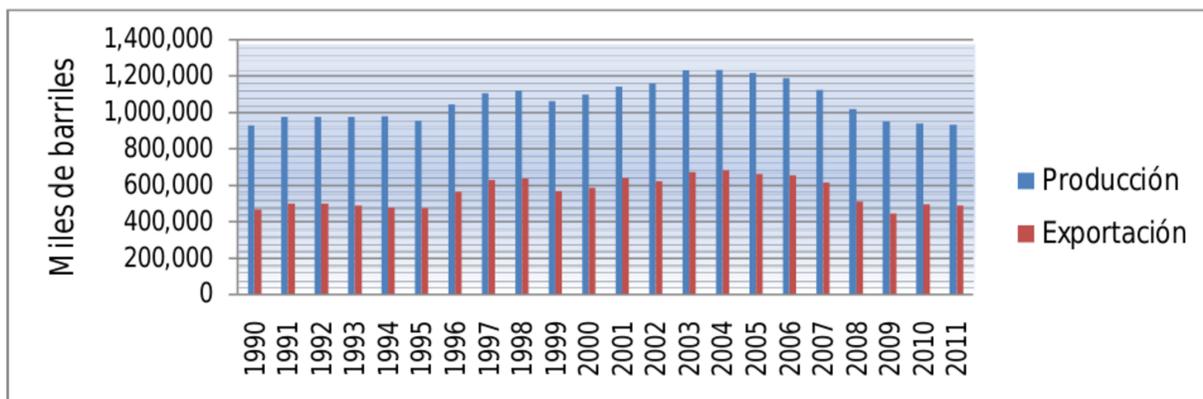


Figura 3.15: Producción y exportación totales de petróleo crudo (incluye mezclas Maya, Istmo y Olmeca. Elaboración propia a partir de datos del Sistema de Información Energética (SENER,2012).

distribución y consumo [33].

Aunque es evidente que la participación de fuentes no fósiles es muy reducida, es más importante mencionar que la participación relativa de éstas fuentes en la producción de energía primaria, ha permanecido constante entre 2000 y 2010 (contribuyendo con 8%), mientras que la oferta interna bruta de estas fuentes de energía ha disminuido en 3% (pasando del 11 al 8%) en la misma década [33]. El escenario meta a 2026 planteado en la *Estrategia Nacional de Energía 2012-2026* consiste en una participación del 10% para fuentes de origen no fósil en la producción de energía primaria [33].

Una vez presentada la matriz energética nacional, estrechamente ligada a las emisiones de GEI, profundicemos en las perspectivas y compromisos gubernamentales relativos a las energías de origen no fósil. Dentro de la clasificación gubernamental del término “no fósil” se consideran 1) las energías renovables (la biomasa, solar, geotérmica, eólica y hidráulica), 2) la nucleoelectrica y 3) las nuevas grandes hidroeléctricas [33].

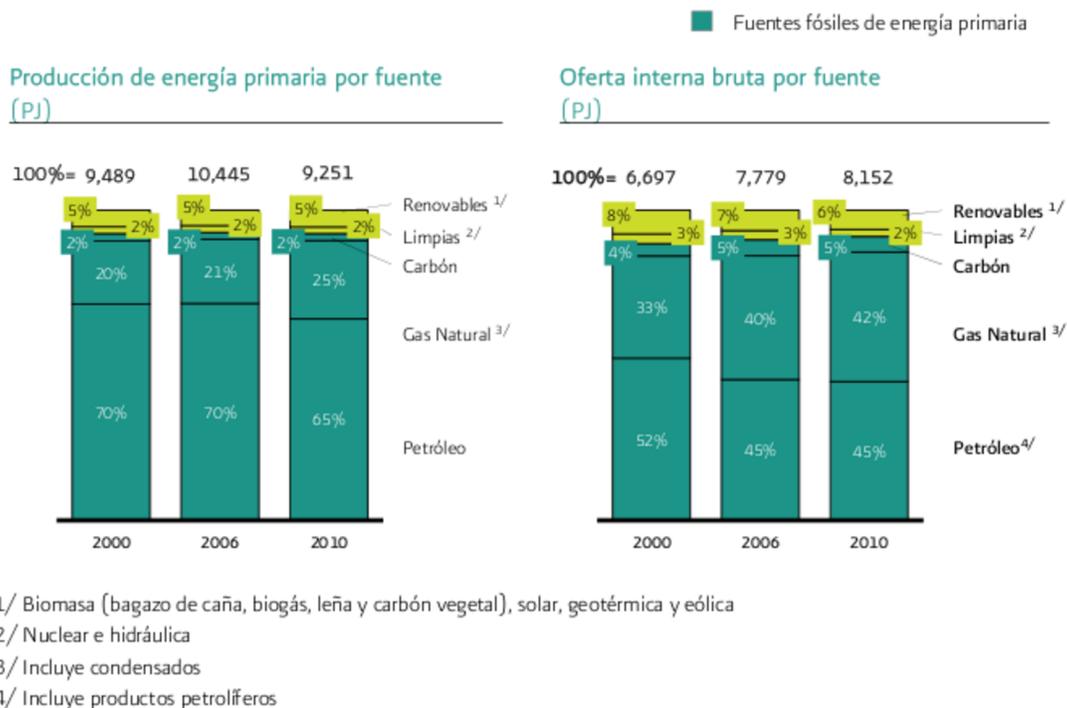


Figura 3.16: Composición de la matriz energética nacional. Tomado de la *Estrategia Nacional de Energía 2012-2026*, (SE, 2012).

La *Estrategia Nacional de Energía 2012-2026* reconoce al subsector eléctrico como el de mayor potencial de sustitución por fuentes primarias de energía no fósiles, a diferencia del industrial y de transporte. Para fines de 2011, la participación de energías no fósiles en la generación de electricidad fue de 24.5 %. En este mismo documento se establece el objetivo de llegar al menos al 35 % de la generación de energía eléctrica para 2024 –compromiso postriormente establecido también en la Ley–, para cumplir con este objetivo se estima una mayor participación de energías de origen nuclear y eólico [33]. La desagregación actual por fuente se muestra en la figura 3.18.

No olvidemos que este compromiso en el subsector eléctrico se enmarca dentro del objetivo

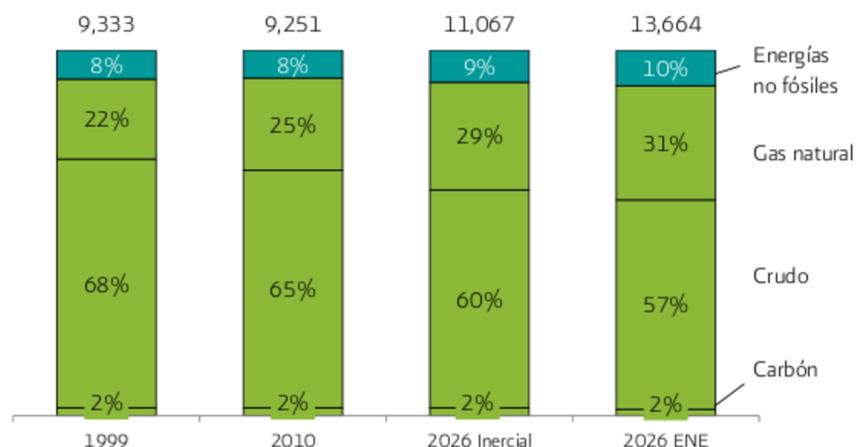


Figura 3.17: Participación de fuentes de origen no fósil en la producción de energía primaria 1999, 2010 y escenarios al 2026. Tomado de la *Estrategia Nacional de Energía 2012-2026*, (SE, 2012).

más amplio de incrementar la participación de las energías de origen no fósil en sólo el 2% para el año 2026 (figura 3.17). Dicho lo anterior, podemos adelantar que la diversificación de fuentes de energía renovables, incluso en los escenarios gubernamentales más ambiciosos, no es suficiente para quitarle la total preeminencia a los combustibles fósiles.

La pregunta acerca de a qué se debe la pobre participación de las energías renovables en la matriz energética nacional, es respondida aludiendo el argumento de los altos costos. El costo elevado de algunas de las tecnologías no fósiles ha limitado su planeación y realización dentro del sector eléctrico, ya que la selección de las tecnologías “es el resultado de la valorización de menor costo de tecnologías probadas y económicamente viables” [33].

Como parte central de este apartado se presenta la revisión de las bases científicas de dos tecnologías clave relacionadas con el sector energético nacional y las políticas públicas existentes. Sin duda, son muchas más las tecnologías susceptibles de revisión, el criterio de

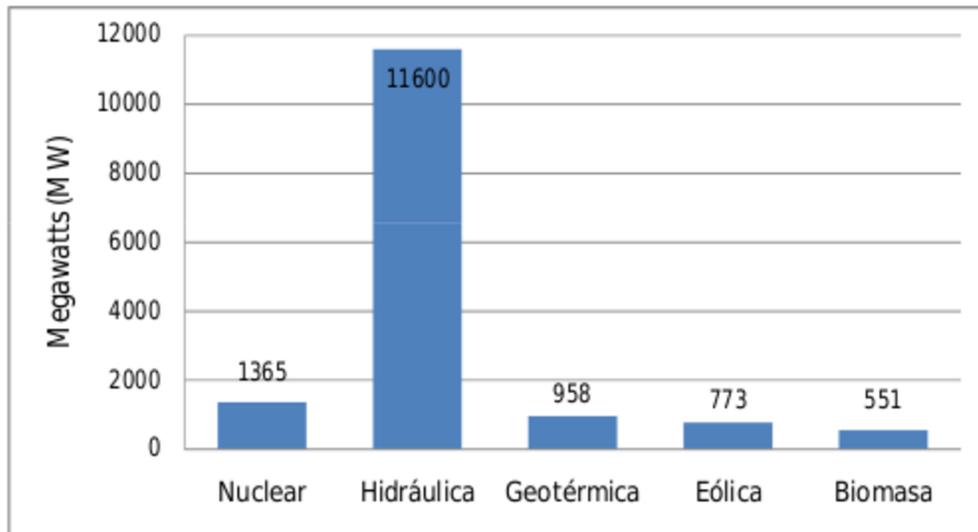


Figura 3.18: Capacidad instalada al 2011 de energía eléctrica (MW) por fuentes no fósiles. Elaboración propia con base a la *Estrategia Nacional de Energía 2012-2026*, (SE, 2012).

selección ha dependido de la combinación de dos factores: 1) estar asociadas con alguna categoría principal del inventario nacional (figura 3.8) y 2) por su importante potencial de mitigación.

Partiendo de que toda tecnología es un producto histórico de la relación entre la sociedad y la naturaleza, no pretendemos agotar aquí todas las implicaciones asociadas a la misma, sino limitarnos a revisar las bases científicas en su relación con el cambio climático, así como su pertinencia dentro de la política pública nacional.

■ Cogeneración

La cogeneración es la producción simultánea de electricidad y calor útiles a partir de la misma fuente combustible. En la cogeneración las pérdidas de calor por producción de electricidad son capturadas y convertidas en energía térmica útil, usualmente en la

forma de vapor o agua caliente [47]. La gama de combustibles es amplia incluyendo desde el carbón, el gas natural, material nuclear, la biomasa, el calor contenido dentro de la tierra ó el sol. Adicionalmente, la cogeneración puede promover la descentralización de la energía al repartir el calor producido a las localidades circundantes y la industria local.

El promedio de eficiencia global para generación de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles se ha mantenido por décadas oscilando entre 35 y 37 %, es decir, casi dos tercios de la energía contenida en los combustibles se pierde con las tecnologías tradicionales de generación de energía. En contraste, la cogeneración alcanza eficiencias entre el 75 y 80 % e incluso las plantas más eficientes alcanzan 90 % de aprovechamiento de la energía contenida en los combustibles [47], situándola como la tecnología más eficiente para generar energía eléctrica.

Estudios oficiales para México indican que en los sistemas de cogeneración, se puede aprovechar hasta el 84 % de la energía contenida en el combustible para la generación de energía eléctrica y calor con las siguientes contribuciones: 25-30 % eléctrico y 59-54 % térmico [48].

Desde el punto de vista de las emisiones de GEI, la generación de energía es la segunda categoría de mayor contribución nacional (ver figura 3.8), siendo en particular la generación de energía eléctrica muy sobresaliente (15.9 % del total nacional). En este contexto es que la cogeneración aparece como una opción indiscutible para incorporarse en la escena nacional.

Pese a las considerables mejoras en la eficiencia energética, potenciales ahorros en recursos naturales y disminución en las emisiones de GEI asociadas, la cogeneración sigue siendo una tecnología minoritaria en el país. Al cierre de 2009 la cogeneración

representaba el 4.6 % de la generación total de energía eléctrica en el país [48].

La capacidad de cogeneración instalada fue de 3,669 MW para fines de 2012, considerando el recién inaugurado CPG Nuevo Pemex en Villahermosa, Tabasco; aunque el potencial nacional total reconocido es cuatro veces mayor (más de 11,000 MW) [33]. De la capacidad instalada el 69 % está a cargo de Pemex, dejando a las industrias privadas el 31 % restante.

Es relevante señalar cómo se consume la energía eléctrica generada, según información de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el sector industrial es el principal consumidor de energía eléctrica, debido principalmente a la gran variedad de sistemas y procesos productivos que hacen uso intensivo de este tipo de energía de manera casi continua, en 2009 este sector consumió 56.3 % de lo producido [48]. La figura 3.19 muestra el consumo de energía eléctrica por sectores en 2009.

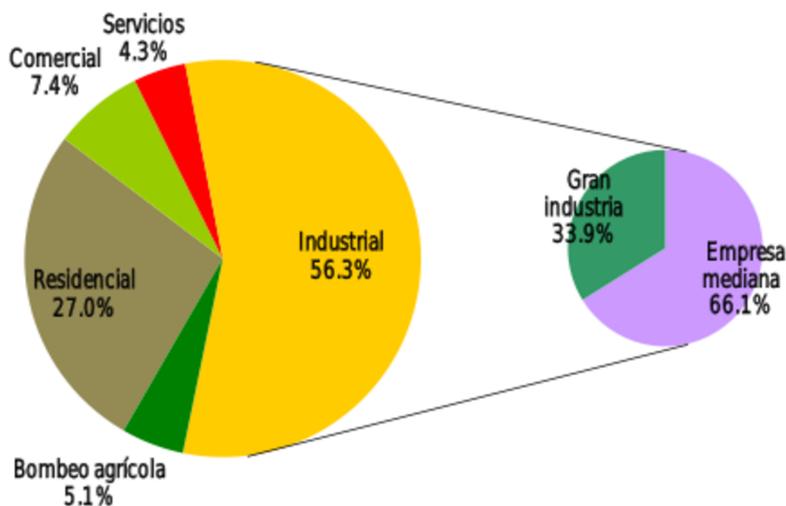


Figura 3.19: Consumo de energía eléctrica en 2009. Tomado de *Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025*, (SE, 2010).

Múltiples documentos de política pública federal establecen el objetivo de ampliar la capacidad de cogeneración tanto en Pemex como en la industria nacional, en especial en industrias de alto consumo energético [29, 30, 33]. La publicación de la ENACC en 2007 identificaba como oportunidad de mitigación de GEI la cogeneración en Pemex (7.7 MtCO₂e por año) y la cogeneración industrial (más de 25 MtCO₂e por año), dos años más tarde, los compromisos establecidos en el PECC fueron sólo de 0.9 MtCO₂e para 2012 provenientes de la planta CPG Nuevo Pemex.

En este punto, es natural la pregunta: ¿a qué se deben la escasa participación de una tecnología como la cogeneración? La cogeneración es reconocida, incluso en estudios oficiales, como una de las tecnologías costo-efectivas, ocupando el 7° lugar por su costo en una proyección para el año 2030 [33]. Sin duda, los deficientes avances en materia de cogeneración no pueden ser explicados desde las bases científicas de la tecnología, las razones se encuentran mucho más allá de la ciencia.

■ Presas

La importancia actual de esta tecnología la sitúa en el primer lugar nacional de las energías de origen no fósil (ver figura 3.18) y las políticas gubernamentales continúan promoviendo su construcción.

Según el INEGI para el año 2008 existían en nuestro país alrededor de 4 mil presas, de las cuales 667 son consideradas como grandes. Se reconoce oficialmente que su principal función es la generación de electricidad y en menor medida el riego para actividades agrícolas.

En el PECC se establecen dos metas en relación a las presas, la primera como parte de las medidas de mitigación, consiste en la puesta en marcha de la hidroeléctrica La Yesca (Meta M.14) –aunque se encuentra en marcha la construcción de muchas

más hidroeléctricas-, en los estados de Jalisco y Nayarit de la cual se estima una generación media anual de 1,210 GWh y se calcula una reducción en las emisiones de GEI de 0.81 MtCO₂e anuales a partir del 2012, cifra que representa el 1.6% de reducciones nacionales en 2012 planteadas en el PECC. El objetivo de esta meta es aumentar la generación de energía eléctrica. La segunda meta es parte de las medidas de adaptación y consiste en la rehabilitación de 300 presas (Meta A. 36), con el objetivo de “reducir la vulnerabilidad de asentamientos humanos y de la infraestructura hidráulica ante fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos extremos, en coordinación con acciones de gestión integral de riesgo” [30].

Las presas son barreras que separan en dos la trayectoria de un río o arroyo y tienen como finalidad detener y/o desviar su curso natural. Dentro de sus posibles funciones está el almacenamiento de agua para la satisfacción de necesidades, así como la capacidad para generar energía eléctrica. Esta última función es resultado de aprovechar la energía potencial del agua en el embalse aguas arriba, que al caer se transforma en energía cinética que es aprovechada por una turbina hidráulica la cual transmite la energía a un generador que produce energía eléctrica. Los procesos de azolvamiento y sedimentación hacen que la vida útil de las presas oscile entre los 50 y 100 años [49].

La capacidad de generación de energía hidroeléctrica es proporcional al caudal y a la cresta hidráulica (altura del desnivel) de cada presa. La Comisión Internacional de Grandes Represas (ICOLD, por sus siglas en inglés) define una presa grande como aquella con una altura mayor a 15 metros, mientras que una presa mayor es aquella que tiene una altura mínima de 150 m y un embalse de almacenamiento con capacidad de 25 km cúbicos [50].

Aunque es difícil imaginar que el espejo de agua de un embalse pueda ser semejante a una chimenea industrial, casi dos décadas de estudios muestran que las presas son

fuentes de GEI. Los procesos de intercambio de CO_2 y CH_4 entre la atmósfera y los distintos ecosistemas cuando éstos últimos son anegados, son modificados completamente. Las turberas y las selvas, que contienen grandes cantidades de carbono por unidad de área, cuando son inundados ocasionan que la gran cantidad de materia orgánica entre en descomposición y se convierta en una fuente de emisiones [49]. Existen diversos factores, que según la Declaración de Montreal [51] influyen en las emisiones tales como la profundidad, forma y tamaño del embalse, clima regional, régimen de operación y tiempo que permanece con agua, tamaño y naturaleza de la cuenca, y el tipo de actividades humanas en el entorno del embalse y aguas arriba.

Los gases producidos por los embalses pueden emitirse a la atmósfera a través de tres mecanismos [52]: difusión molecular entre la superficie del embalse y la atmósfera, burbujas que alcanzan la superficie y degasamiento del caudal de agua en su paso por las turbinas y aliviaderos. Los gases disueltos en el agua que no son liberados en el lugar del embalse, son emitidos en su transcurso aguas abajo, en un estudio realizado en zonas tropicales se reportaron elevadas emisiones de CO_2 , CH_4 y N_2O a 40 km aguas abajo del embalse [53].

El mecanismo de producción de GEI en presas es sensible a la latitud en la que se ubiquen, en zonas boreales (latitud entre 50° y 70° en cada hemisferio) el mayor componente es el CO_2 difusivo, mientras que en zonas tropicales (latitud entre 30°N - 30°S) es el metano liberado por burbujas, aunque en estos últimos el degasamiento de metano también es importante.

Un estudio de 2008 llevado a cabo por investigadores brasileños encontró que los flujos de GEI antes y después de la construcción de dos presas en la sabana brasileña (*cerrado*) ocasionó un cambio en el sentido de los flujos, pasando de fuente a sumidero de CO_2 , mientras que respecto al metano y al óxido nitroso los resultados fueron inversos [54].

Un reciente estudio en Suiza, ha mostrado que la presa Wohlensee construida en 1920 continua emitiendo (780 toneladas de metano al año), evidenciando que las emisiones de GEI no son eliminadas una vez transcurrida la primera década de operación [55].

Un equipo brasileño de investigación calculó que las emisiones mundiales ocasionadas por las grandes presas ascienden a 104 millones de tCO₂e por año [56], este cálculo implica que son responsables de al menos 4% del total de actividades humanas, situándolas como la mayor fuente antropogénica de metano.

Dentro de los datos más sobresalientes se encuentran las emisiones comparativas entre la hidroelectricidad y otras fuentes de energía para generar una misma unidad de energía eléctrica (1 kW/hora), los cuales indican que la hidroelectricidad generada en presas tropicales puede tener un impacto mucho más contaminante que el carbón, uno de los combustibles fósiles más ineficientes, ver figura 3.20.

Por otro lado, también el cambio climático incidirá de manera negativa en las presas. Dada la evidencia de fenómenos hidrometeorológicos más extremos relacionados con el cambio climático, preocupa el incremento de las crecidas de los ríos y la limitada capacidad de los aliviaderos existentes, encargados de controlar las inundaciones. La capacidad del embalse de una presa de cumplir con los objetivos para los que fue construida se verá afectada por los patrones variables de las precipitaciones y caudal de los ríos, un incremento en temperatura y el consiguiente aumento en la evaporación. Así, la generación de energía hidroeléctrica podría disminuir a causa de la mayor presencia de sequías y mayor evaporación, aunque se vería aumentada con una intensificación de precipitación, y la posibilidad de inundaciones. Los impactos varían de acuerdo a la región geográfica y las características particulares de cada presa.

A la luz de estos resultados, la concepción generalizada acerca de la tecnología de las

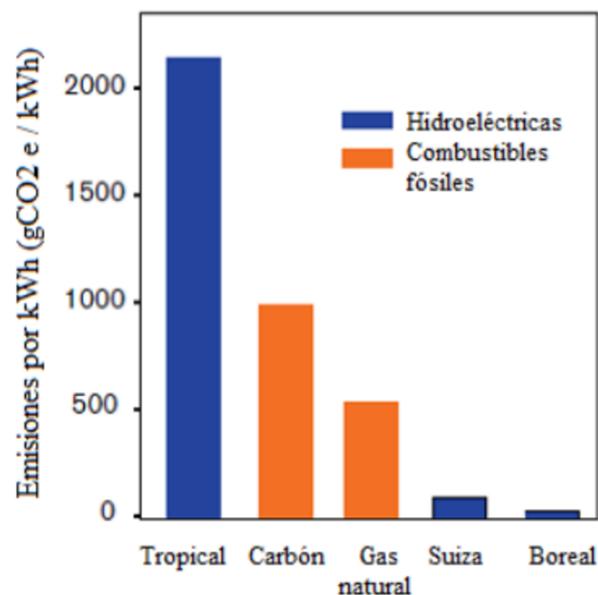


Figura 3.20: Comparación de emisiones entre distintos reservorios de presas y combustibles fósiles. Tomado de *International Rivers* (2008).

presas como opción para mitigar el cambio climático, se tambalea. Las grandes presas construidas en zonas tropicales y templadas son una tecnología con una contribución importante en las emisiones de GEI, especialmente de metano, situándose como la primera fuente antropogénica de este gas a nivel mundial.

La discusión ha llegado a criticar la concepción de las hidroeléctricas como una fuente de energía renovable, ya que aunque toman su energía de un recurso potencialmente renovable como es el agua, la tecnología de las presas vuelve exorbitantes los costos de desmantelación de presas caducas, la eliminación de los sedimentos y la posterior construcción en el mismo lugar de una nueva presa, volviendo impracticable la continuidad de esta tecnología en el mismo lugar [49, 52, 56].

La hidroeléctrica La Yesca es una presa mayor con una altura de 208 m y se localiza a una latitud de 21°N en una zona cálida subhúmeda [57], localizada dentro de la franja tropical, lo cual la sitúa como un proyecto potencialmente emisor de GEI, en especial de metano. El PECC no provee de elementos técnicos suficientes para demostrar que un proyecto de esta naturaleza tendrá como resultado la disminución de emisiones de GEI. Por el contrario, es preocupante la deficiente revisión de la literatura científica que indica que las grandes presas con características como La Yesca, lejos de mitigar contribuyen de manera importante a profundizar el cambio climático.

Adicionalmente, un factor de planta tan bajo (19 % según cifras de la CFE, [58]), muy por debajo del factor de planta promedio de 49 % en países en desarrollo en la década de los 80's [49], cuestiona seriamente los requerimientos energéticos reales a los que el proyecto responde y no se explica el gran tamaño del proyecto.

Respecto de la segunda meta concerniente a la rehabilitación de 300 presas en el país, es importante que se considere la creciente variabilidad de los fenómenos hidrometeorológicos extremos, así como las sequías como medidas de adaptación ante el cambio climático.

Si bien es necesario incrementar los niveles de eficiencia en el consumo de energía en todos los sectores, estas medidas no son suficientes en el largo plazo para reducir las emisiones nacionales de GEI. La única posibilidad en el largo plazo es la clara y gradual transformación de la matriz energética nacional, asociada con más del 60 % de las emisiones nacionales totales de GEI, sin lo cual será imposible la meta aspiracional del gobierno mexicano de reducir las emisiones un 50 % para el año 2050 respecto de los niveles del año 2000. Las políticas públicas no deberían de contentarse con incidir en el subsector de generación de electricidad, sino que se hace necesario explorar otros subsectores, para los cuales no se hace referencia alguna en los compromisos.

La revisión de la cogeneración como tecnología hace hincapié en la necesidad indiscutible de su más amplia participación a nivel nacional, tanto por los ahorros energéticos, como en recursos y disminución de emisiones. Mientras que las presas hidroeléctricas, en tanto tecnología, muestran serias deficiencias en su consideración como productoras de energía renovable, además de ser fuentes potenciales de emisiones de GEI, dadas las condiciones climáticas del país.

3.4.2. Sector procesos industriales y uso de productos

Antes de empezar la revisión de este sector, vale la pena aclarar la concepción que el PICC tiene para del sector industrial. Por un lado, las industrias de la energía, la manufacturera y la de construcción requieren para su funcionamiento de energía y por ello la industria es considerada como una de las actividades de quema de combustible, cuyas emisiones se reportan dentro del sector [1] Energía; por otro lado, los procesos industriales traen consigo emisiones de GEI inherentes a la producción y uso de productos, estas contribuciones son reportadas dentro del sector [2] Procesos industriales y uso de productos [39]. Para tener una mirada más completa del sector industrial, en el presente apartado consideramos de manera complementaria ambas aportaciones.

En 2010 las emisiones asociadas a la industria por su uso de energía (industrias manufacturera y de la construcción, sin contar a las industrias de la energía) fueron de 56.7 MtCO₂e (equivalentes a 7.6% del total nacional) [35], mientras que las correspondientes a los procesos industriales fueron 61.2 MtCO₂e (equivalentes a 8.2% del total nacional) [35], es decir, cantidades comparables entre sí que en su conjunto contribuyen con casi el 16% del total nacional.

Adicionalmente, como lo muestra la figura 3.9, el sector de procesos industriales entre 1990 y 2010 tuvo una tendencia creciente de 102.6% en sus emisiones, siendo el segundo

sector de mayor crecimiento relativo.

Son muchos autores quienes concuerdan en que la industria mexicana se encuentra en un proceso de desmantelamiento. Desde fines de los ochenta hasta 2007 el Producto Interno Bruto (PIB) manufacturero perdió más de seis puntos de participación en el PIB Total [59].

Un estudio comparativo entre los periodos 1951-1982 y 1983-2002 muestra que la productividad laboral en el conjunto de la economía nacional pasó de una tasa media de 3.2 % durante el primer periodo a sólo 0.8 % en el segundo; mientras que las tasas de crecimiento en el sector industrial fueron de 1.6 % anual para 1983-2002 contra 2.7 % anual entre 1951-1982 [60].

La industria mexicana se caracteriza entonces por una baja productividad laboral y una migración de los capitales hacia el sector servicios. En 2012, el líder de la Confederación de Cámaras Industriales (Concamin), reconoció que ante la desaceleración de la economía estadounidense, la industria mexicana trabaja a 70 % de su capacidad [61].

Pese a la desindustrialización nacional, la contribución de este sector a las emisiones de GEI nacionales es considerable (16 %), en particular a las emisiones debidas a los procesos industriales *per se*, éstas no son consideradas como tales dentro del PECC (2009), por lo que no hay metas ni compromisos relacionados con la transformación o modificación de dichos procesos. En la ENACC (2007) destacó como la mayor oportunidad de mitigación en el sector industrial la cogeneración en las industrias cementera, siderúrgica, azucarera, entre otras, estimando reducciones anuales de más de 25MtCO₂e [29], no existen acciones gubernamentales dirigidas a impulsar esta tecnología en la industria privada nacional.

Sólo visto al sector en su contribución como consumidor de energía, hay dos metas (metas 45 y 46) que tienen que ver con ahorros en el consumo de energía e incremento de la eficiencia energética en el sector industrial, mediante la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) [30].

Tanto la CONUEE como el FIDE promueven asesoría no obligatoria para la industria, sólo voluntaria.

Los escasos compromisos de mitigación asociados con el sector industrial (modestos ahorros en el uso de la energía, que de cumplirse equivalen a reducciones de 0.52 MtCO₂e por año ó el 1 % del total nacional de reducciones comprometidas para 2012) están asociados a la incorporación y obtención de fondos de los mercados de carbono a través del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) contemplado en el Protocolo de Kioto, más que a programas gubernamentales de inversión y regulación. La historia y resultados mundiales del mercado de emisiones de carbono pueden consultarse en la sección 2.2.1 del capítulo anterior.

Es importante mencionar que las reducciones que se generen en México, vía MDL, no deben ser contabilizadas en el inventario nacional, ya que éstas pertenecen al país comprador.

Por un lado, la actividad de las instancias privado-empresariales no está considerada dentro de los alcances del PECC, mientras que los proyectos MDL son la herramienta principal que el gobierno federal tiene para que las empresas puedan participar y ampliar las reducciones nacionales de GEI.

México es el quinto país receptor de bonos de carbono bajo el MDL. La figura 3.21 muestra los proyectos mexicanos de MDL que se encuentran en marcha y las Reducciones Certificadas de Emisión (RCE) por categoría.

En 2004 fue creado el Comité Mexicano para proyectos de reducción de emisiones y captura de gases de efecto invernadero (COMEGEI) dentro de la estructura de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). En su decreto de creación como comisión permanente la CICC reconoce que los proyectos MDL “podrían aportar el ingreso de fondos adicionales a sectores estratégicos y actividades prioritarias del país, así como constituir vías para la transferencia de tecnologías adecuadas” [62], la revisión de estas afirmaciones a la luz de casi una década de trabajos es lo central para evaluar esta política pública.

Categoría	RCE's obtenidas	
	No. proyectos	Toneladas CO ₂ e
Cogeneración	0	0
Distribución de electricidad	0	0
Eficiencia energética	1	120,859
Emisiones de gases industriales	2	10,689,275
Emisiones fugitivas de metano	0	0
Eólica	3	2,076,195
Geotérmica	0	0
Hidroeléctrica	3	415,724
Manejo de residuos en establos de ganado vacuno	4	32,868
Manejo de residuos en granjas porcícolas	30	2,444,788
Mareomotriz	0	0
Reforestación-forestación	0	0
Reinyección de gas amargo en pozos petroleros	0	0
Relleno sanitario	5	1,068,466
Solar	0	0
Sustitución de combustibles	0	0
Transporte	0	0
Tratamiento de aguas residuales	0	0
Total	48	16,848,175

Elaboración propia a partir de información oficial tomada el 2-dic-2012 de:
<http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php/mecanismo-de-mercado.html>

Figura 3.21: Resumen por categoría de proyectos MDL registrados con Reducciones Certificadas de Emisiones al 31 de octubre de 2012.

A continuación presentamos la revisión de las bases científicas de tecnologías relevantes para el sector industrial que están siendo implementadas a través de mecanismos MDL.

- **Manejo de residuos en digestores en granjas porcícolas y bovinas**

El análisis de la tecnología de manejo de residuos en granjas animales es muy relevante para el contexto nacional del sector industrial, ya que 34 de los 48 proyectos (71 %) que hasta ahora cuentan con Certificados de Reducción de Emisiones (CER's), son en este sentido, contribuyendo con un 15 % del total de reducciones nacionales dentro del

esquema MDL (ver figura 3.21).

Las emisiones directas del ganado proceden en primera instancia de procesos respiratorios propios de todas las especies animales en forma de bióxido de carbono, sin embargo la respiración no es una fuente neta de CO_2 por encontrarse dentro de un ciclo biológico. Adicionalmente los rumiantes y monogástricos, emiten metano como parte de su proceso digestivo (fermentación entérica), que incluye la fermentación microbiana de los alimentos fibrosos. El estiércol animal también es una fuente de emisión de metano, óxido nitroso, amoníaco y dióxido de carbono, en función de su modalidad de producción (sólido, líquido) y su manejo (recolección, almacenamiento, dispersión) [63].

La descomposición anaeróbica del material orgánico del estiércol produce metano, principalmente si el estiércol se maneja en forma líquida, en instalaciones como lagunas o tanques, otras variables relevantes en la formación de metano son la temperatura, la humedad, el tiempo de almacenamiento, así como la dieta del ganado [63].

La carne de cerdo seguida de la de pollo y de res, es la de mayor consumo a nivel mundial, por ello en particular los cerdos son los animales que más contribuyen a nivel mundial a las emisiones por descomposición anaeróbica (estiércol), seguidos del ganado bovino.

Está ampliamente reportado en la literatura que el olor penetrante en los alrededores de las unidades de producción animal (que puede alcanzar cientos de kilómetros) es debido a las emisiones de amoníaco contenidas en los excrementos. La posterior volatilización del amoníaco, es una de las causas más importantes de lluvias ácidas regionales y la nitrificación de los suelos [63].

Además de la contaminación atmosférica por las diversas sustancias que la ganadería intensiva produce, se han encontrado modificaciones en la química de los suelos, oca-

sionadas por la saturación de nitrógeno que induce eutrofización e incremento en la lixiviación de otros nutrientes del suelo [64], acelerando la muerte de las poblaciones vegetales e incluso suprimiendo el crecimiento vegetal que es parte de los reservorios del ciclo del carbono y por lo tanto, disminuyendo la capacidad de la biósfera de absorber carbono de la atmósfera [63].

La ganadería intensiva está acompañada por la producción de piensos compuestos en gran escala para alimentar al ganado, la mayoría de los piensos compuestos tienen asociadas emisiones de óxido nitroso (N_2O) derivadas del uso de fertilizantes minerales. Se calcula que entre el 20 y 25 % del uso de fertilizantes en el mundo (cerca de 20 millones de toneladas de N) está asociado a la producción de piensos del sector pecuario. [63].

A modo de ejemplo representativo de la situación nacional, la empresa Granjas Carroll de México S. de R. L. de C.V., filial de la empresa estadounidense Smithfield Food, Inc., principal productora de cerdos en el país (más de un millón de cabezas anuales) [65], es emisora de certificados de reducción de emisiones (CER's) y participa en el mercado de carbono mediante proyectos MDL.

Los proyectos consisten en un sistema de captura y quema de gas metano proveniente de lagunas de oxidación donde el excremento animal es depositado en forma líquida. El objetivo de quemar el gas metano, es que mediante su combustión, se genere bióxido de carbono, también un GEI, pero con un efecto 21 veces menor que el metano, proceso del que no se genera ningún efecto energéticamente útil.

La tecnología conocida como *digestores*, consiste en lagunas de material arcilloso o bien que utilicen como revestimiento de fondo materiales plásticos (polietileno de alta densidad), que reduzcan la posibilidad de infiltración, así como sistemas colectores de gas y de agitación del contenido de las lagunas, todo ello cubierto con materiales plásticos.

En el interior de los digestores, las excretas en forma líquida bajo la acción bacteriana producirán biogás (típicamente: 65 % metano y 35 % bióxido de carbono) [63], que es conducido hacia un quemador de alta eficiencia (transformando al menos el 93 % del metano en bióxido de carbono) [65].

La empresa reconoce como uno de sus principales retos, la producción de “la mayor cantidad posible de gas metano”, cuando el sentido ambiental va al contrario, intentando minimizar los GEI. Parte del conocimiento científico que no se considera, es que las emisiones por manejo de estiércol pueden reducirse manejando al estiércol en forma sólida y no líquida, lo cual además implica gasto excedente de agua [63].

También se plantea como reto futuro, la generación de electricidad a partir de la energía térmica proveniente de la combustión, que durante todos estos años de MDL ha sido desperdiciada. Cuestionando los estándares de dichos proyectos, que supuestamente incentivan la reducción de emisiones, previamente promoviendo la concentración de las mismas y dejando de lado el aprovechamiento de la energía en el mismo proceso.

La revisión de esta tecnología muestra una serie de procesos interrelacionados muy complejos. En escala regional, las granjas de ganadería intensiva favorecen la contaminación atmosférica, la lluvia ácida, la eutrofización de los suelos y la pérdida de cobertura vegetal. A escala global, disminuyen la capacidad de la biósfera para capturar carbono y con ello aumentan la presión sobre el sistema climático para procesar los GEI, así como favorecen el uso de fertilizantes químicos necesarios para la producción del alimento animal. En el contexto nacional, los digestores operan bajo el principio de maximizar la producción de biogás, para que éste sea posteriormente quemado, sin ningún aprovechamiento útil de la energía liberada, más que la transformación del metano en bióxido de carbono.

■ Emisiones de gases industriales

El proyecto MDL más relevante en nuestro país por su contribución de 63 % en las reducciones certificadas nacionales (ver figura 3.21) está asociado a la reducción de emisiones de gases industriales por la empresa Quimiobásicos S.A. de C.V. localizada en Monterrey, Nuevo León.

El fluoruro de carbono (HFC-23) es un potente GEI que tiene asociado un potencial de calentamiento global 11,700 veces mayor que el bióxido de carbono [3], de esta propiedad físico-química se desprende el interés económico por no liberarlo directamente a la atmósfera. El HFC-23 es un producto derivado de la producción del clorodifluorometano (HCFC-22) un gas refrigerante. El HFC-23 puede ser destruido con tecnologías de alta temperatura como el arco eléctrico de plasma o la incineración [66].

Este tipo de proyectos MDL representaron en 2009 el 59 % de las reducciones certificadas –aunque menos del 1 % en el número de proyectos– dentro del esquema de la Unión Europea para el Comercio de Emisiones [21]. Sin embargo, desde enero de 2011 el Comité de Cambio Climático de la Unión Europea ha prohibido la aprobación de más créditos a proyectos de este tipo a partir de mayo de 2013. Dentro de las preocupaciones reconocidas por el Comité se encuentra “la creación de incentivos perversos para continuar con la producción o incluso incrementarla” lo cual “contradice al Protocolo de Kioto” y al “Protocolo de Montreal sobre la protección de la capa de ozono” [22].

Los proyectos MDL son la política pública nacional para la industria privada, pues las políticas públicas que implicarían la regulación y transformación de los procesos industriales son inexistentes y los compromisos para ahorro de energía eléctrica para este sector son ínfimos.

La revisión de las tecnologías paradigmáticas que han sido implementadas mediante proyectos MDL indica que éstas no se orientan a desarrollar actividades prioritarias para el país

como sería garantizar la soberanía energética y alimentaria, o bien mejorar la calidad del medio ambiente.

Tampoco han demostrado la transferencia de tecnologías nuevas, ni integrales para preservar el medio ambiente. La tecnología del digestor no incide positivamente en los muchos efectos ambientales negativos que están asociados con la ganadería intensiva. Por lo demás es una tecnología elemental, que no ha implicado la transferencia de conocimiento nuevo, dedicada exclusivamente a transformar un gas de efecto invernadero contaminante por uno menos contaminante, desaprovechando la energía liberada en el proceso. Mientras que la destrucción de HFC-23 a través de altas temperaturas en una sola empresa, tampoco ha significado una amplia socialización de nueva tecnología.

Finalmente, sobresalen los nulos proyectos MDL relativos a energías renovables como la solar, geotérmica o maremotriz, indicando más bien que este esquema de desarrollo es proclive a impulsar las reducciones más baratas que no conllevan desarrollo tecnológico y en la mayoría de los casos, tienen altos costos ambientales. Este tipo de “incentivos perversos” ya han sido referidos y cuestionados por comités internacionales.

3.4.3. Sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

Este sector integra todos los procesos de emisión y absorción de GEI que pueden producirse en los distintos tipos de tierras, para ello se consideran seis tipos de tierras: forestales, de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras.

Distintos procesos físicos, químicos y biológicos están relacionados con los flujos de los GEI en este sector, tales como la combustión, lixiviación y escurrimiento, así como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación/desnitrificación, la fermentación entérica [39].

Como se argumentó al inicio de esta sección (apartado 3.4) y con base en las *Directrices*

del PICC del 2006, se considera como un sólo sector a la agricultura y todos los otros usos de la tierra, mientras que en el *Inventario* se desarrollan por un lado, la agricultura (que incluye la ganadería) y por otro, el uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.

En 2010 se estimó que la contribución conjunta de la agricultura y todos los otros usos de tierra representó el 18.6% (12.3% y 6.3%, respectivamente) de las emisiones nacionales de GEI, cabe resaltar la importante tendencia decreciente de este sector, que en 1990 representó el 34.7% (16.5% y 18.2%, respectivamente) del total nacional, ambos datos estimados con las mismas consideraciones metodológicas [38], en los *Inventarios Nacionales* la quema de biomasa ha sido reportada como información adicional, lo cual constituye un error metodológico ya que debe ser incluida dentro de este sector, la cual tiene una contribución importante de 37,387.2 MtCO₂e (equivalentes al 5% del total nacional) [35], en los balances aquí presentados se la integra como una categoría más dentro del conjunto.

No sólo hubo una reducción en términos relativos para este sector, sino que en el caso de la agricultura y ganadería se estiman reducciones absolutas de cerca de 1% y para uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura reducciones absolutas del 55% [38].

Una pregunta que surge es: ¿a qué se deben las reducciones en más de la mitad, relacionadas al uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura? La disminución en la tasa de deforestación (en 56% entre 1990 y 2010 [67]), reportada por el gobierno mexicano (sin considerar la tala ilegal) ha limitado la contribución de la conversión de bosques y otras coberturas vegetales a otros usos de suelo, mientras que el proceso de reverdecimiento en tierras agrícolas abandonadas es una categoría que influye como sumidero neto y que neutraliza de manera creciente las emisiones del sector.

Dentro de las categorías principales nacionales (ver figura 3.8) que se encuentran dentro de este sector están en orden decreciente: las emisiones por la conversión de bosques y pastizales a otros usos de suelo (5.9%), las emisiones de óxido nitroso de los suelos agríco-

las, relacionadas con el uso de fertilizantes nitrogenados (5.9 %), la fermentación entérica proveniente del ganado (4.8 %), la quema de biomasa (4.8 %) y la pérdida de carbono en suelos (1.6 %). Ninguna de estas categorías se encuentra dentro de las de mayor tendencia de crecimiento.

Según cifras oficiales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el 64 % de los suelos mexicanos presenta algún grado de deterioro. Por otro lado, el 14 % del territorio nacional (más de 27 millones de hectáreas) es clasificado por el INEGI como superficie de labor (apta para la agricultura), de la cual, de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), se siembra en una superficie aproximada de 22 millones de hectáreas [68].

Sin duda una de las prioridades nacionales de desarrollo es la capacidad de autoabasto alimentario, es decir, la soberanía alimentaria. Las políticas públicas federales y en particular las relativas al cambio climático (manejo de suelos y cambio de uso de suelo), necesitan impulsar acciones tendientes a garantizar esta prioridad.

Entre 1986 y 2007, la producción nacional de los principales alimentos vegetales se desplomó: arroz (-38 %), trigo (-44 %) y frijol (-5 %), aunque la producción de maíz presentó crecimiento (+19 %). Al mismo tiempo la masa de importaciones (provenientes principalmente de Estados Unidos) creció vertiginosamente: maíz (+79 %), arroz (+205 %) y trigo (+202 %), solamente la importación de frijol se redujo (-11 %) [69].

El maíz es el producto agrícola más importante para México, el segundo en toneladas producidas, después de la caña de azúcar, y el de mayor superficie cultivada (aproximadamente 35 % del total nacional). Junto con el maíz, el frijol es también central en la producción nacional, por superficie sembrada (7 % del total nacional), por la cantidad de productores dedicados a su cultivo y finalmente, por su participación en la dieta de los mexicanos [70].

En 2009, según datos de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la

Alimentación (FAO), México fue el tercer mayor importador de maíz en el mundo, importaciones que representan una tercera parte de la producción nacional. La figura 3.22 sintetiza, la superficie cultivada (en millones de hectáreas), la producción e importaciones (en millones de toneladas) del maíz y frijol entre 1980 y 2010.

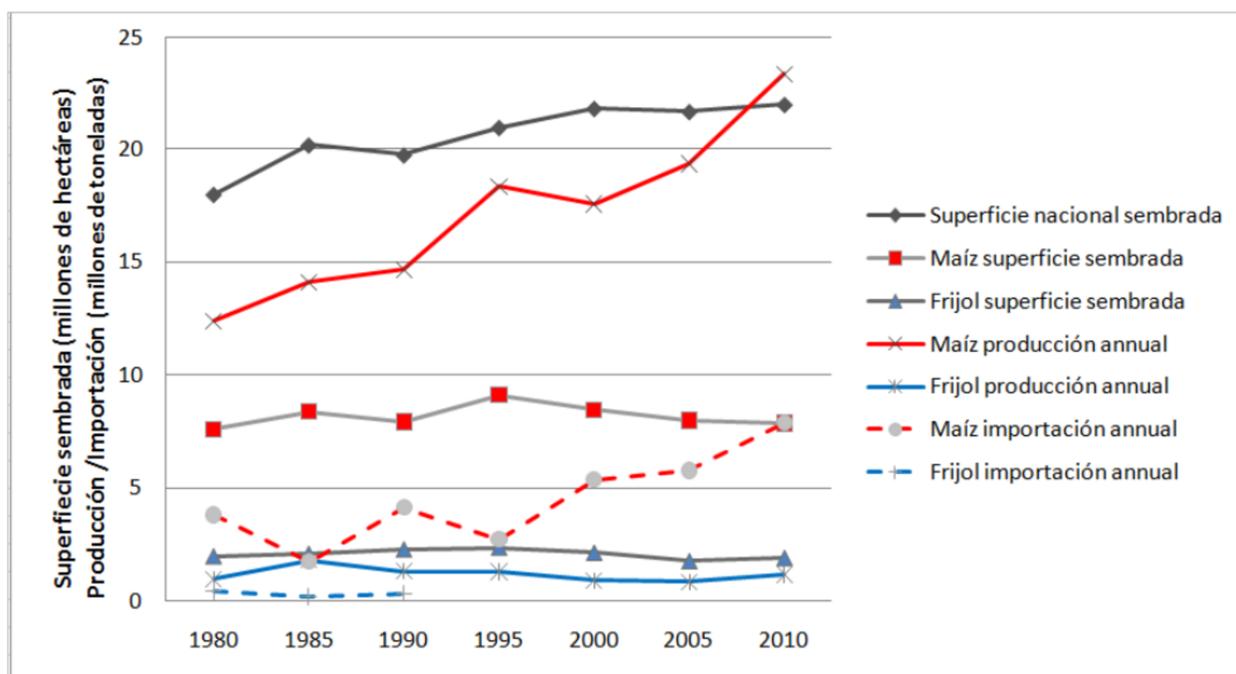


Figura 3.22: Superficie sembrada (nacional, maíz y frijol), producción e importación (maíz y frijol) 1980-2010. Elaboración propia con datos de FAOSTAT y SIAP.

A partir de la figura anterior, es claro que la superficie sembrada nacional se incrementó un 12% (extensión de la frontera agrícola), así como la superficie de maíz y frijol, sin embargo, estas últimas se redujeron en términos relativos por la diversificación de cultivos [69].

La dependencia creciente en las importaciones de cereales, en particular del maíz, cuestiona la posibilidad de la soberanía alimentaria nacional y vuelve obligada la reflexión sobre

cómo potenciar las capacidades agrícolas nacionales, de manera simultánea en que se tiende a reducir las emisiones de GEI.

Ante esta situación de pérdida de soberanía alimentaria, los compromisos asumidos en el PECC tendientes a reducir superficie cultivada de maíz de autoconsumo para convertirla a producción forestal (Meta 55) [30], son al menos cuestionables.

La reducción de las emisiones de óxido nitroso (N_2O) provenientes del uso de fertilizantes en suelos agrícolas, requieren de mayor investigación e implementación de técnicas que permitan reducir el uso de fertilizantes nitrogenados, la consiguiente reducción de emisiones de N_2O e incrementen la posibilidad de enriquecimiento de carbono orgánico en los suelos, situación que además aumenta la productividad de los mismos. Estas acciones están ausentes o son mínimas en las políticas públicas actuales.

Pasamos ahora al contexto nacional forestal. México es un país forestal, no sólo porque la superficie forestal cubre el 70.4 % del territorio nacional (más de 138 millones de hectáreas), sino porque se encuentran todos los tipos de vegetación terrestre natural. Dentro de esta superficie, el 47 % está arbolada (cubierta por bosques y selvas), mientras que el 41 % está en matorrales xerófilos que corresponden a ecosistema árido y semi árido [71].

México ocupa el quinto lugar a nivel mundial en biodiversidad, albergando 12 % de las especies conocidas en el planeta, de las cuales entre 50 y 60 % de la flora mexicana (aproximadamente 15 mil especies de plantas) no se encuentran en ninguna otra parte del mundo, los ecosistemas forestales son los principales reservorios de biodiversidad [72].

Datos oficiales reconocen que más del 80 % de los ecosistemas forestales en buen estado de conservación pertenecen a comunidades rurales e indígenas (20.2 millones de hectáreas correspondientes a 10.3 % del territorio nacional). Cabe destacar la relevancia del carácter social de la propiedad de la tierra, en 2007 existían 31,518 ejidos y comunidades agrarias que poseen en su conjunto 105 millones de hectáreas [72], aproximadamente el 75 % de la

superficie forestal es propiedad colectiva de ejidos y comunidades.

Aunque en los últimos años se ha reducido la tasa de deforestación, en nuestro país la cobertura forestal se ha reducido notablemente en las últimas décadas; de acuerdo con los reportes presentados ante la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la deforestación de bosques y selvas pasó de 354 mil hectáreas por año en el periodo 1990-2000 a 155 mil hectáreas por año en promedio en el periodo 2005-2010, estas cifras no consideran la tala ilegal [67]. Además de la deforestación, se estima que se degradan entre 250 y 300 mil hectáreas de bosques cada año [72].

Los bosques juegan un papel crucial en la regulación del clima, debido a su importante papel en el ciclo del carbono, mediante la capacidad que tienen para fijar y absorber el CO₂ mediante la fotosíntesis y almacenarlo en sus tejidos, el PICC estima que cada año se almacenan 1.4 Gt de carbono en la vegetación mundial [9]. Por otro lado, la cantidad de carbono contenida en la biomasa forestal es mayor al carbono contenido en la atmósfera, cualquier perturbación en estos ecosistemas puede alterar significativamente el ciclo del carbono.

Estimaciones oficiales indican que el potencial del sector forestal para 2020 es de 58 Mt de CO₂e, aumentando a 96 Mt de CO₂e para 2030, lo cual implica que en 2022 los sumideros de carbono en la superficie forestal serían suficientes para neutralizar las emisiones de todos los otros sectores del país [73].

El gobierno mexicano, así como muchos otros, ha enfocado sus esfuerzos en las negociaciones internacionales para que existan mecanismos financieros de mitigación basados en el potencial de captura de carbono de los ecosistemas forestales, por el enorme potencial de captura de estos sistemas y por ser de las opciones más baratas en el mercado mundial de carbono.

Dentro de los compromisos más importantes en materia forestal establecidos en el PECC se encuentran la incorporación de 2.95 millones de hectáreas al manejo forestal (Meta 64) y la

incorporación de 2.175 millones de hectáreas a esquemas de pago por servicios ambientales, dentro de los cuáles la captura de carbono a través del programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) también está contemplado (Metas 66 y 78). Seguidas por la conversión de los ecosistemas terrestres a los sistemas de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS), o bien, a Áreas Naturales Protegidas (ANP) [30].

Las acciones en materia forestal y cambio climático están financiadas con préstamos internacionales. En 2012 el gobierno mexicano obtuvo 392 millones de dólares de dos préstamos para cinco años, el primero del Banco Mundial para el *Proyecto sobre Bosques y Cambio Climático* [74] y el segundo del Programa de Inversión Forestal, estos recursos se operarán a través de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) mediante los programas de silvicultura comunitaria y servicios ambientales, además de buscar innovar enfoques para la implementación de REDD+.

A continuación presentamos la revisión de las bases científicas de tecnologías relevantes para el sector agricultura y uso de suelo que están siendo implementadas como parte de la política pública nacional.

■ Manejo forestal

Entendemos por manejo forestal al conjunto diverso de prácticas organizativas y técnicas con las cuales las poblaciones humanas se relacionan con los ecosistemas forestales, dada la gran diversidad de prácticas, podemos considerar muchas formas de manejo forestal.

Dada la amplia gama de posibilidades de manejo, la política pública nacional a cargo de la CONAFOR, es también diversa y tiene como eje rector “la consolidación del desarrollo forestal sustentable como alternativa para mejorar la calidad de vida de las y los mexicanos que habitan esos ecosistemas, y a la vez garantizar la conservación de los recursos forestales del país” [72].

Dentro de los programas que impulsa se encuentran el de Desarrollo Forestal Comunitario (PDFC), que promueve la creación de empresas forestales comunitarias como mecanismo idóneo para que los núcleos agrarios se apropien del manejo técnico forestal, para 2012 existían 215 empresas. El Programa de Desarrollo Forestal (PRODEFOR), brinda apoyo económico para el aprovechamiento sustentable de los bosques y requiere que los propietarios mantengan o incrementen la superficie forestal incorporada a esquemas de manejo técnico (maderable, no maderable y de vida silvestre), en 2012 había incorporadas 8.4 millones de hectáreas al manejo técnico, además impulsa la certificación forestal promoviendo el consumo preferente de productos certificados. El Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), impulsa la producción de materias primas maderables y no maderables para abastecer la industria nacional y reducir las importaciones de productos forestales, a partir de incentivos económicos, entre 2007 y 2012 se establecieron 155,203 hectáreas [72]. Finalmente, entre 2007 y 2011 se reforestaron 1.4 millones de hectáreas [75], cifra que hay que ajustar por la tasa de árboles que sobreviven (34%) obteniendo un área neta de 0.5 millones de hectáreas [76].

Otros programas relacionados con el manejo de los ecosistemas forestales son las Áreas Naturales Protegidas, zonas en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados o bien requieren ser restaurados, en 2012 existían 174 ocupando una superficie de 25.4 millones de hectáreas (12.9% del territorio nacional) [77]. Las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS) son zonas con esquemas de conservación de biodiversidad, en 2011 había 10,844 unidades que en su conjunto sumaban 36.1 millones de hectáreas (18.4% del territorio nacional) [78].

■ Pago por servicios ambientales

Si bien el pago por servicios ambientales (PSA) no es un dispositivo técnico en cuanto

tal, es el segundo mecanismo principal en materia de mitigación dentro de la política pública nacional de cambio climático para este sector, por ello la importancia de la revisión de sus bases científicas.

Nuevamente, la CONAFOR es la dependencia federal encargada de implementar este programa, que tiene como propósito “otorgar incentivos económicos a las personas dueñas de terrenos forestales para que realicen prácticas de buen manejo del territorio y así fomentar la adecuada provisión de servicios ambientales a nivel nacional” [72]. Cuenta con dos modalidades, primero el PSA hidrológicos, que otorga recursos para conservar la cubierta boscosa y evitar la erosión del suelo, para favorecer la recarga de acuíferos; y el segundo, el PSA derivados de la biodiversidad, promueve conservación de flora y fauna silvestres al mantener el uso del suelo.

El incentivo económico se asigna de acuerdo al tipo de ecosistema y al riesgo de éste de ser deforestado, oscila entre \$1,100/ha por año para el bosque mesófilo, hasta \$280/ha por año para selvas caducifolias, espinosas, zonas áridas y pastizales [72].

Entre 2007 y 2012 se incorporaron 2.9 millones de hectáreas al PSA (aproximadamente 2% de la superficie forestal nacional) por un monto de 6,134 millones de pesos, asignados a ejidos (65%), comunidades indígenas (20%), asociaciones y agrupaciones (7%) y a pequeños propietarios (7%) [72].

El PSA inició en 2003 con montos recaudados por el cobro de derechos federales de agua y del Fondo Forestal Mexicano. En 2006, se obtuvieron préstamos y donativos del Banco Mundial y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, que permitieron su expansión [72]. Durante 2012 se aprobó otro gran préstamo del Banco Mundial por 392 millones de dólares para ejercerse hasta 2017 [74]. Adicionalmente, la CONAFOR está desarrollando Mecanismos Locales de PSA, en los que busca involucrar a los

usuarios de los servicios ambientales como lo son los organismos operadores de agua, las tarifas de electricidad, las ciudades y las empresas, entre otros; quizá para transitar en el largo plazo al financiamiento nacional a cargo de los ciudadanos, y así evitar seguir con la lógica de préstamos internacionales. Hasta ahora esta modalidad es mínima, sólo ha incorporado 214,000 hectáreas [72]. Finalmente, también se están buscando donantes internacionales quienes junto con el gobierno federal, aporten al Fondo Patrimonial de Biodiversidad para que los intereses generados puedan incorporar mayor superficie al PSA.

Si bien, el Programa de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación, conocido como REDD+, no forma parte actualmente del PSA, es esencialmente semejante, pues considera a los bosques y selvas como proveedores de un servicio ambiental específico: capturar carbono. De este modo, los propietarios de ecosistemas forestales recibirían un incentivo económico por mantener e incrementar el carbono en sus bosques. Aunque la implementación de REDD+ depende de los avances en las negociaciones internacionales, ya que los recursos provendrían de los países industrializados vía proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), México está implementando una serie de Acciones Tempranas REDD+, al mismo tiempo que elabora una Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (ENAREDD+) [72].

Como se argumentó en el apartado 2.2.1, el mercado de emisiones (del cual forman parte los proyectos MDL) no ha mostrado ser un mecanismo real de reducción de emisiones y por ende, la política pública nacional en el tema no debería ceñirse a estas prácticas fallidas.

Existe una discusión de años en referencia a la incorporación del carbono forestal a los mercados de emisión. La posible no-permanencia de los bosques, ya que una tonelada capturada, puede eventualmente volver a la atmósfera si estos bosques desaparecen en

el futuro, mientras que en el sector energía una tonelada de combustibles fósiles no quemada es una ganancia neta definitiva para la atmósfera. De fondo a esta cuestión, se encuentra el supuesto de equivalencia entre el carbono biótico (que se encuentra dentro de un ciclo biogeoquímico) y el carbono fósil, si bien en lo que se refiere a su estructura química son equivalentes, el carbono biótico se encuentra en un ciclo, ciclo que funciona como sumidero neto de carbono (1.4 GtC/año [9]).

Aunque la contribución neta de emisiones de la agricultura y la ganadería casi duplican a los aportes de otros usos de la tierra, la política nacional de cambio climático se orienta a objetivos y compromisos relacionados con ecosistemas forestales, sugerimos que este sesgo en la atención se debe a los mercados internacionales que tienen posibilidad de abrirse en el sector forestal.

Datos oficiales muestran una reducción considerable (56 %) en la tasa de deforestación nacional entre 1990 y 2010 (sin considerar la tala ilegal), aunque a nivel mundial México siga siendo de los países con más alto índice de deforestación. Este hecho explica la disminución absoluta del sector como emisor de GEI en el periodo.

Los datos presentados ponen en evidencia la creciente pérdida de soberanía alimentaria nacional en las últimas tres décadas, la cual debe ser una de las prioridades nacionales. La política pública nacional de cambio climático no apunta a contribuir con este problema, ni siquiera lo identifica como tal, perdiéndose la oportunidad de potenciar una sinergia entre la autosuficiencia alimentaria, el cuidado de los suelos y la disminución en las emisiones de GEI.

Los servicios ecosistémicos que generan los ecosistemas forestales (captación de agua y carbono, biodiversidad) están en relación directa con las necesidades de las poblaciones humanas que los habitan. El análisis y atención de las necesidades alimentarias, energéticas y económicas, entre otras, de las poblaciones dueñas de los bosques son la clave para que los

ecosistemas sean preservados, siempre de manera paralela a la resolución de las necesidades humanas de empleo, alimento, leña, medicina, etc. El PSA separa las funciones ecosistémicas de su relación con las poblaciones humanas, poniendo la capacidad natural por encima de las necesidades humanas, con ello profundizando la separación entre la naturaleza y la sociedad, en vez de armonizarlas.

El incentivo económico del PSA no alcanza a cubrir las necesidades de las comunidades dueñas de los bosques, ni se plantea el desarrollo de economías locales, por lo que no resuelve de manera integral la autosuficiencia económica y ambiental de largo plazo. En caso de un abrupto cese de recursos, se pone en riesgo el estado de los ecosistemas forestales. Siendo un programa asistencialista más, que por si fuera poco, contribuye al endeudamiento nacional, sin tender a resolver de largo plazo la relación entre las sociedades humanas y sus bosques.

3.4.4. Sector desechos

Este sector en los últimos años ha adquirido mayor relevancia ya que considerando su tendencia entre 1990 y 2010, es el sector de mayor crecimiento (167 %), ver figura 3.9, aunque por contribución absoluta sea el menor (6 % del total nacional).

El gobierno federal ha explicado este repentino incremento en las emisiones como el resultado del aumento de la disposición de residuos en lugares tecnificados conocidos como rellenos sanitarios y por el avance en el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales [37], en otros documentos afirma que el crecimiento urbano, el desarrollo industrial y el cambio en los patrones de consumo de la población, así como las modificaciones tecnológicas son las razones de este aumento [79]. Lo cual estaría indicando que la infraestructura que se desarrolla para la gestión de los desechos es en parte responsable de los incrementos en emisiones de GEI, ante lo cual cabe la pregunta: ¿qué clase de tecnología se está empleando que acarrea tales niveles de emisiones? La otra posibilidad, está en que la afirmación oficial sea

errónea y que el incremento en las emisiones responda a razones distintas de las tecnológicas.

Para 2010 las categorías de eliminación de desechos sólidos en el suelo y el tratamiento y eliminación de aguas residuales (municipales e industriales), forman parte de las categorías principales del inventario nacional (ver figura 3.8), con contribuciones de 2.8 y 2.6 %, respectivamente.

El sector desechos en su conjunto representó la segunda mayor aportación en referencia al gas metano (CH_4) contribuyendo en 2010 con el 25 % de este gas a nivel nacional [35]. Típicamente, la disposición de residuos sólidos y de la eliminación y tratamiento de aguas residuales son las categorías más importantes de este sector, principalmente por sus emisiones de metano, aunque también se emitan bióxido de carbono y óxido nitroso.

El factor principal para determinar el potencial de generación de metano en los desechos—sean éstos sólidos o líquidos— es la cantidad de materia orgánica degradable contenida en ellos. La producción de metano depende de la degradación anaerobia de microorganismos, la velocidad de producción de este gas aumenta con la temperatura, especialmente en los sistemas de manejo que sean no controlados y en los climas cálidos. Por debajo de 15°C , la producción significativa de metano es improbable [39].

Una característica del sector desechos, es que la prestación del servicio público de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos, así como el tratamiento de aguas residuales es una facultad municipal (Art. 115 de la Constitución Mexicana), es decir, es la autoridad municipal que frecuentemente cuenta con los menores recursos económicos y humanos, la encargada de dar este servicio. Es por ello que hasta muy recientemente los desechos eran vistos como un tema de recolección, transporte y disposición, más que concebirse como un factor clave del cuidado ambiental (que adicionalmente contribuye al cambio climático) y la salud, el cual necesita de políticas públicas nacionales y prácticas de gestión para su manejo integral.

Las estimaciones más recientes (2007) sobre la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) a nivel nacional indican una generación diaria de 101 mil toneladas al día, equivalente a aproximadamente 349 kg per cápita al año. Entre 1997 y 2007 la generación se incrementó en un 26 % y muestra un crecimiento paralelo con el aumento en el Producto Interno Bruto (PIB) [79].

Es un hecho que la generación de residuos tiene una componente geográfica importante, siendo el Distrito Federal, el Estado de México, Jalisco y los estados de la frontera norte los de mayor contribución absoluta y per cápita. Además el tipo de localidad es una variable relevante para caracterizar la cantidad de RSU siendo las zonas metropolitanas las generadoras del 45 % de los residuos nacionales, las ciudades medias del 33 %, las ciudades pequeñas del 8 % y las zonas rurales o semi urbanas (menores a 15 mil habitantes) del 14 % [79].

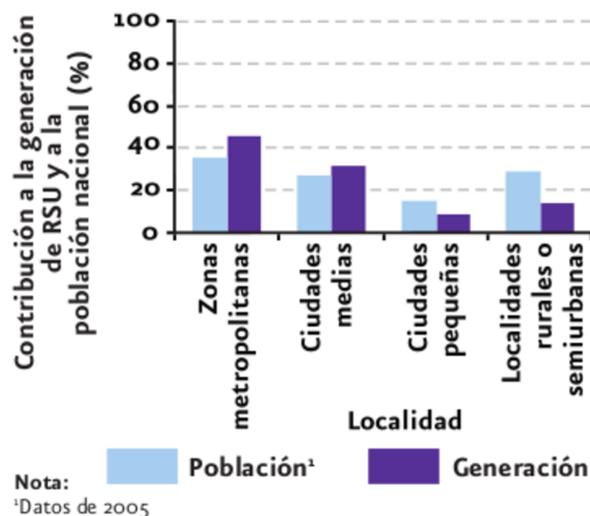


Figura 3.23: Generación de RSU por tipo de localidad. Tomado de SEMARNAT (2009).

Está ampliamente documentado en la literatura que la composición de los residuos está relacionada con las condiciones económicas de la población. Las poblaciones con menos ingre-

tos, generan menos residuos y predomina la componente de materia orgánica [80].

Se estima que para 2007 eran recolectados un 88.4 % de los RSU generados (con variaciones que van del 95 % en zonas metropolitanas a menos del 60 % en localidades semi rurales), de los cuales menos del 4 % eran reciclados. Sobre la disposición final de los mismos, el 67 % fueron depositados en rellenos sanitarios y sitios controlados, mientras que el resto en sitios no controlados [79], que van desde tiraderos clandestinos, barrancas y áreas públicas. Incluso la mayoría de los sitios controlados no cumplen con los requerimientos de la normatividad, por lo que existe un problema potencial ambiental y de salud grave [81].

Por su parte, la situación nacional referente al tratamiento de aguas residuales presenta mayores niveles de atraso que los residuos sólidos. Para 2010, menos del 40 % del volumen de descarga de aguas residuales municipales, provenientes de centros urbanos, contaron con tratamiento [82], pese a que el PECC tiene el compromiso de alcanzar el 60 % de tratamiento en aguas para 2012 (Meta A.17), parece una meta muy distante. Mientras que la cobertura de las aguas residuales industriales fue de 17.9 % en 2009 [83].

En 2009 existían 2,029 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en el territorio nacional, con una capacidad instalada total de 120.9 m³/s, las cuales procesan un caudal de 88.1 m³/s. Existen diversas tecnologías de tratamiento, siendo las lagunas de estabilización y los lodos activados las más abundantes [83]. Para el mismo año se registraron 2,256 plantas para aguas industriales con un caudal de tratamiento de 36.7 m³/s, siendo el tratamiento secundario el mayoritario [83], el cual consiste en una combinación de procesos biológicos que fomentan la biodegradación por microorganismos, pueden incluir pozas aeróbicas de estabilización, filtros de goteo y procesos de lodo activado, así como reactores anaeróbicos y lagunas [39].

A continuación presentamos la revisión de las bases científicas de la tecnología más relevantes para el sector desechos, los rellenos sanitarios.

■ Rellenos sanitarios

Esta tecnología ha sido durante las últimas décadas la principal opción para la disposición de los residuos sólidos urbanos en México, contribuyendo en 1997 con cerca del 35 % y para 2007 con el 57 % del total nacional reconocido [79]. Si bien, dentro de las metas nacionales frente al cambio climático no se encuentra la construcción de más rellenos sanitarios, éstos se están impulsando como la “mejor solución” y están siendo ampliamente implementados por los gobiernos locales, muchas veces dejándolos en manos de empresas privadas. En 2008 expertos de la UNAM declararon que de los 95 rellenos sanitarios del país, sólo 13 de ellos cumplían parcialmente con la norma ambiental [84].

Los rellenos sanitarios son obras de ingeniería que resuelven el problema inmediato de disposición de residuos, por definición deben contar con sistemas captadores y controladores del biogás y lixiviados que son producidos por los residuos para evitar la contaminación del suelo, el agua y el aire [85]. Comúnmente los residuos son compactados y cubiertos con material inerte, existen tuberías que permiten la recolección de gases y lixiviados, los gases pueden ser liberados a la atmósfera o bien ser almacenados para su posterior combustión y/o generación de energía, mientras que los lixiviados son conducidos a albercas de estabilización. Frecuentemente los rellenos sanitarios cuentan con una membrana de polietileno de alta densidad en su base que sirve de barrera ante posibles filtraciones al subsuelo.

Los residuos orgánicos (que representan alrededor del 50 % de total de residuos sólidos urbanos [79]) contenidos en los residuos dispuestos en los rellenos sanitarios, son degradados por microorganismos anaerobios, resultando como producto principal; gas metano (55 %), bióxido de carbono (40 %), así como gases traza y vapor de agua, lo cual es conocido como biogás [85]. Este biogás por una parte representa un potencial

recurso energético y por otra, una fuente de contaminación, en particular de GEI hacia la atmósfera. Se estima que por 1 kg promedio de residuos húmedos, se genera 0.4 m³ de biogás [85].

Del mismo modo en que el biogás producto del manejo de residuos en granjas porcícolas y vacunas es transformado químicamente mediante su combustión para eliminar la fracción de metano, y de esta manera atenuar los GEI que son emitidos a la atmósfera, algo semejante puede ocurrir en los rellenos sanitarios. Actualmente existen cinco rellenos sanitarios (ver figura 3.21) que reciben Certificados por Reducción de Emisiones (CER's), equivalentes al 6 % de las reducciones nacionales avaladas por MDL.

Adicionalmente, la metodología del PICC para el cálculo de las emisiones de GEI en los rellenos sanitarios tiene como variable a la temperatura, una mayor temperatura media –pronosticada por la mayoría de escenarios de cambio climático– implica tasas de descomposición mayores, y por consiguiente una mayor velocidad en la cantidad de metano emitido a la atmósfera [39]. Este es un ejemplo más de retroalimentación positiva entre el procesos sociales y naturales, dando como resultado mayor contaminación atmosférica.

Es muy amplia la literatura científica que documenta los impactos ambientales –muchas veces inevitables– por el enterramiento de basura en rellenos sanitarios, entre los que se encuentran la migración del gas y los lixiviados más allá del relleno sanitario y la posterior contaminación de agua subterránea, suelo y aire, daños en la vegetación, fauna nociva, explosiones e incendios potenciales, entre otros [86].

De acuerdo con diversos estudios llevados a cabo en Estados Unidos se ha concluido que las membranas de polietileno de alta densidad permiten el filtrado de líquidos lixiviados, aún instaladas de acuerdo a los más sofisticados métodos de control, debido

a pequeñas perforaciones producidas durante la construcción ó bien por soluciones diluidas de solventes usados comúnmente, como el tolueno (presente en algunos esmaltes de uñas) [87].

Los impactos en la salud para los trabajadores y poblaciones aledañas a los rellenos sanitarios son múltiples y no es este lugar para revisarlos, sin embargo, como botón de muestra vale la pena mencionar que se ha reportado un incremento en el riesgo materno de procrear un bebé con alguna anomalía congénita [88].

Cada vez es mayor la comunidad científica nacional que reconoce los severos impactos de los rellenos sanitarios y se opone a su creciente instalación en México, por haberse mostrado como una tecnología obsoleta en los países desarrollados [84].

La creciente contribución de este sector en emisiones de GEI tiene una explicación compleja, la concentración de población en centros urbanos e industriales en las últimas décadas ha concentrado el volumen de desechos generados (sólidos y líquidos) y ha promovido el incremento per cápita de su generación; además ha modificado la calidad de los mismos, haciéndolos en conjunto más tóxicos y difíciles de metabolizar por la naturaleza.

Las tecnologías para enfrentar esta problemática se caracterizan por maximizar la cantidad de desechos captados y con ello no fomentan la disminución de los mismos, lo cual conlleva a emisiones crecientes de GEI y otros contaminantes. De manera semejante, las políticas públicas no han transformado el proceso de producción de los desechos, sino que se han concretado a resolver el punto final de su ciclo, la disposición final.

Además estas tecnologías tienen asociados una gran cantidad de problemas ambientales y de salud. No hay políticas públicas orientadas a transitar a otro modo de gestión de los desechos, y por ello cada vez mayor parte de la población sufre los efectos negativos de los rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de agua.

Asumiendo la actualidad de los rellenos sanitarios, sin dejar de reconocer sus limitaciones, es todavía muy incipiente la captura de metano y mucho más germinal, su conversión en energía útil. Sin un aprovechamiento del mismo, mientras se transita a tecnologías más adecuadas, se hacen inalcanzables las metas establecidas por el gobierno federal de reducciones del 50 % de GEI para el 2050.

3.5. Contraste con otros estudios para México

3.5.1. Sector Energía

Diversos estudios han estimado la línea base de las emisiones del sector energía, es decir, la tendencia futura extrapolando las condiciones actuales y en ausencia de medidas correctivas, uno de ellos, elaborado por el Banco Mundial [89] calcula que para el 2030, las emisiones asociadas al sector ascenderán a 800 Mt CO₂e, mientras que Sheinbaum *et al.* estiman 828 MtCO₂e para el mismo año [31], ambas estimaciones se encuentran 18 % y 20 % respectivamente, por arriba de la estimación oficial del PECC (660 MtCO₂e). Esta contrastación indica una subestimación del escenario base oficial.

Por otro lado, aunque en el PECC son precisadas las acciones y tecnologías de mitigación en el corto plazo (de 2009 a 2012), éstas no son indicadas para el mediano (2030) y largo plazos (2050), impidiendo hacer estimaciones claras que permitan conducir la trayectoria hacia la meta aspiracional de reducir en 2050 las emisiones nacionales un 50 % respecto del año 2000.

En un estudio del año 2000 sobre el potencial de mitigación de México, se estimó que las emisiones susceptibles de ser evitadas en el año 2010 para el sector energía suman 131.2 MtCO₂, lo que equivale a más de cuatro veces lo comprometido para el año 2012 [76]. Las opciones de mitigación de este estudio se muestran en la figura 3.24.

Opción de mitigación	Contenido	Emisiones evitadas al 2010 (MtCO ₂)
Plantas de ciclo combinado	Sustitución de plantas termoeléctricas por de ciclo combinado. Para 2010 una capacidad instalada de 51.464 MW	70.0
Motores industriales eficientes	Todos los motores vendidos entre 1999 y 2010 son de alta eficiencia y sustitución de motores entre 5 y 125 hp.	0.9
Cogeneración industrial	Todas las nuevas plantas industriales usan cogeneración	35.4
Boilers industriales	Cambio de combustible, de diesel y petróleo a gas natural. Mejoras en aislamiento y sustitución del 20% de los boilers industriales en 2010	2.7
Alumbrado eficiente en el sector comercial	5 millones de instalaciones de alumbrado eficiente	1.2
Focos compactos fluorescentes en el sector residencial	19.2 millones de focos son reemplazados para 2010	2.5
Bombeo eficiente de agua	Obras correctivas y de mantenimiento en el consumo de electricidad por bombeo de agua.	1.2
Sustitución intermodal en el transporte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México	Sustitución de pequeños por grandes autobuses de diesel, incremento en la red de metro y tren ligero	5.0
Generación de electricidad con energía eólica a gran escala	Instalación de 500 MW por plantas eólicas para 2010	12.2

*Elaboración propia en base a lo reportado en Sheinbaum et al., 2000.

Figura 3.24: Potencial de mitigación de distintas opciones tecnológicas en el sector energía para 2010. Tomado de Sheinbaum & Masera (2000).

La mayoría de las tecnologías propuestas en este estudio son costo-efectivas a lo largo de su ciclo de vida, es decir, son opciones menos costosas para el país que el escenario base, considerando inversiones anuales y costos de mantenimiento, aunque deben considerarse las altas inversiones iniciales para el arranque de algunas de estas opciones.

Por otro lado, los datos de consumo nacional de hidrocarburos de Pemex registran un incremento respecto al año 2008 [90], incluso frente a la recesión económica que se vive desde 2009, y por ello las emisiones de GEI no han disminuido para el 2012.

Sin una transformación de la matriz energética nacional y con un consumo mayor de hidrocarburos, es claro que las reducciones planteadas en el PECC en el sector energía no han sido cumplidas.

3.5.2. Sector procesos industriales y uso de productos

La invisibilidad con la que el gobierno mexicano trata al sector industrial, que se refleja en los nulos compromisos para este sector en tanto que emisor de GEI debido a sus procesos industriales, hace que no sea casual la pobre literatura científica en la materia aplicada al contexto nacional.

Sheinbaum et al. han evaluado opciones de mitigación en el sector energético que están dirigidas a la industria, en tanto consumidora de energía. Entre estas opciones se encuentran la incorporación de motores industriales eficientes, la cogeneración industrial, los boilers industriales y el bombeo eficiente de agua (ver figura 3.24), todas ellas opciones costo-efectivas.

3.5.3. Sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

Pocos estudios han estimado la línea base de las emisiones y las opciones de mitigación de este sector en su conjunto, la mayoría han tratado por separado al uso de suelo, cambio de uso de suelo y la silvicultura de la agricultura y la ganadería.

Johnson et al. estiman para el uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura un escenario de línea base para 2030 de 87 MtCO₂, asumiendo una continua disminución en las tasas de deforestación [89], el PECC por su parte estima aproximadamente 60 MtCO₂, nuevamente la línea base oficial por debajo de otros estudios.

Un estudio del año 2000, estimó potenciales de mitigación para el sector forestal mexicano en 2010, encontrando que cuatro opciones de mitigación tendrían asociadas reducciones de 217.1 MtCO₂ [76]. Las opciones y sus potenciales se describen en la figura 3.25.

Opción de mitigación	Descripción	Emisiones evitadas al 2010 (Mt CO₂e)
Manejo de bosques nativos templados	Para 2010 un total acumulado de 4.4 millones de ha (entre templados y tropicales) se convierten a esquemas de manejo forestal mejorado, con un estimado de carbono secuestrado de 618 t CO ₂ /ha	141.1
Manejo de bosques nativos tropicales	Para 2010 un total acumulado de 4.4 millones de ha (entre templados y tropicales) se convierten a esquemas de manejo forestal mejorado, con un estimado de carbono secuestrado de 763 t CO ₂ /ha	62
Reforestación	Para 2010 un acumulado de 1.3 millones de ha (efectivas) reforestadas, tanto deforestadas como degradadas, con un estimado de carbono secuestrado de 476 t CO ₂ /ha	12
Agroforestería	En 2010 un total de 0.2 millones de ha, con un rango estimado de carbono secuestrado entre 73 y 440 t CO ₂ /ha	2

Figura 3.25: Potencial de mitigación de distintas opciones tecnológicas en el sector forestal para 2010. Tomado de Sheinbaum & Masera, 2000.

Este estudio ofrece reducciones de GEI 14 veces mayores a lo comprometido en el PECC. El manejo de bosques templados se presenta no sólo con el mayor potencial de mitigación, sino como la única opción costo-efectiva (más barata que el escenario base) del sector forestal, que de aplicarse de manera conjunta a las opciones del sector energía, analizadas en el mismo estudio, permitiría ahorros que podrían ser canalizados a la implementación de las opciones subsiguientes [76].

Un estudio de Jong et al. en 2007 para zonas rurales, que toma como caso de estudio la meseta michoacana, indica que la combinación de manejo forestal de bosque de pino-encino con sustitución bioenergética, aumenta los ahorros en combustibles fósiles y aminora las

emisiones de GEI. Incrementando el potencial de mitigación de 1.36t C/ha por año. Mediante dos simples tecnologías: 1) el aprovechamiento energético de los residuos de la leña colectada que puede substituir al gas LP mediante el uso de una estufa ahorradora de leña y 2) usando la pulpa de la madera y otros residuos de la industria maderera en una planta de biomasa que reemplace la energía generada por una planta de combustión de petróleo [91].

3.5.4. Sector desechos

Existen pocos estudios para México sobre la relación de los desechos con el cambio climático, la mayoría de ellos insisten en las posibilidades de destrucción y aprovechamiento energético del metano, sin problematizar suficientemente sobre cómo promover su minimización, sino por el contrario enfatizando su maximización.

El volumen de generación nacional y per cápita de residuos, ha mantenido una tendencia creciente, ya que a pesar de que desde hace años se ha planteado como eje de la política ambiental la racionalización y minimización de la generación de residuos, no se han trastocado en forma significativa los patrones de producción y consumo, sin importar el enorme riesgo que implica el creciente deterioro ambiental. Dicha tendencia es seguida en la planeación de la infraestructura para el manejo de desechos, que no contribuye con seriedad a desincentivar la generación de residuos, ni la participación responsable de la sociedad [92].

A partir de la conversión energética que propone Arvizu [85] para los datos más recientes sobre generación de residuos sólidos urbanos (101 mil ton/día [79]), el potencial teórico de biogás generado asciende a 1.5×10^{10} m³/año que equivale a 7.5×10^6 ton de petróleo (\approx 55 millones de barriles de petróleo).

Sin duda, el potencial energético del biogás es muy importante, un estudio del 2009 para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, indica que dentro de los escenarios de posible gestión proyectados en el futuro, las únicas prácticas que en el año 2050 podrían producir

emisiones de GEI equivalentes a las de ese año consisten en la combinación de la disminución en la generación de RSU y la recuperación del metano proveniente de los sitios de disposición final [92].

En el presente trabajo hemos insistido en analizar los procesos en los que incide una cierta tecnología y su relación con el cambio climático. En el caso de los rellenos sanitarios el análisis de ciclo de vida de los materiales permite esta evaluación de la tecnología.

Denison ha comparado cuantitativamente tres parámetros ambientales a lo largo del ciclo de vida de los materiales: 1) cantidad de residuos sólidos, 2) uso de energía y 3) liberación de contaminantes en agua y aire, para tres estrategias de manejo de los RSU en América del Norte [93]:

- E1: Producción a partir de materiales reciclados, más reciclaje después del uso.
- E2: Producción a partir de materiales vírgenes, más posterior enterramiento (en rellenos sanitarios) de los materiales después de su uso.
- E3: Producción a partir de materiales vírgenes, más posterior incineración de los materiales después de su uso.

Su revisión de la literatura, le lleva a concluir que después de un análisis del ciclo de vida, la E1 (estrategia basada en el reciclaje continuo de los materiales) muestra mejores resultados, sólo cuando se considera de manera aislada una parte del manejo de los desechos, como su recolección, las estrategias basadas en materiales vírgenes parecen ofrecer más ventajas.

Sus resultados indican que la cantidad de residuos sólidos finales con E1 muestra una disminución de 590 y 1,270 kg por tonelada de material procesado respecto de la incineración y el enterramiento. Mientras que en lo referente a la cantidad de energía usada, E1 ahorra 5 y 15 GJ por tonelada de material procesado en la incineración y el enterramiento, respectivamente. En 9 de 10 emisiones contaminantes, E1 es la de menor contribución, en particular,

en lo relativo a las emisiones de GEI, una tasa de reciclaje del 26 % (cifra de Estados Unidos) reduce las emisiones de metano en 24.2 % en todos los rellenos sanitarios [93].

En el mejor de los casos la política ambiental y los programas de manejo de residuos en México, están orientados a atender el manejo de la disposición de los residuos. Sin embargo, dichos programas y políticas, obvian considerar el ciclo completo de éstos, olvidando el proceso de su producción, elaboración, comercialización y consumo, con lo cual se pierde la oportunidad de intervenir oportunamente para evitar la generación de productos que tienden a convertirse en basura, contribuyendo con ello a un consumo innecesario de energía, de recursos naturales, de generación de residuos peligrosos y al incremento del volumen global de residuos que no solamente dañan el medio ambiente, sino que ponen la salud de la población en riesgo, al mismo tiempo en que participan del aumento de emisiones de GEI [92].

Por ello, con base en los estudios revisados, la política pública nacional debería centrarse en la minimización y el reciclaje de los residuos, la consiguiente disminución de efectos adversos, entre ellos la disminución de emisiones de GEI. Simultáneamente, en que sea aprovechado el biogás producido para la generación de energía.

Capítulo 4

Discusión y conclusiones

Hemos empezado este trabajo presentando en el capítulo 1 el contexto internacional frente al cambio climático tema que, sin pretender ser agotado en la presente investigación, necesariamente tenía que ser expuesto para situar al programa mexicano (capítulo 2), objeto central de este trabajo. Los frutos resultantes de la reflexión del contexto internacional, no dejan de ser importantes en cuanto tal, así como por su relación directa con la política pública mexicana.

Considerando que las evidencias observacionales de cambio en distintos sistemas naturales, resultado de la modificación antropogénica de la composición atmosférica, son contundentes y que sus riesgos asociados serán mayores a lo previamente establecido o estarán presentes para aumentos menores de temperatura, las políticas internacionales no han acordado y comprometido los umbrales máximos de concentraciones de GEI por debajo de los cuales la sociedad mundial tendría que mantenerse. Todo ello, pese a que el objetivo último de la Comisión Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) es la estabilización de las concentraciones en niveles seguros.

El Protocolo de Kioto, único mecanismo jurídicamente vinculante en el tema, cuya vigen-

cia terminó en 2012, estableció metas en las reducciones para países industrializados (5.2 % en promedio respecto de 1990), muy por debajo de las sugeridas por la comunidad científica necesarias para contener el aumento de la temperatura media mundial debajo de 2°C (que tendrían que ser de entre 50 y 85 % para 2050 respecto de las emitidas en el año 2000, según el PICC). La actual indefinición y tardanza de nuevos compromisos, cuestiona de fondo el sistema multilateral que está poniendo en peligro el futuro de centenares de millones de personas. Por si lo anterior no fuera lo suficientemente preocupante, el mercado de emisiones de GEI, principal herramienta promovida por el Protocolo de Kioto para reducir las emisiones, es totalmente cuestionable a la luz de la revisión del mercado de emisiones europeo, el cual en sus dos primeras fases de operación (2005-2012) no redujo las emisiones absolutas del bloque europeo básicamente debido a la sobre asignación de permisos y a la posibilidad de traspasar a otros lugares las reducciones.

El amplio consenso internacional que se refleja en la gran cantidad de países que suscriben el Protocolo de Kioto –pese a la gran ausencia de Estados Unidos y China, principales emisores mundiales de GEI–, no sólo no ha logrado revertir la tendencia mundial creciente de emisiones, sino que en la década 1995-2004 duplicó la velocidad de su emisión (en comparación con el periodo 1970-1994), por lo que un escenario de estabilización de las concentraciones en la actualidad, parece inalcanzable y con ello toda la política internacional fracasa en su objetivo central.

La transformación de la matriz energética mundial (basada en 81 % en combustibles fósiles en 2010), responsable de la mayor cantidad de las emisiones de GEI, así como la creciente ineficiencia energética que produce más emisiones por unidad de energía están ineludiblemente en el centro del problema, y de su solución.

A más de 20 años de la firma de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1992), México ha sobresalido a nivel internacional dentro de los países no

pertenecientes al anexo 1 por la elaboración de 5 Comunicaciones e Inventarios Nacionales de GEI ante la CMNUCC, la participación activa en las Conferencias de las Partes, entre las que destaca la COP 16 de Cancún donde la delegación nacional fue anfitriona e hizo la propuesta de la creación del Fondo Verde, así como la gestión y obtención de los préstamos internacionales más altos para financiar esfuerzos en materia de cambio climático. Esta gran actividad en materia de cambio climático a nivel internacional se enmarca dentro de una política exterior de firma de tratados, convenciones y acuerdos, muchos de ellos en materia ambiental (cerca de 100 para 2007).

Aunque el desarrollo de políticas públicas a nivel nacional es más reciente y no tan destacado como a nivel internacional, paulatinamente el Estado mexicano ha desarrollado las instituciones e instrumentos para enfrentar el cambio climático, siendo la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) la máxima instancia de decisión dentro del gobierno federal, conformada por representantes de siete Secretarías de Estado, la cual es responsable de la formulación y coordinación de las políticas públicas en la materia, así como del seguimiento de los compromisos internacionales. Mientras que el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) es el instrumento más desarrollado, en donde se establecen para el corto plazo los objetivos y metas, estableciendo dependencias responsables, plazos de cumplimiento y cuantificación de reducciones, la vigencia del PECC concluyó en 2012, por lo que es de esperarse su próxima actualización.

El análisis de los objetivos generales –porque enmarcan a todas las acciones particulares– presentes en los documentos de política pública muestra un desarrollo contradictorio.

Por un lado, a nivel internacional México se dice dispuesto a la adopción de un acuerdo post-Kioto con metas de reducción más amplias y que incorpore a países en desarrollo. Mientras que los objetivos en lo referente a los niveles de estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera y el consiguiente aumento de la temperatura media mundial, han sido

sucesivamente planteados a la baja, estableciendo en la ENACC (2007) un umbral de 550 ppm de CO₂ e que en el PECC (2009) se convirtió a 450 ppm de CO₂ e (equivalentes a un aumento de 2°C según lo reportado por el PICC); del mismo modo la meta de reducir en 50 % las emisiones nacionales para el año 2050 (respecto de las emitidas en 2000), se ha mantenido, aunque los plazos se han vuelto más ambiciosos, ya que el PECC establece que en 2020 se alcanzarían reducciones del 20 % y la Ley General de Cambio Climático (2012) establece que serán del 30 % para ese mismo año. El principio progresivo –establecido en la Ley–, impide que las actualizaciones de la política pública menoscaben lo previamente establecido, es ejemplo paradigmático de un discurso progresista en materia de cambio climático.

En contraposición a lo anterior, los compromisos de reducción de emisiones establecidos en el PECC son mucho menores que las oportunidades de mitigación detectadas en documentos oficiales previos, no sólo en términos absolutos, sino en la diversidad de opciones. Sobresalen los nulos compromisos para el sector industrial y los muy limitados para los sectores agrícola y desechos. La meta de reducción de 30 % para 2020 de las emisiones nacionales, implica que el pico de emisiones nacionales necesariamente tiene que ocurrir durante los primeros años de década actual (2010-2015), la tendencia nacional no apunta en esa dirección. Las reducciones del 6 % comprometidas para 2012 (respecto de la línea base estimada para ese año), suponiendo que fueron cumplidas siguen estando por arriba (14 %) de lo emitido en el año 2000.

El contrasentido explicado en los párrafos anteriores se neutraliza como sigue: los compromisos ambiciosos por parte del gobierno mexicano, no dependen en última instancia de él mismo, sino de un régimen internacional que “disponga de mecanismos de apoyo financiero y tecnológico por parte de países desarrollados hacia países en desarrollo”, por lo que estamos ante metas aspiracionales y límites ideales que podrían parecer alentadores –dadas las dificultades mundiales de actuar de manera consensuada en el tema–, más que ante compromisos

efectivos.

El objetivo principal de la política pública en la materia es desacoplar el crecimiento y el desarrollo económico de la intensidad de carbono (entendida esta como el cociente entre las emisiones de GEI y la magnitud de la economía que las genera, expresada como Producto Interno Bruto), según cifras oficiales este último indicador tiene una ligera tendencia a la baja, mientras que el PIB tiene una tendencia creciente y por ende se afirma que el objetivo se ha venido cumpliendo. Sin embargo, esta afirmación nos parece parcial y errónea. Parcial, porque un análisis de datos muestra que durante las últimas dos décadas (1990-2010) ha ocurrido una ineficiencia creciente en términos de emisiones de CO₂ generadas por unidad de energía, al menos en lo referente al consumo de combustibles fósiles y la intensidad de carbono no incorpora criterios energéticos que son los más relevantes, además la estabilización y posterior descenso de las emisiones de GEI plantea no sólo un desacoplamiento con respecto al PIB, sino una dinámica decreciente en términos absolutos y no relativos. Lo que vuelve francamente errónea la afirmación oficial acerca de la descarbonización de la economía nacional, es el considerar al PIB como un indicador adecuado para reflejar la situación económica, que más allá de la magnitud de capitales, no refleja la cualidad de esos capitales para satisfacer las necesidades de la población. Los datos económicos son contundentes en relación a la importación creciente de productos agrícolas e industriales, los cuales son bienes de consumo necesarios para la reproducción de la sociedad mexicana y cuyas emisiones de GEI no son contabilizadas dentro del total nacional. Por lo tanto, la intensidad de carbono no considera de manera integral las emisiones de GEI asociadas con la totalidad de la vida económica nacional.

La evolución de la tendencia nacional de emisiones entre 1990-2010 ha mantenido una trayectoria creciente que, sin embargo presenta características específicas en cada sector. El predominio del sector energético, sector contribuyente con el 67% de las emisiones de

GEI en 2010, explica en gran medida la tendencia nacional, primero porque se consume más ineficientemente la energía en cuanto a las emisiones de CO₂ que genera y segundo, por el incremento en la producción y consumo nacionales de energía. La contribución de los sectores industriales y desechos, si bien en términos absolutos es mucho menor, 8 y 6 % respectivamente, tiene la peculiaridad de presentar las más altas tasas de crecimiento desde 1990 (103 y 167 % respectivamente), lo cual en el sector industrial indica una concentración de emisiones contaminantes en las pocas industrias que subsisten en el territorio nacional como la cementera, minera y de refrigeración, mientras que en el sector desechos está asociada a la proliferación de sitios de disposición final en el suelo y a la generación y tratamiento de aguas residuales. El sector agricultura, uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura es el único que tiene una tendencia decreciente entre 1990-2010, debido principalmente a la reducción del 56 % en la tasa nacional de deforestación (sin considerar la tala ilegal) y a la estabilización de las emisiones relativas al uso agrícola de los suelos.

La atención que las políticas públicas tienen respecto de las distintas categorías de emisión/absorción requiere de su jerarquización por orden de importancia, el PICC ha propuesto la construcción metodológica de las *categorías principales*, ejercicio que está ausente en los documentos oficiales. A partir del doble análisis realizado de acuerdo a la contribución absoluta y al crecimiento relativo, se encuentra que gran parte de las categorías de mayor crecimiento pertenecen también al conjunto de las más contaminantes en el total nacional. Este traslape permite identificar cuáles son las categorías que requieren de mayores esfuerzos dentro de las políticas públicas, entre las que destacan por orden de importancia: el transporte, las industrias de la energía, las emisiones fugitivas, los productos minerales, la disposición final de residuos y el tratamiento de aguas residuales. Dentro de las cuales, las tres primeras suman más del 50 % de las emisiones nacionales en 2010.

Como parte del análisis sectorial presentado en el capítulo 2, se han revisado algunas

tecnologías mediante las cuales se implementan las políticas públicas, encontrando dos resultados diferentes.

Por un lado, las tecnologías positivas, que son tecnologías comprobadas internacionalmente por sus ahorros en recursos naturales y que adicionalmente son costo-efectivas para el caso nacional, tal es el caso de la cogeneración. Misma que no han sido introducida como diversos estudios oficiales e independientes sugieren, inclusive, con el paso del tiempo los compromisos de participación de esta tecnología son cada vez más reducidos y en muchos casos, ni siquiera cumplidos.

Por otro lado, las tecnologías negativas, cuyo fundamento científico indica su no aplicabilidad en materia de emisiones de GEI y por tanto de cambio climático, porque promueven la concentración y maximización de compuestos tóxicos y la consiguiente contaminación, tal es el caso de las presas hidroeléctricas, el manejo de residuos en digestores en grandes granjas animales, la quema de gases industriales y los rellenos sanitarios. En el caso de las tecnologías anteriores, exceptuando las presas, no es utilizado el potencial energético de los gases acumulados o quemados, lo que vuelve aun más reprochable a dichas tecnologías.

Un rasgo característico de las tecnologías que aquí caracterizamos como negativas es que promueven la centralización o concentración, ya sea de los residuos sólidos, de la producción de carne, de la producción de metano o HFC-23, todas ellas producciones centralizadas que luego, forzosamente implican mayores costos energéticos por transporte y en algunos casos, por refrigeración. Por lo que inciden nuevamente de manera negativa con el cambio climático, por su fomento al transporte y a la refrigeración, que son categorías principales dentro del inventario nacional.

Dentro de estas tecnologías que caracterizamos como negativas, es relevante señalar que están dentro de este grupo los proyectos impulsados como Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), mecanismo de compensaciones avalado por el Protocolo de Kioto, al menos en la

experiencia mexicana, estos proyectos no responden a sus objetivos de incidir en sectores estratégicos y actividades prioritarias para el país, ni a la transferencia de tecnologías adecuadas. Sobresalen los nulos proyectos MDL relativos a energías renovables como la solar, geotérmica o maremotriz, indicando más bien que este esquema de desarrollo es proclive a impulsar las reducciones más baratas que no conllevan desarrollo tecnológico y en la mayoría de los casos, tienen altos costos ambientales. Este tipo de proyectos ya han sido referidos y cuestionados por comités internacionales como “incentivos perversos”.

El análisis de la tecnología positiva y del gran cúmulo de tecnologías negativas muestra que las políticas públicas nacionales carecen de asesoría científica multidisciplinaria que evalúe de manera integral su implementación para las condiciones específicas del país. La revisión de diversos estudios independientes, tanto internacionales como nacionales, muestra que México tiene un potencial real de disminución en sus emisiones de GEI a la atmósfera, mucho más amplio del reconocido oficialmente. Adicionalmente, algunos estudios indican las opciones de mitigación que son costo-efectivas y que podrían ser parte de las políticas gubernamentales. Se hace evidente la necesidad de un diálogo constructivo entre la comunidad científica nacional y las instancias de gobierno en materia de cambio climático.

Para concluir el balance sobre las tecnologías y su relación con el cambio climático, consideramos que la mitigación de emisiones debe centrarse en la transformación de la matriz energética nacional, con énfasis en el cambio de las tres siguientes categorías principales: transporte, industrias de la energía y emisiones fugitivas, en particular la categoría de industrias de la energía deberá diversificar sus fuentes con base a energías renovables. La atención focal que requiere el sector energético, no deberá excluir medidas y regulaciones en los demás sectores, como el industrial y de desechos que necesitan de estándares ambientales más altos y obligatorios, así como de la supervisión gubernamental que los vuelva efectivos. En este sentido, nos parece pertinente subrayar los resultados del PICC en su Cuarto Reporte de Eva-

luación, que reconoce que hay grandes incertidumbres con respecto a la contribución futura de diferentes tecnologías, aunque, todos los escenarios de estabilización evaluados coinciden en que entre el 60 y el 80 % de las reducciones a lo largo del siglo XXI provendrán del suministro y utilización de energía y de los procesos industriales. Cualquier política pública sobre cambio climático que no se oriente a la reorganización del sector energético e industrial, fallará en su cometido.

Es reconocido tanto por el discurso oficial mexicano, como por amplios sectores académicos nacionales e internacionales, que el cambio climático abre la posibilidad de generar políticas públicas que permitan sinergias positivas con otras prioridades de desarrollo. Se han propuesto cuatro prioridades nacionales (ver tabla 3.1), de las muchas que existen en un país como México, que de alguna manera están presentes en los documentos oficiales y han sido retomadas por considerar que permiten una evaluación de la integralidad de la política pública ó en su caso, de las deficiencias que tendrán que ser subsanadas.

La soberanía energética, entendida como la seguridad energética garantizada en la escala nacional y en función de intereses democráticos, está cuestionada en la medida en que la exportación de petróleo (aproximadamente la mitad de la producción nacional) no ha sido acompañada de una transformación de la matriz energética nacional, que permita la diversificación y descentralización de nuevas fuentes renovables de energía que permitan garantizar la sustentabilidad en el largo plazo. Esta lógica de exportación de petróleo crudo, en un contexto mundial de escasez del recurso, contraviene el principio de racionalización de los recursos naturales, además de propiciar mayor contaminación atmosférica y en última instancia contradice los objetivos de mitigación asumidos por el gobierno federal.

Asumir la soberanía energética en el contexto de cambio climático requiere ineludiblemente la transformación de la matriz energética nacional, es decir, la diversificación y descentralización de nuevas fuentes de energía renovable, así como el tránsito hacia un uso

racionalizado de los hidrocarburos, que limite las exportaciones y el consumo interno en sectores derrochadores.

La soberanía alimentaria, entendida como la capacidad de autoabasto a escala nacional, es una de las prioridades que más claramente están en riesgo. Entre 1986 y 2007 la producción nacional de los principales alimentos vegetales se desplomó: arroz (-38 %), trigo (-44 %) y frijol (-5 %), al mismo tiempo que aumentó la masa de importaciones: maíz (+79 %), arroz (+205 %) y trigo (+202 %), aunque la frontera agrícola se extendió en 12 %. El contexto del cambio climático posibilita el replanteamiento de la agricultura mexicana incorporando dentro de la política pública el manejo de suelos que reincorpore carbono (materia orgánica) a los mismos, y desincentive el uso de fertilizantes nitrogenados, reduciendo así las emisiones de este sector y que en el largo plazo convierta a la agricultura y los suelos en un sumidero neto de carbono, de manera simultánea en que se reorienta la producción de granos básicos a la satisfacción de la demanda nacional. La preservación de la biodiversidad agrícola, en particular de las variedades criollas, es una estrategia básica de adaptación en el contexto de un clima cambiante.

La procuración de un medio ambiente sano para toda la población, es un reto enorme que tiene que ser asumido por el estado mexicano. El análisis sectorial realizado indica que en los sectores industrial y de desechos han crecido velozmente en las últimas décadas, aumentando los niveles de contaminación en sus emplazamientos, y por lo tanto, volviendo urgentes regulaciones más estrictas y efectivas que impidan daños al ambiente. Si bien, se ha logrado una drástica reducción en la tasa de deforestación, México sigue estando entre los países de mayor deforestación a nivel mundial. Se vuelve más vigente que nunca el mantenimiento de los servicios ecosistémicos (captura de agua y carbono, preservación de la biodiversidad) atendiendo a las causas estructurales que han promovido su deterioro, más que al pago ínfimo de estos servicios ambientales en desconexión con las necesidades de las poblaciones humanas

que habitan esos territorios.

En referencia a la soberanía económica, quizá la prioridad de desarrollo nacional más importante, puede decirse que el cambio climático indica la necesidad de creación de nuevos productos como toda clase de tecnologías renovables, productos reciclados, más eficientes, más durables, etc., los cuales posibilitan la generación de riqueza y la apertura de mercados internos que generen empleos dignos. El crecimiento *per se* del PIB nos parece un mal indicador de la vida económica nacional, en tanto no mide el *cómo* se desarrolla la economía, sino sólo el *cuánto*.

Consideramos que la política pública nacional sobre cambio climático no ha desarrollado las convergencias latentes con las prioridades nacionales de desarrollo aquí planteadas, lo cual ha limitado los resultados en materia de emisiones de GEI y de generación de bienestar para la población mexicana.

Bibliografía

- [1] Steffen W., Sanderson A., Tyson P.D., Jäger J., Matson P.A., Moore III B., Oldfield F., Richardson K., Schellnhuber H.J., Turner B.L., y Wasson R.J. *Global Change y the Earth System. A planet under pressure*, págs. 336. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
- [2] Syvitski J. Anthropocene: An epoch of our making . *Global Change*, (78):12–15, marzo 2012.
- [3] Core Writing Team, Pachauri R.K., y Reisinger A. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II y III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, págs. 104. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.
- [4] D. Rind. Complexity y Climate. *Science*, 284:105–107, abril 1999.
- [5] Alley R. B. Ice-core evidence of abrupt climate changes . *PNAS*, 97(4):1331–1334, 2000.
- [6] Steffen W., Andreae M. O., Bolin B., Cox P. M., Crutzen P. J., Cubasch U., Held H., Nakicenovic N., Scholes R. J., Talaue-McManus L., y Turner B. L. Abrupt Changes. The Achilles' heels of the Earth Systema. *Environment*, abril 2004.

- [7] Martens W. J. M. y J. Rotmans. *Climate Change: An Integrated Perspective*, Volumen I, Capítulo 4: Global Biogeochemical Cycles. Boston Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [8] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. *Declaración de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, págs. 26. Naciones Unidas, 1992.
- [9] Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., y Miller H. L. (eds). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, UK, 2007.
- [10] Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van del Linden P.J., y Hanson C.E. (eds). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation y Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, UK, 2007.
- [11] Metz B., Davidson O.R., Bosch P.R., Dave R., y Meyer L.A. (eds). *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, UK, 2007.
- [12] Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. *Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo*, 1992.
- [13] Lohman Larry (ed). *El mercado de emisiones. Cómo funciona y por qué fracasa*, págs. 129. Carbon Trade Watch, 2010.

- [14] IPCC. *IPCC Second Assessment Report. Working Group II: Impacts, Adaptations y Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. IPCC, Geneva, Switzerland, 1995.
- [15] European Commission. The EU Emissions Trading System (EU ETS). *Climate Action*, 2013.
- [16] European Environment Agency. Application of the Emissions Trading Directive by EU Member States. Reporting year 2008. EEA, Copenhagen, 2008.
- [17] Reyes O. EU Emissions Trading System: failing at the third attempt. *Carbon Trade Watch*, Abril 2011.
- [18] Pearson A. y Worthington B. *ETS S.O.S: Why the flagship 'EU Emissions Trading Policy' needs rescuing*. Sandbag, Londres, julio 2009.
- [19] Kanter J. Do Carbon Offsets Cause Emissions to Rise? *New York Times*, 8/mayo/2009.
- [20] FERN. Reducing emissions or playing with numbers? *EU Forest Watch*, marzo 2009.
- [21] Elsworth R. y Worthington B. *International Offsets y the EU 2009. An update on the usage of compliance offsets in the EU Emissions Trading Scheme*. Sandbag, Julio 2010.
- [22] European Commission. *Emissions trading: Commission welcomes vote to ban certain industrial gas credits*, Brussels, 21 de enero 2011.
- [23] World population, <http://www.worldometers.info/world-population>. Consultado el 16 de febrero del 2013.
- [24] Kerschner C., Bermejo R., y Olaizola I. A. Petróleo y carbón: del cenit del petróleo al cenit del carbón. *Ecología Política*, (39), 2010.

- [25] Agencia Internacional de Energía. *Key World Energy Statistics 2012*. AIE, París, Francia., 2012.
- [26] Agencia Internacional de Energía. *CO₂ Emissions from fuel combustion. Highlights 2012*. AIE, París, Francia., 2012.
- [27] Pulver S. Climate politics in Mexico in a North American perspective. *The Canada Institute of the Woodrow Wilson International Center for Scholars*, 2007.
- [28] Poder Ejecutivo Federal. *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*, págs. 323. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2012.
- [29] Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. *Estrategia Nacional de Cambio Climático. Síntesis Ejecutiva*, págs. 16. SEMARNAT, 2007.
- [30] Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*, págs. 98. CICC, 2009.
- [31] Sheinbaum P. C. *Evaluación del Programa Especial de Cambio Climático para escenario de emisión y mitigación de gases de efecto invernadero en la categoría de energía*. Informe final que presenta el Instituto de Ingeniería de la UNAM al Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM, págs. 42, diciembre 2011.
- [32] Poder Ejecutivo. *Ley General de Cambio Climático*, págs. 30. Diario Oficial de la Federación, 06/junio/2012.
- [33] Secretaría de Energía. *Estrategia Nacional de Energía 2012-2026*, págs. 178. SE, 2012.
- [34] ONU-Habitat. *Estado de las Ciudades de América Latina y El Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana*, págs. 194. Programa de las Naciones Unidas para asentamientos Humanos, 2012.

- [35] Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010*, págs 189-246 en México Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. CICC, 2012.
- [36] Agencia Internacional de Energía. *CO₂ Emissions from fuel combustion. Highlights*, págs. 123. OCDE-AIE, 2011.
- [37] Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. *México Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, págs. 274. INE-SEMARNAT, 2009.
- [38] Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. *México Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, págs. 399. INECC-SEMARNAT, 2012.
- [39] Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., y Tanabe K. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. IPCC, 2006.
- [40] PEMEX. Declinación en producción. <http://www.pemex.com/index.cfm>. Consultado el 10 de enero del 2013.
- [41] Rijsberman F.R. y R.J. Swart (eds). *Targets y Indicators of Climatic Change*. The Stockholm Environment Institute, 1990.
- [42] Hansen J., Sato M., Kharecha P., Beerling D., Berner R., Masson-Delmotte V., Pagani M., Raymo M., Roger D. L., y Zachos J. C. Target Atmospheric CO₂: Where Should Humanity Aim? *Open Atmos. Sci. J.*, 2:217–231, 208.

- [43] CNN México. Declaración del Dr. Mario Molina. <http://mexico.cnn.com/nacional/2010/08/02/>. Consultado el 10 de enero del 2013.
- [44] Instituto Nacional de Ecología. *Estrategia Nacional de Acción Climática*, págs. 220. SEMARNAP, 2000.
- [45] Luis Miguel Galindo (Coord). *La Economía del Cambio Climático*, págs. 443. SEMARNAT, 2010.
- [46] Secretaría de Energía. Sistema de Información Energética. <http://sie.energia.gob.mx>. Consultado el 11 de febrero del 2013.
- [47] Agencia Internacional de Energía. *Co-generation y Renewables. Solutions for a low carbon energy future*, págs. 31. OCDE-AIE, París, Francia., 2011.
- [48] Secretaría de Energía. *Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025*, págs. 227. Secretaría de Energía, 2010.
- [49] McCully Patrick. *Ríos Silenciados. Ecología y política de las grandes represas*, págs. 450. Proteger Ediciones, 2004.
- [50] Watersheds of the World. Methodology y Technical Notes, <http://www.iucn.org/themes/wani/eatlas/html/technotes.html>. Consultado el 30 de septiembre del 2012.
- [51] World Commission on Dams. *Dam Reservoirs y Greenhouse Gases. Report on the Workshop Held on February 24 & 25*. Hydro-Quebec, Montreal, 2000.
- [52] International Rivers. Dirty Hydro: Dams y Greenhouse Gas Emissions. *International Rivers*, noviembre, 2008.

- [53] Guerin F. Nitrous Oxide Emissions from Tropical Reservoirs. *Geophysical Research Letters*, 35, 2008.
- [54] E Sikar. Greenhouse Gases y Initial Findings on the Carbon Circulation in Two Reservoirs y their Watersheds. *Verh. Internat. Verein. Limnol*, 29, 2005.
- [55] Hendzel L. L. Nitrous Oxide Fluxes in Three Experimental Boreal Forest Reservoirs. *Environmental Science & Technology*, 39(12), 2005.
- [56] Lima I.B.T. Methane Emissions from Large Dams as Renewable Energy Sources: A Developing Nation Perspective. *Mitigation y Adaptation Strategies for Global Change*, 13, 2008.
- [57] Comisión Federal de Electricidad. <http://www.cfe.gob.mx/yesca/es/InformacionBasica/> Consultado el 31 de septiembre del 2012.
- [58] Comisión Federal de Electricidad. <http://www.cfe.gob.mx/yesca/es/InformacionTecnica/> Consultado el 31 de septiembre del 2012.
- [59] Calva J. L. (Coord). *Política Industrial Manufacturera*, Agenda para el desarrollo No.7, Capítulo: Evolución estratégica de la manufactura y nueva organización económica nacional. Problemas y desafíos para el desarrollo manufacturero en México. UNAM, 2007.
- [60] Calva J. L. La economía mexicana en perspectiva. *Economía UNAM*, 1(001), 2004.
- [61] Industria mexicana trabaja a 70 % de su capacidad: Concamin. Revista Proceso, 17/febrero/2012. <http://www.proceso.com.mx/?p=298593>. Consultado el 18/02/2013.
- [62] Poder Ejecutivo Federal. *Decreto de creación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático*. Diario Oficial de la Federación, 25/abril/2005.

- [63] Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., y de Haan C. *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones*, págs. 464. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009.
- [64] Bouwman A.F. y van Vuuren D.P. Global assessment of acidification y eutrophication of natural ecosystems. *RIVM report 402001012*, 1999.
- [65] Ochoa Calderón Víctor. *Programa Veracruzano ante Cambio Climático 2009*, Anexo 5: Proyecto MDL de Granjas Carroll de México. Gobierno del Estado de Veracruz, 2009.
- [66] Comisión Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. *Approved baseline y monitoring methodology AM0001: Decomposition of fluorofom (HFC-23) waste streams*. CDM – Executive Board.
- [67] FAO. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 2010.
- [68] El suelo y la producción agropecuaria.
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Paginas/CambioClimatico.aspx>. Consultado 18/febrero/2013.
- [69] Santos Baca Andrea. *Efectos de la apertura comercial de la economía mexicana en el consumo de alimentos en los hogares urbano-populares, 1992-2010*. Tesis de maestría, FLACSO-México, 2012.
- [70] Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera.
<http://www.siap.gob.mx/index.php>. Consultado el 18/febrero/2013.
- [71] Comisión Nacional Forestal. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009*. CONAFOR, 2012.

- [72] Comisión Nacional Forestal. *Logros y perspectivas del desarrollo forestal en México 2007-2012*. CONAFOR, 2012.
- [73] Comisión Nacional Forestal. *Bosques, cambio climático y REDD+ en México. Guía básica*. CONAFOR, 2012.
- [74] Banco Mundial. *Proyecto sobre Bosques y Cambio Climático*. Informe No.: 65959-MX, 21 de diciembre del 2011.
- [75] Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. *El ambiente en números*. SEMARNAT, 2012.
- [76] Sheinbaum P. C. y Masera O.R. Mitigating carbon emissions while advancing national development priorities: The case of Mexico. *Climate Change*, 47:259–282, 2000.
- [77] Areas Naturales Protegidas. <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/> Consultado el 16/febrero/2013.
- [78] Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre.
<http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Paginas/umas.aspx>
Consultado el 16/febrero/2013.
- [79] SEMARNAT. *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales*, Capítulo 7: Residuos. SEMARNAT, 2008.
- [80] BID-OPS. *Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y El Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C., 1997.
- [81] Centro Mario Molina. Informe del Sector Residuos. Centro Mario Molina, marzo 2008.

- [82] Comisión Nacional del Agua. *Atlas del agua en México 2012*. CONAGUA, 2012.
- [83] Comisión Nacional del Agua. *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2010*. CONAGUA, 2010.
- [84] Rellenos sanitarios deben desaparecer: investigadores, Periódico La Jornada, 29/enero/2008.
- [85] Arvizu Fernández J. L. Energía a partir de la basura. *Boletín IIE*, noviembre/diciembre 1997.
- [86] El-Fadel M., Findikakis A. N., y J. O. Lackie. Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling. *Journal of Environmental Management*, 50:1–25, 1997.
- [87] Rachel's Environment & Health News. New Evidence That All Landfills Leak. Environmental Research Foundation, diciembre 1992.
- [88] Fielder H. M. P., Poon-King C. M., Palmer S. R., Moss N., y Coleman G. Assessment of impact on health of residents living near the Nant-y-Gwyddon landfill site: retrospective analysis. *BJM*, 320:19–23, 2000.
- [89] Johnson T. M., Alatorre C., Romo Z., y Liu F. *Mexico: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)*. Banco Mundial, Washington, D.C., 2009.
- [90] Secretaría de Energía. *Prospectiva del Mercado de Petróleo Crudo 2010-2025*, págs. 175. SE, 2011.
- [91] Jong B. H., Masera O., Olgún M., y Martínez R. Greenhouse gas mitigation potential of combining forest management y bioenergy substitution: A case study from Central Highlands of Michoacan, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 242:398–411, 2007.

- [92] Barreda A. (Coord). *Evaluación de los impactos de los residuos sólidos bajo cambio climático en la Ciudad de México*. Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México, 2009.
- [93] Denison R. A. Environmental life-cycle comparisons of recycling, landfilling, and incineration: A Review of Recent Studies. *Annu. Rev. Energy Environ.*, 21:191–237, 1996.