



BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA Y SU RELACIÓN CON EL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES

Verónica Irastorza Trejo^[1]
y Ximena Fernández Martínez^[2]

El sector energético es responsable de más de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo.^[3] En México, la industria generadora de energía, las emisiones fugitivas de combustibles y el uso de combustibles fósiles en la industria, el transporte y otros sectores aportaron 60.4% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el 2006 al sumar 430 millones de toneladas de CO₂ eq. Este documento presenta cifras al respecto del Inventario nacional de emisiones (2006) y del Balance nacional de energía (2008).

Palabras clave: cambio climático, energía, emisiones, inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero, balance de energía.

[3] AIE. *World Energy Outlook 2009*, p. 168.

The energy sector is responsible for more than half of the greenhouse gas (GHG) emissions in the world. About 60.4% of the total 2006 GHG emissions in Mexico were related to energy generation, fugitive emissions of fuels and use of fossil fuels in the industry, transport and other sectors.

The National Greenhouse Gas Inventory takes the information from the National Energy Balance to calculate the emissions of the energy sector. The last edition of the Inventory is from 2006, while the latest Energy Balance is for 2008. For that reason, both data sets are presented on this essay.

Keywords: climate change, energy, emissions, greenhouse gas inventory, energy balance.

[1] Maestra en Políticas Públicas y licenciada en Economía. Directora general de Planeación Energética en la Secretaría de Energía. Fue consultora en temas de energía con la empresa de consultoría económica NERA en Estados Unidos de América y sobre asuntos de política pública y regulación en el sector energético y de agua en varios países, como: Canadá, España, Honduras, Irlanda, Japón y México. Ha publicado en *Energía a Debate* y en el *Electricity Journal* (virastorza@energia.gob.mx).

[2] Maestra en Estadística y Econometría por la Universidad de Essex del Reino Unido y actúa por el ITAM. Directora de Formulación de Balances y Anuarios de la SENER y es responsable de la elaboración del *Balance nacional de energía*, de las estadísticas energéticas y de la coordinación del proyecto Indicadores de Eficiencia Energética. Fue subdirectora de Metodologías de Ajuste Estacional en INEGI.

Introducción

El desarrollo del sector energético está íntimamente ligado con el crecimiento económico y social en nuestro país, ya que la energía es insumo en todos los sectores de la economía, por ejemplo: para el transporte de personas y mercancías, la producción de manufacturas y el funcionamiento de establecimientos comerciales, de servicios, fábricas y hogares. La importancia que tiene en las finanzas públicas y en el comercio exterior también lo convierte en una instancia estratégica.

Asimismo, este sector juega un papel fundamental en la problemática de cambio climático. En el 2006, la categoría *energía* aportó aproximadamente un 61%^[4] de las emisiones totales de GEI en México, dentro de la cual, la industria generadora de la energía emitió 21% de los GEI (ver figura 1).

Es por ello que hoy estamos ante el reto de continuar con el crecimiento económico, al mismo tiempo que reducimos nuestras emisiones. En el sector energético, esto se puede lograr haciendo más eficiente la producción y el uso de la energía. Otro camino es fomentar el aprovechamiento de fuentes menos contaminantes o energías limpias.

[4] INE-SEMARNAT (2006). Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

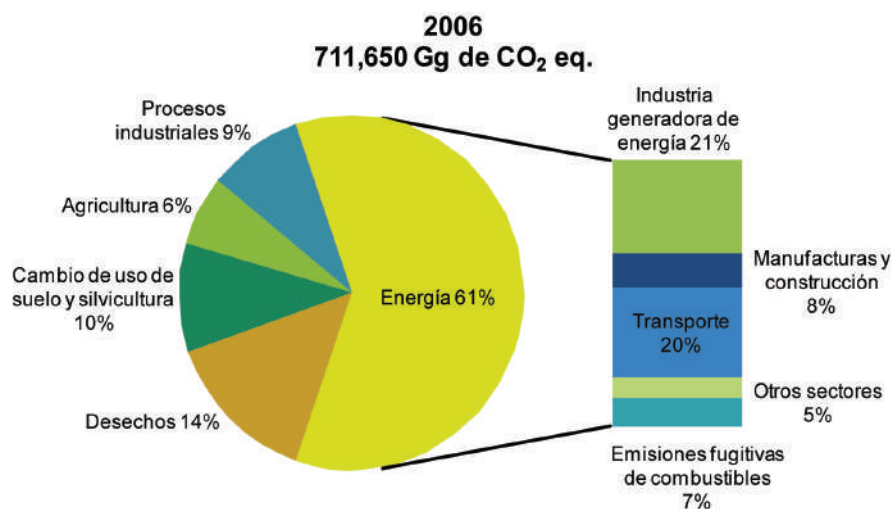
Este trabajo presenta las principales estadísticas energéticas de oferta y demanda, las cuales son el principal insumo para el cálculo de emisiones del sector energético. En la primera sección se muestran los objetivos del *Balance nacional de energía* (BNE) y se describen a detalle las fuentes y flujos considerados en él; en el segundo apartado se exponen tanto los retos como las estrategias que existen en la recopilación e integración de las estadísticas energéticas, así como las principales fuentes de información del *Balance*; en la sección número tres se presenta brevemente cómo es que a partir de las estadísticas del BNE se estiman las emisiones de este sector; el desempeño de los principales flujos de la oferta y demanda de energía durante el periodo 1990 a 2008, junto con sus emisiones, se analiza en la cuarta sección; por último, se dan las conclusiones y recomendaciones.

1. Balance nacional de energía

Es un documento que presenta las estadísticas energéticas a nivel nacional sobre el origen y destino de las fuentes primarias y secundarias de energía para un periodo determinado.

Uno de sus principales objetivos es ofrecer información útil y comparable a nivel nacional e internacional para el análisis del desempeño

Figura 1
Total de emisiones de GEI en México^a 2006



^a Un gigagramo (Gg) equivale a mil toneladas.

Fuente: INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

del sector energético y el diseño, formulación e implantación de políticas públicas en la materia. Además, proporciona herramientas que permiten tanto medir los impactos ambientales asociados a la generación y consumo de energía como monitorear el mejor aprovechamiento de la misma para garantizar la competitividad del sector y el desarrollo sustentable, sobre todo, considerando que el sector energético es el mayor contribuyente de GEI de nuestro país.

a. Fuentes de energía

El BNE considera fuentes de energía primaria y secundaria. La primera comprende aquellos productos energéticos que se obtienen directamente de la naturaleza o con un procesos de extracción, como: carbón mineral, petróleo crudo, condensados, gas natural, nucleenergía, hidroenergía, geoenergía, energía eólica, bagazo de caña y leña; la segunda se obtiene mediante la transformación de las fuentes primarias, con características específicas para consumo final: estos derivados son el coque de carbón y de petróleo, el gas licuado de petróleo, las gasolinas y naftas, los querosenos, el diésel, el combustóleo, los productos no energéticos, el gas seco y la electricidad.

A su vez, las fuentes primarias y secundarias se pueden clasificar en renovables y no renovables (ver figura 2): las primeras se definen como la energía disponible a partir de procesos permanentes y naturales, con posibilidades técnicas de ser

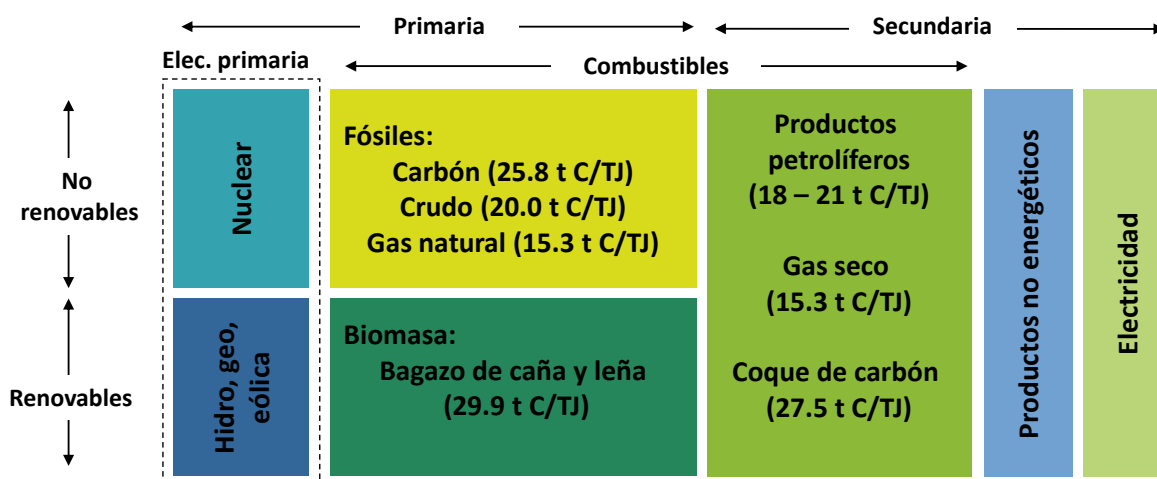
explotadas económicamente; las principales fuentes que se consideran en el BNE son la hidroenergía, la geoenergía, la energía eólica y la solar (éstas se aprovechan, principalmente, en la generación de energía eléctrica y en otras aplicaciones como bombeo, iluminación y calentamiento de agua). Las no renovables son aquellas que se extraen de los depósitos geológicos que se formaron a partir de biomasa y también considera los combustibles secundarios producidos con base en un combustible fósil.

b. Unidades de medida

El primer paso para la elaboración del BNE es realizar una recopilación exhaustiva de las estadísticas por fuentes de energía en sus unidades originales, por ejemplo: de masa para combustibles sólidos (toneladas, kilogramos), de volumen para líquidos y gases (barriles, pies cúbicos, litros) y de energía (kilowatt hora, calorías). No obstante, las distintas unidades en que se miden dichas fuentes de energía impiden su comparación directa, de ahí la necesidad de utilizar una homogénea que permita la integración de flujos totales de la energía para su análisis.

Siguiendo con lo establecido en el Sistema General de Unidades de Medida, el BNE utiliza el joule (J) como unidad común para medir la cantidad de

Figura 2
Fuentes de energía



*Fuente: 1996 IPCC Guidelines.

Fuente: AIE-OECD-Eurostat. *Manual de estadísticas energéticas.*

energía necesaria para mover un kilogramo a lo largo de una distancia de 1 metro, aplicando una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado.

La conversión de una cantidad de combustible expresada en sus unidades originales a joules requiere de un poder calorífico que exprese la cantidad de calor que se libera en un proceso de combustión. El BNE presenta las estadísticas en términos del poder calorífico neto (PCN), el cual excluye el calor requerido para evaporar el agua presente en el combustible o producida durante su combustión y equivale al calor del proceso de combustión que se aprovecha en la práctica. Es importante mencionar que los poderes caloríficos se obtienen mediante medición en laboratorio y varían de acuerdo con la calidad de los combustibles y a las condiciones climáticas y de almacenamiento.

Cuando la unidad original es expresada en unidades de energía, como es el caso de la electricidad, sólo se aplica el factor de conversión apropiado.

En la figura 3 se muestran los coeficientes de conversión o equivalencias utilizadas en el BNE.

Figura 3
Factores de conversión

Equivalencias de masa	
1,000 kilogramos = 1 tonelada métrica	
Equivalencias de volumen	
1 galón = 3.7854 litros	1 metro cúbico = 6.2898
42 galones = 1 barril	1 metro cúbico = 35.31467
1 barril = 158.9873 litros	
Equivalencias de energía	
1 caloría = 4.1868 joules	
1 megawatt por hora = 3,600 megajoules	
Prefijos métricos	
E Exa = 10^{18}	G Giga = 10^9
P Peta = 10^{15}	M Mega = 10^6
T Tera = 10^{12}	k kilo = 10^3

Fuente: SENER. BNE 2008.

c. Flujos de la energía

Son las etapas, actividades y eventos por los que una fuente energética debe pasar desde su origen hasta su aprovechamiento. Los principales flujos considerados en las estadísticas energéticas se presentan en la figura 4. Cabe mencionar que la contabilización de los flujos de los productos energéticos requiere de una convención práctica y una metodología que se apegue a estándares internacionales.

La *oferta interna bruta de energía* es la cantidad de energía primaria y secundaria disponible en el territorio nacional para satisfacer las necesidades energéticas en los procesos de transformación, distribución y consumo; es la suma de la producción, de otras fuentes, importación, variación de inventarios y operaciones de maquila (intercambio neto), menos la exportación y la energía no aprovechada.

La *producción* es el total de la energía extraída o capturada del subsuelo, explotada o recolectada dentro del territorio nacional. La cantidad producida de fuentes primarias de energía suele medirse cerca del punto de extracción de las reservas y excluye cualquier cantidad que no se conserva para su uso o venta; por ejemplo: en el caso del gas natural se descuenta el bióxido de carbono, el gas reinyectado y el empleado para encogimiento en compresión y transporte; para la electricidad primaria, se cuantifica el contenido calorífico del vapor que ingresa en la turbina, sin embargo, por lo general, esta cantidad no se conoce y debe estimarse (la estimación se realiza mediante un cálculo regresivo a partir de la generación bruta, con base en la eficiencia térmica de la central); medir la producción de leña tampoco es sencillo debido a que la gran mayoría proviene del auto abasto en las zonas rurales y su consumo o comercio se da de manera informal.

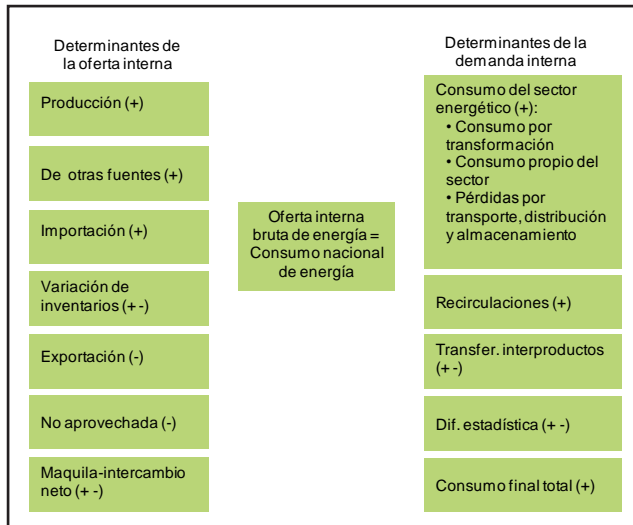
Para fines estadísticos, se asume que toda la producción es consumida y el consumo nacional se obtiene a partir de coeficientes de consumo per cápita a nivel urbano y rural, los cuales se multiplican por las poblaciones respectivas, inter y extrapoladas de los censos de población y vivienda.

El flujo de *otras fuentes* se refiere, principalmente, al gas residual utilizado para bombeo neumático^[5] y sellos en los campos productores de petróleo crudo y gas natural. También, incluye al gas de formación empleado, el cual está compuesto por el gas recirculado de formación y el de pozos de alta presión.

El *comercio exterior* considera las transacciones de combustibles que tiene México con otros países, excluyendo el comercio en tránsito. La *importación* contabiliza la cantidad de energía primaria y secundaria localizada fuera de las fronteras que ingresa al país, y la *exportación* registra la energía que se destina para su uso fuera del territorio nacional.

[5] El bombeo neumático es un sistema artificial de producción que se emplea para elevar el fluido de un pozo de petróleo mediante la inyección de gas a través de la tubería de producción.

Figura 4
Flujos de energía



Fuente: SENER. BNE 2008.

Es importante mencionar que se debe identificar la nación de origen o destino de forma precisa, ya que no siempre corresponde al país por donde ingresa o sale el combustible.

El tema *maquila-intercambio neto* registra las negociaciones especiales de México con empresas extranjeras. Mediante estas negociaciones se entrega petróleo crudo a cambio de productos petrolíferos.

Los *inventarios* permiten preservar el funcionamiento de la economía cuando la oferta difiere de la demanda, ya que cubren fluctuaciones en la producción, importaciones y/o pérdidas. Una *variación de inventarios* positiva muestra la desacumulación real en los almacenes, buques o terminales, e implica un aumento en la oferta total de energía; análogamente, un valor negativo genera una disminución en la oferta total de energía y, por lo tanto, es equivalente a una acumulación en los mismos.

La energía *no aprovechada* se refiere a aquella que, por la disponibilidad técnica y/o económica de su explotación, no es utilizada. Los derrames accidentales de petróleo, el gas natural enviado a la atmósfera y el bagazo de caña quemado en patios de almacenamiento se contabilizan dentro de este flujo.

El BNE muestra el equilibrio entre la oferta y la demanda de energía; es por ello que, la *oferta interna bruta de energía* debe ser igual al consumo nacional de energía.

La *demanda de energía* es la suma del consumo del sector energético, las recirculaciones, la diferencia estadística y el consumo final total, y es igual a la *oferta interna bruta*.

El *consumo del sector energético* incluye aquél por transformación, propio y las pérdidas. El *consumo por transformación* se refiere a la energía primaria que es convertida, por medios físicos y/o químicos, en un producto energético secundario; por ejemplo, la fabricación de coque de carbón a partir de carbón mineral en las coquizadoras. Es importante mencionar que los combustibles utilizados para generar electricidad se incluyen en este tema. El *consumo propio* del sector es la energía utilizada por el sector mismo para el funcionamiento de sus instalaciones.

En el caso del sector eléctrico, se incluyen los autoconsumos en generación, transmisión y distribución. Las *pérdidas* por transporte, distribución y almacenamiento son las mermas de energía que ocurren durante la serie de actividades que se dan desde la producción hasta el consumo final de la energía.

Las *recirculaciones* se refieren al gas seco utilizado en bombeo neumático.

Las *transferencias interproductos* son los movimientos entre fuentes de energía debidos, principalmente, a reclasificaciones o cambios de nombre; por ejemplo: el gas natural directo de campos se reclasifica en gas seco.

La *diferencia estadística* es una variable de ajuste que compensa las diferencias entre la oferta y la demanda de energía resultado de la conversión de unidades, la diferencia de mediciones en las instalaciones del sector y la información relativa a otras cuentas no detalladas anteriormente.

El *consumo final total* incluye la energía y la materia prima que se destinan a los distintos sectores de la economía para su consumo. El *Balance* considera dos tipos de consumo final:

- No energético: registra el consumo de energía primaria y secundaria como materia prima.
- Energético: se refiere a los combustibles primarios y secundarios utilizados para satisfacer las necesidades de energía de los sectores transporte, industrial, residencial,

comercial, público y agropecuario. A su vez, el sector transporte se divide en los siguientes modos de transporte: autotransporte, aéreo, marítimo, ferroviario y eléctrico. El consumo del sector industrial comprende el consumo de energía de los procesos productivos en las ramas más intensivas en uso de energía y únicamente se contabiliza el consumo de productos energéticos para su uso final sin transformación a otros productos y no se incluye el consumo para transporte (ya que éste se contabiliza en el sector transporte) ni el consumo para generación de electricidad. El sector público incluye el consumo de energía para alumbrado público, bombeo de agua potable y aguas negras y consumo eléctrico en sus instalaciones.

2. Estrategias de recopilación y fuentes de información del BNE

La integración de las estadísticas energéticas es compleja debido a las diferencias que existen en los distintos flujos de la cadena de producción y consumo, así como las especificidades inherentes a cada fuente de energía.

Aunado a esto, la liberalización de los mercados ha hecho que el número de participantes e intermediarios en la cadena productiva se incremente, lo que dificulta la integración de las estadísticas. Como resultado de lo anterior, hoy nos enfrentamos a nuevos retos al buscar mayor cobertura, exactitud, robustez y oportunidad de los datos recabados. Temas como la confidencialidad y la reserva de la información se suman al desafío.

Es por ello que, para contar con datos de calidad, deben existir canales e instrumentos adecuados que aseguren la consistencia y congruencia de los mismos. También, es importante utilizar una clasificación adecuada y definir de forma precisa cada concepto y/o flujo, siguiendo estándares internacionales.

En México, la producción de estadísticas tiene sustento legal en la *Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica*, cuyo objetivo es "...suministrar a la sociedad y al Estado información de calidad, pertinente, veraz y oportuna, a efecto de coadyuvar al desarrollo nacional..."^[6]

El Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG) coordina la participación de las distintas entidades gubernamentales en materia de recolección, producción, integración y disseminación de la información. En esta ley también se establecen los derechos y obligaciones de los informantes del Sistema, lo cual facilita y da fundamento legal a la recopilación de las estadísticas para fines del BNE. Aunado a esto, la cooperación de las distintas entidades que integran el sector es sumamente importante en la recopilación de información.

El primer paso para la integración de las estadísticas del *Balance* es identificar de forma esquemática los flujos de producción, oferta y consumo para cada producto energético. Esto permite tener una idea más clara de los procesos e identificar a los agentes involucrados.

El siguiente paso es identificar las distintas fuentes de información, las cuales se pueden agrupar en tres categorías: industria generadora de la energía, cogeneradores y autogeneradores, y consumidores de energía. Por el lado de la oferta, se tiene a la industria generadora de la energía (incluyendo a productores, distribuidores, importadores y exportadores), cogeneradores y autogeneradores y, por el lado de la demanda, están los consumidores de energía.

La oferta de energía se tiene bien caracterizada gracias a que la producción, comercio exterior y distribución de las principales fuentes de energía (hidrocarburos y electricidad) están a cargo, en su mayoría, de empresas públicas.

De forma anual, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) proporciona información relativa al balance de electricidad del Sistema Eléctrico Nacional por fuente de energía primaria y secundaria. Al cierre del año, Petróleos Mexicanos (PEMEX) entrega a la Secretaría de Energía información sobre producción, comercio exterior, variación de inventarios, energía no aprovechada, energía a transformación, consumo propio, pérdidas por transporte, distribución y almacenamiento y ventas internas de hidrocarburos. El Instituto Mexicano del Petróleo da información más detallada sobre el consumo de petrolíferos en los distintos sectores e información acerca de las actividades de oferta que realizan particulares.

[6] *Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica*. Título segundo, capítulo 1, artículo 3.

Para el carbón mineral, la CFE entrega el consumo de carbón térmico por central carboeléctrica, el poder calorífico bruto del carbón adquirido por central, la variación de inventarios por central e importaciones por país de origen y central. Por su parte, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) proporciona a la SENER información de la estadística mensual de la industria minerometalúrgica alusiva al volumen de la producción, inventarios y ventas de carbón, así como las importaciones y exportaciones del mismo.

La principal fuente de información para estimar la producción y consumo de leña es un estudio realizado por la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal en noviembre de 1988, donde se establecen los coeficientes de consumo per cápita a nivel urbano y rural. Éstos se multiplican por las poblaciones respectivas, inter y extrapoladas de los censos y conteos de población y vivienda del INEGI. Para actualizar el método de cálculo y contar con información confiable sobre la evolución del consumo de leña en México, la SENER encargó la elaboración del *Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal en México 1990-2024*, cuyos resultados serán incorporados en la siguiente edición del *Balance*.

Con base en información del *Anuario de la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica* se obtiene la producción, energía no aprovechada y consumo final no energético de bagazo de caña en los ingenios azucareros.

Por otro lado, aun cuando el número de compañías privadas que generan o producen energía es reducido, su crecimiento ha sido importante, lo cual enfatiza la necesidad de contar con información confiable y periódica por parte de ellos; por ejemplo: con el fin de obtener información relativa a la generación bruta y consumo de combustibles para generación de electricidad por central eléctrica de los productores independientes de energía con permiso de producción independiente y/o exportación, se les envía un cuestionario que se debe llenar de forma trimestral.

En lo que respecta a la generación privada de energía, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) proporciona información sobre a la capacidad instalada, autogeneración y consumo de combustibles.

Sin embargo, en cuanto al consumo final de energía, aún es necesario tener más información y estadísticas detalladas para lograr un mejor entendimiento del

uso de la energía. No obstante, la heterogeneidad de los sectores incrementa el grado de complejidad en la recopilación de información. Por ello, es preciso diseñar mecanismos y estrategias específicas para cada sector, dadas sus particularidades.

Para conocer con más detalle el consumo de energía de los distintos sistemas de transporte colectivo de pasajeros y transporte ferroviario (pasajeros y carga), se elabora un cuestionario donde, además de preguntar acerca de la cantidad de combustibles consumidos, se pregunta sobre el número de pasajeros o toneladas de carga transportada, los kilómetros recorridos por la unidades y la antigüedad de los equipos, entre otras variables.

Con el propósito de obtener el consumo final de energía en el sector industrial desagregado por rama, la SENER elabora de forma anual la Encuesta sobre el Consumo de Energía en el Sector Industrial, donde se solicita información de producción, consumo de energía, inventario de energéticos, autogeneración de electricidad, programas de ahorro y sustitución de energía. Esta encuesta se distribuye entre las ramas más intensivas en uso de energía para su llenado, y los datos son contrastados con la información agregada que proporciona tanto PEMEX como CFE, y anteriormente Luz y Fuerza del Centro (LyFC). Sin embargo, aún falta mejorar la confiabilidad, robustez y exactitud de la información, así como ampliar la muestra y representatividad de dicha encuesta.

Una vez que se cuenta con la información sobre la oferta y demanda de combustibles, se utilizan criterios de validación para asegurarse que los datos cumplan con los requisitos de robustez, integridad y congruencia aritmética.

3. Del BNE al cálculo de emisiones del sector energético

Como ya se mencionó, la generación y uso de la energía contribuyen de manera significativa a la emisión de GEI, de ahí la importancia de las estadísticas generadas en el BNE para el cálculo de emisiones.

El primer paso en el cálculo de las emisiones del sector energético es elaborar balances por producto en sus unidades originales. Tomando un factor de conversión o el poder calorífico de cada combustible, se convierte cada unidad a petajoules (PJ). Una vez que se tiene esta información estandarizada, se envía al Instituto Nacional de Ecología (INE) para su revisión detallada sobre la oferta interna bruta total y el consumo nacional de combustibles

del país, y mediante la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) se calculan las emisiones del sector.

Esta metodología puede ser de dos tipos:

- Referencial: utiliza los datos de oferta total de combustible del país.
- Sectorial: se enfoca en las cifras de uso de combustible por sector, considerando específicamente los sectores que consumen más combustible.

Ambos buscan asignar un factor de emisión a cada tipo de combustible y, de esta forma, estandarizar el uso de combustibles a emisiones de CO₂ equivalentes. La metodología proporciona los factores de conversión y permite a cada país calcular sus emisiones estimadas de una manera estándar.

4. El sector energético y sus emisiones

a. Energía primaria

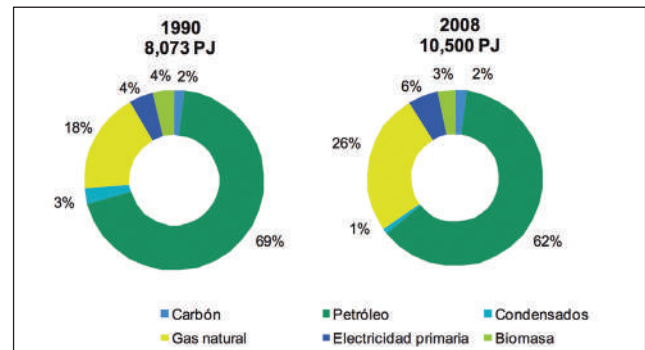
Durante el periodo 1990-2000, la producción de energía primaria creció a una tasa promedio anual de 1.5 por ciento. Como se puede ver en la figura 5, la estructura porcentual de la producción de energía primaria corresponde mayoritariamente, a los hidrocarburos. En 1990, su participación fue 90%, muy similar a la alcanzada en el 2008 (89%) y se espera que ésta siga siendo destacada en nuestro país.

Analizando la composición de manera individual, destaca la disminución de siete puntos porcentuales en la participación del crudo. La menor producción del Activo Integral Cantarell desde el 2005 no fue compensada por el aumento en la producción de otros activos, como Ku-Maloob-Zaap.

El gas natural fue el energético primario con el mayor crecimiento: de 1990 al 2008, registró una tasa de crecimiento media anual de 3.5%, lo que resultó en un aumento en su participación de ocho puntos porcentuales. Lo anterior fue motivado por la mayor producción de los dos principales activos: Burgos y Cantarell.

La generación de electricidad primaria creció a una tasa promedio anual de 2.9% en el periodo de observación y aumentó su participación dos puntos porcentuales.

Figura 5
Composición por fuentes de la producción de energía primaria

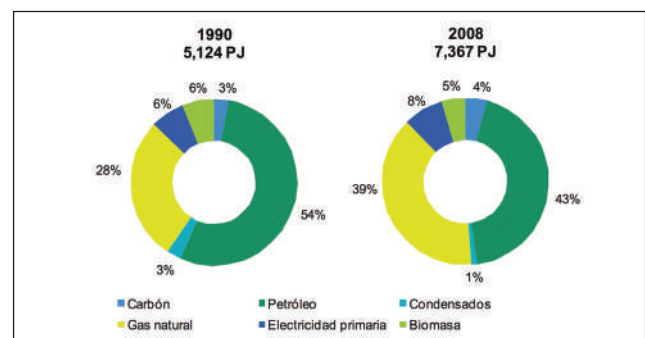


Fuente: SENER. BNE 2008.

El crecimiento se debió, principalmente, al aumento en la generación en las hidroeléctricas por la entrada en operación de la central El Cajón, en Nayarit, y al incremento de 7.1% anual en la generación de la central nucleoelectrica. En el 2008, 68% fue generado en las hidroeléctricas; 19%, en la central nucleoelectrica y 12%, en las centrales geotérmicas; mientras que la participación de las centrales eólicas fue marginal.

La tasa media de crecimiento promedio anual de la oferta interna bruta de energía durante el periodo de 1990 al 2008 fue de 2 por ciento. Esto fue resultado del menor crecimiento en el envío de crudo al exterior, en parte por la caída en la producción de petróleo observada desde el 2005 y al aumento de las importaciones de carbón mineral, las cuales han sido impulsadas por la creciente demanda interna de carbón tanto térmico como siderúrgico, que se utilizan para la generación de electricidad en las plantas termoeléctricas y la fabricación de acero, respectivamente.

Figura 6
Composición por fuente de la oferta interna bruta de energía primaria

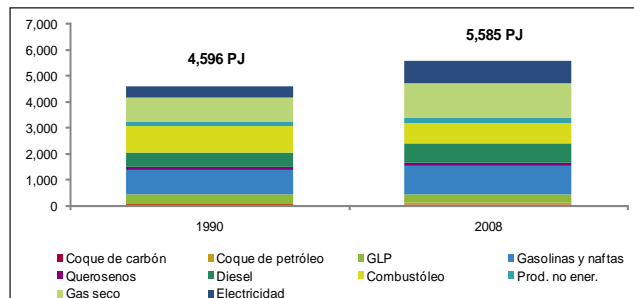


Fuente: SENER. BNE 2008.

b. Energía secundaria

En la figura 7 se puede observar que, en el 2008, la producción bruta de energía secundaria fue 5 585 PJ, 989 PJ más que en 1990; en ese año, la mayor parte de la producción en los centros de transformación correspondió a combustóleo (22%), mientras que en el 2008, esa misma participación fue de 14 por ciento. Si tomamos en cuenta que el factor de emisión de este combustible es 21.1 t C/TJ, esto implicó una menor disponibilidad del mismo y, por ende, menores emisiones. Respecto al gas seco, el cual es un combustible más limpio (15.3 t C/TJ), su participación aumentó tres puntos porcentuales, al pasar de 21% en 1990 a 24% en el 2008. La producción de gasolinas y naftas tuvo una participación de 20% en 1990 contra 19% en el 2008.

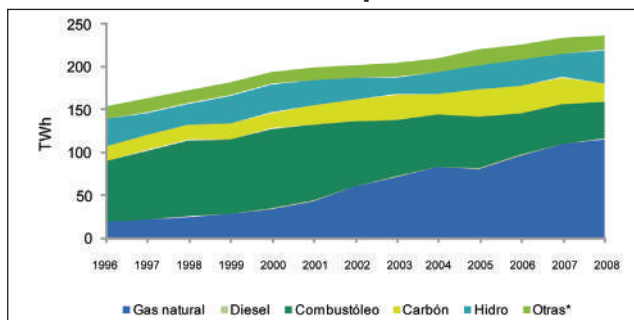
Figura 7
Producción bruta de energía secundaria en centros de transformación (petajoules)



Fuente: SENER. BNE 2008.

Durante el periodo de 1996 al 2008, la generación de electricidad mostró un crecimiento promedio anual de 3.7%, y destaca el cambio en la composición de la generación hacia fuentes con una menor emisión. En 1996, la cartera de generación se componía de la siguiente manera: 46% combustóleo, 21% hidro, 12% gas natural, 12% carbón y el restante 9% correspondía a nucleoenergía, geoenergía y energía eólica.

Figura 8
Generación de electricidad por fuente (TWh)



^{a/} Incluye nucleoenergía, geoenergía y energía eólica.

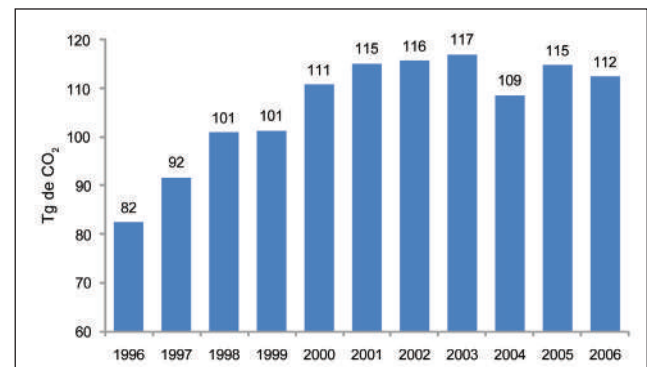
Fuente: SENER. Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017.

Como lo muestra la figura 8, en el 2008 hubo un aumento significativo en la generación a partir de gas natural, con una participación de 49 por ciento. En contraste, el uso de combustóleo disminuyó y su aportación se redujo a 18 por ciento. La participación de la generación hidro, de carbón y otros fue de 16, 9 y 7%, respectivamente.

En los últimos años, la generación a partir de fuentes renovables (hidroeléctricas, geotérmicas y centrales eólicas) ha aumentado, y en el 2008 representaron 24% de la capacidad instalada para generar energía eléctrica.

Las emisiones de GEI para generación de electricidad aumentaron 3.1% en promedio anual de 1996 al 2006, mientras que la propia generación creció a una tasa de 4% durante el mismo periodo.

Figura 9
Emisiones de GEI de la generación de electricidad en unidades de CO₂ eq.



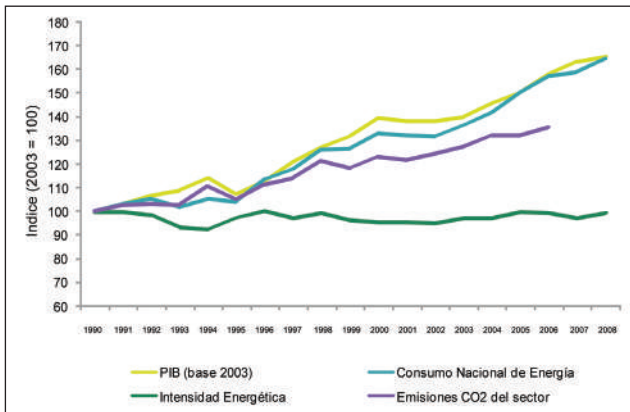
Fuente: INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

Como lo muestra la figura 9, en el 2003 hubo un aumento en las emisiones resultado de una mayor generación a partir de carbón, cuyo factor de emisión es de los más elevados (25.8 t C/TJ). En el 2004, las emisiones cayeron como consecuencia de un aumento en la generación a partir de gas natural y en centrales hidroeléctricas y una disminución en la generación en carboeléctricas.

c. Demanda total

Ya se ha hablado de la relación estrecha que existe entre el crecimiento económico de un país, el sector energético y la emisión de GEI. Es por ello que para lograr un crecimiento económico sostenible, teniendo muy presente la mitigación efectiva de las emisiones, se requiere un uso eficiente de la energía, tanto por el lado de la producción como en el consumo.

Figura 10
Evolución del PIB, consumo de energía, intensidad energética y emisiones de CO₂ eq.

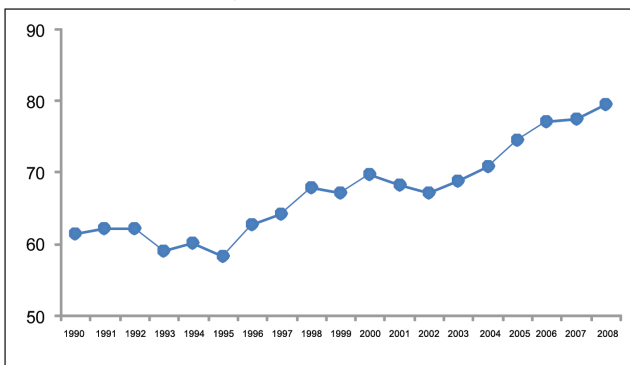


Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

En la figura 10 se aprecia cómo el crecimiento de la actividad económica —medida en función del producto interno bruto (PIB)— ha ido acompañado de un crecimiento en el consumo nacional de energía. Durante el periodo 1990-2006 la tasa de crecimiento promedio anual del PIB y del consumo de energía fue de 2.9% en ambos casos. Las emisiones de CO₂ eq. del sector energético también han crecido, aunque a una tasa menor (1.9%). La intensidad energética, la cual expresa la cantidad de energía que se requiere para producir un peso de PIB, ha mostrado una pequeña disminución durante el periodo de análisis, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento de la energía.

El consumo de energía per cápita anual ha crecido a una tasa promedio de 1.4% durante el periodo 1990-2008. Se espera que en los próximos 10 años, la población crezca a una tasa de 0.7% anual y mejore el nivel de vida, resultando en crecimiento en la demanda de energía.

Figura 11
Consumo de energía per cápita (GJ por habitante)



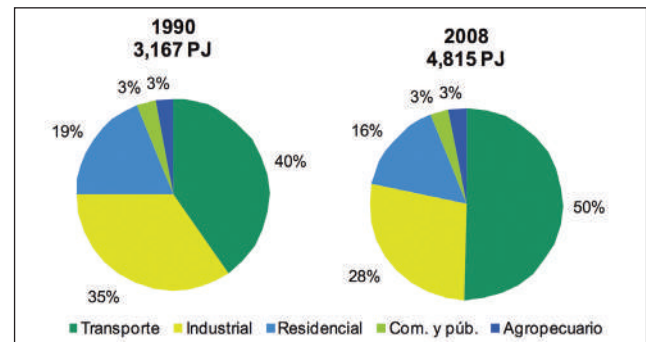
Fuente: SENER. BNE 2008, con información del CONAPO.

Con base en información de la Agencia Internacional de Energía, en el 2008 Estados Unidos de América tuvo un consumo por habitante aproximadamente 4.3 veces mayor que el de México. En el 2007, el consumo per cápita de Argentina y Chile fue 1.1 veces superior al de nuestro país y el de Venezuela, 1.3. En ese mismo año, México tuvo un consumo por habitante 1.4 veces mayor al de Brasil.

d. Consumo final por sector y por fuente

Durante el periodo de 1990 al 2008, el consumo final energético creció a una tasa promedio de 2.4% anual, ligado al crecimiento económico del país. Este crecimiento ha sido impulsado, en gran medida, por el consumo de los sectores transporte e industrial. En el 2008, el transporte fue el principal consumidor de energía y aumentó su participación 10 puntos porcentuales respecto a 1990. Por su parte, el sector industrial la disminuyó en el consumo final energético siete puntos porcentuales y el residencial, tres puntos.

Figura 12
Participación por sector en el consumo final energético



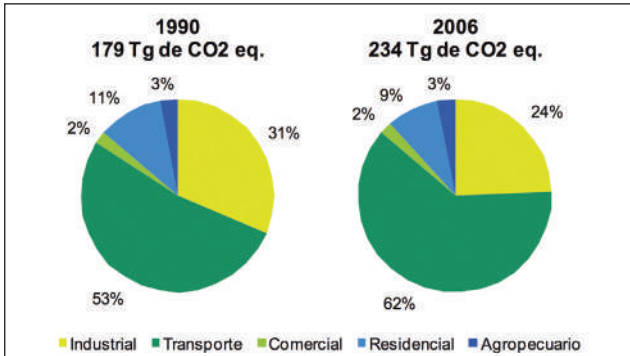
Fuente: SENER. BNE 2008.

En cuanto a las emisiones por sector, éstas aumentaron a una tasa promedio anual de 1.7% durante el periodo de 1990 al 2006, mientras que el crecimiento del consumo por sectores durante el mismo lapso fue de 1.9% anual. El sector transporte contribuyó con la mayor parte de las emisiones, incrementando su participación nueve puntos porcentuales en el 2006 respecto a 1990. El sector industrial redujo sus emisiones por consumo de energía siete puntos porcentuales y el residencial, dos.

Al analizar el consumo final energético por combustible, podemos ver un aumento en la participación de las gasolinas y naftas como resultado del aumento de la demanda del transporte. Durante el periodo de 1990 al 2008,

éstas tuvieron una tasa media de crecimiento anual de 3.7%; el diésel también mostró un incremento en su consumo y en su participación al registrar un crecimiento promedio anual de 3.6% e incrementar su participación tres puntos porcentuales. Esto se debió al mayor consumo en los sectores transporte, industrial y comercial.

Figura 13
Participación por sector en las emisiones de CO₂ eq.



Fuente: INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

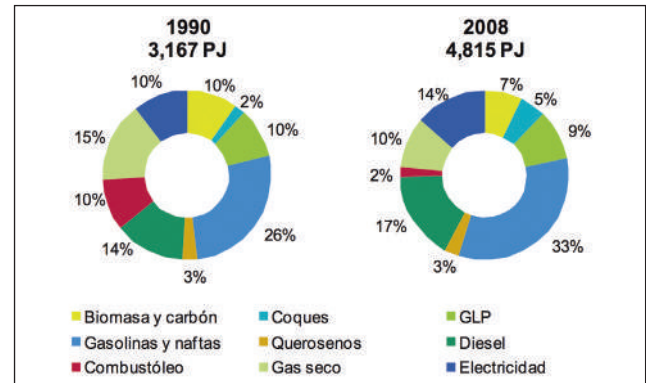
Por su parte, el consumo de gas seco mostró una ligera disminución en el sector industrial, lo que se tradujo en una pérdida de cinco puntos porcentuales en su aportación en el consumo final energético.

Destaca la disminución de ocho puntos porcentuales en la participación del combustóleo, ya que su demanda en el sector industrial ha bajado de forma importante.

La contribución del consumo de leña, bagazo de caña y carbón disminuyó tres puntos porcentuales, lo cual presenta una mejoría en cuanto a emisiones, ya que éstos tienen altos factores de emisión.

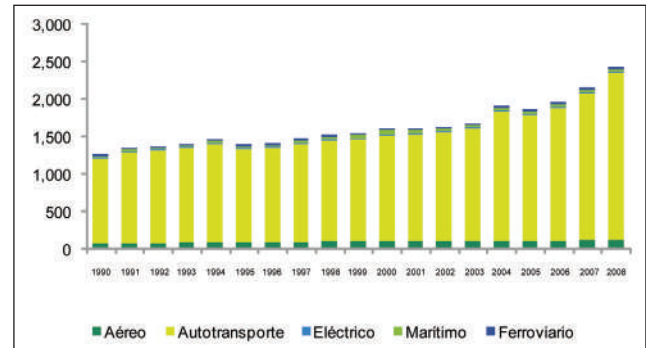
Si analizamos de forma detallada cada sector, podemos ver que el transporte no es sólo el mayor consumidor de energía en nuestro país, si no que fue el de mayor crecimiento durante el periodo de 1990 al 2008. Durante ese lapso, su consumo de energía aumentó a una tasa promedio de 3.6% anual. Este crecimiento ha sido impulsado, en su mayoría, por el consumo de combustibles en el autotransporte, el cual mostró una tasa promedio anual de 3.8% y en el 2008 tuvo una participación de 92% dentro del consumo del transporte.

Figura 14
Participación por fuentes de energía en el consumo final energético



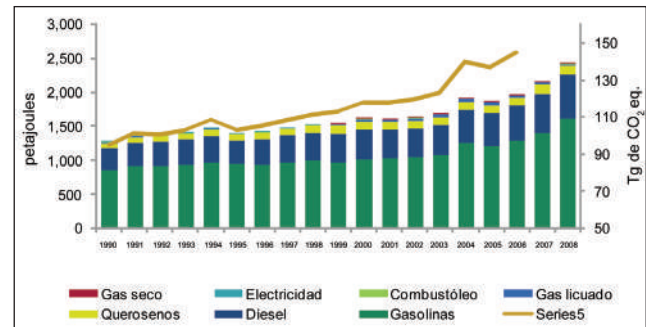
Fuente: SENER. BNE 2008.

Figura 15
Consumo final de energía en el sector transporte por modalidad (petajoules)



Fuente: SENER. BNE 2008.

Figura 16
Consumo final de energía por combustible en el sector transporte y sus emisiones



Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

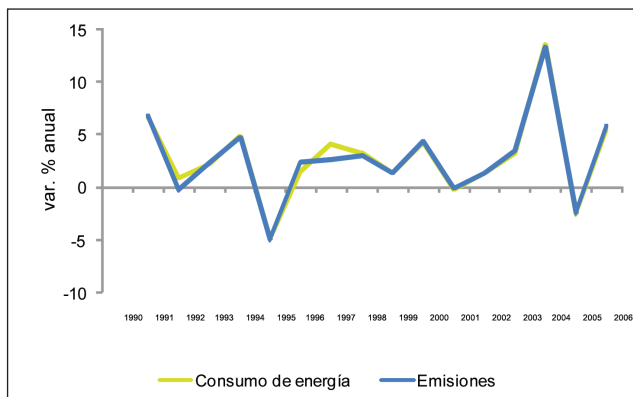
Si analizamos el consumo del sector transporte por tipo de combustible, podemos ver que la mayor parte corresponde a gasolinas y naftas, las cuales tienen un factor de emisión de 18.9 t C/TJ. En el 2008,

éstas tuvieron una participación de 66%, seguida por la del diésel (26%), cuyo factor de emisión es mayor al de las gasolinas (20.2 t C/TJ).

En el 2006, el transporte aportó 20% de las emisiones totales de GEI en México. En el periodo 1990-2006, tanto las emisiones del sector transporte como su consumo de combustibles tuvieron un crecimiento promedio anual de 2.7 por ciento. En el 2004, las emisiones crecieron a una tasa mayor como resultado de un alto consumo de combustibles.

Como se aprecia en la figura 17, el consumo de energía y las emisiones de este sector tienen un comportamiento muy similar, lo cual sugiere que una disminución en el consumo de este sector se traduciría en menores emisiones.

Figura 17
Variación porcentual anual del consumo de energía y las emisiones del sector transporte



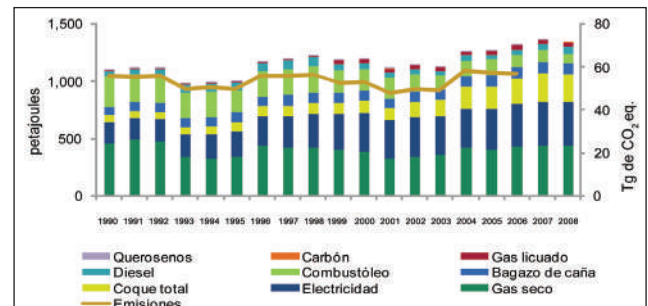
Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. *Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.*

Durante el periodo de 1990 al 2008, el consumo de combustibles del sector industrial mostró la menor tasa de crecimiento promedio anual (1.1%). No obstante, su alto consumo de energía lo hace el segundo sector en importancia en la emisión de gases medidos en unidades de CO₂ eq.

Los combustibles sólidos (carbón, bagazo de caña y coques) crecieron 5.2% anual. Este crecimiento es importante ya que el bagazo de caña, el coque y el carbón mineral son los combustibles que más emiten; sus factores de emisión son 29.9, 27.5 y 25.8 t C/TJ, respectivamente. Por su parte, el uso de petrolíferos (diésel, combustóleo y gas licuado de petróleo) cayó 3.1% como resultado del menor consumo de combustóleo (-6.2%). La industria

disminuyó el de gas seco 0.3% en promedio anual, mientras que el de electricidad tuvo un crecimiento promedio anual de 4.1 por ciento.

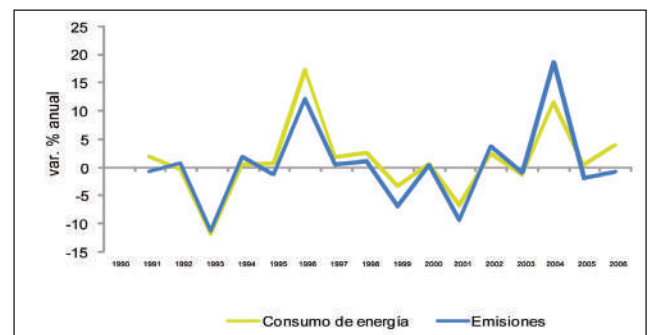
Figura 18
Consumo final de energía por combustible en el sector industrial y sus emisiones



Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. *Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.*

Aunque las emisiones de la industria crecieron a una tasa promedio anual de 0.1% de 1990 al 2006, el crecimiento en el consumo de combustibles durante el mismo lapso fue mayor (1.1%).

Figura 19
Variación porcentual anual del consumo de energía y las emisiones del sector industrial



Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. *Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.*

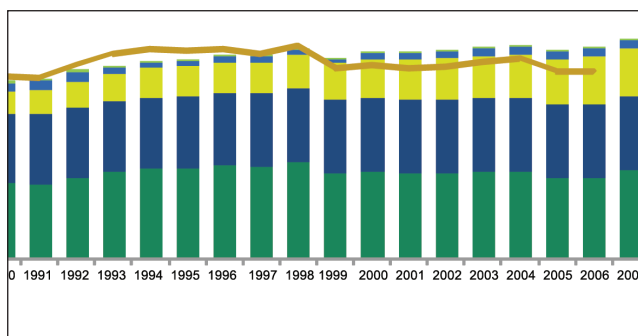
En la figura 19, podemos ver un comportamiento similar en la variación porcentual anual de consumo de combustibles y las emisiones del sector industrial. Hasta 1994 se observó un comportamiento muy similar; de 1995 al 2001 la variación de las emisiones fue menos pronunciada que la del consumo de energía, principalmente por el incremento en el uso de gas seco. En el 2001, la industria comenzó a utilizar carbón como insumo energético en sus procesos, lo que derivó en variaciones más acentuadas de las emisiones a partir del 2002.

El consumo de energía en el sector residencial aumentó a una tasa promedio de 1.3% anual de 1990 al 2008, ligado al crecimiento de la población. La electricidad registró una tasa de crecimiento promedio anual de 4.8%, resultado de una mayor disponibilidad de energía eléctrica en los hogares mexicanos. De acuerdo con información de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares (ENIGH) 2008 y el Censo de Población y Vivienda 1990, en el 2008, alrededor de 97% de las viviendas contaban con energía eléctrica, mientras que en 1990, ese mismo porcentaje fue 88 por ciento. El consumo de gas licuado de petróleo creció a una tasa de 1% anual; el de leña, 0.3% y el de gas seco, 0.2 por ciento. Por su parte, el uso de querosenos mostró una disminución de 12.7% en promedio anual.

El gas licuado y la leña fueron los combustibles más utilizados en este sector. En el 2008 sus participaciones fueron 40 y 33%, respectivamente.

Del 2000 al 2006, las emisiones del sector residencial disminuyeron a una tasa de 0.6% anual, mientras que el consumo tuvo un ligero incremento (0.4% anual).

Figura 20
Consumo final de energía por combustible en el sector residencial y sus emisiones

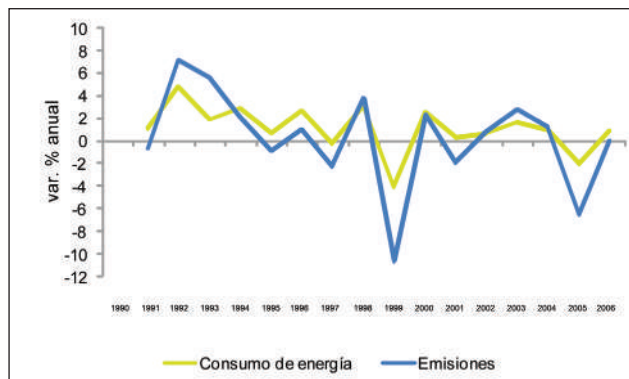


Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

La variación porcentual de las emisiones del sector residencial fue más acentuada que la del consumo de combustibles. Esto se puede explicar por la elevada participación que tiene el uso de leña en los hogares mexicanos, cuyo factor de emisión es el más elevado (29.9 t C/TJ).

De 1990 al 2008 el consumo de energía en los sectores comercial y público aumentó a una tasa promedio de 2.4% anual. En 1990, 47% de la energía utilizada en estos sectores provino de la electricidad; 31%, del combustóleo; 21%, del gas licuado y el restante 1%, del diésel.

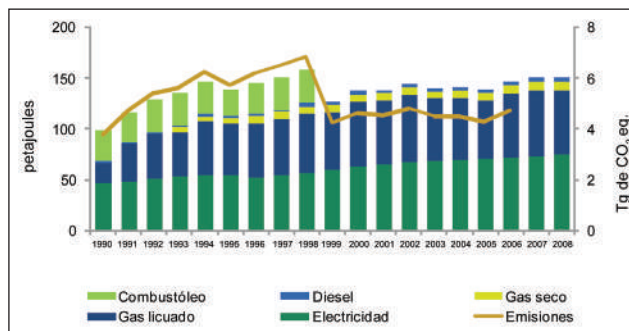
Figura 21
Variación porcentual anual del consumo de energía y las emisiones del sector residencial



Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

En el 2008, la participación de la electricidad se mantuvo muy similar, al aumentar dos puntos porcentuales. No obstante, en 1999 se dejó de utilizar combustóleo y en 1993 se comenzó a usar gas seco, cambiando la composición de las fuentes de energía en el consumo de estos sectores. En el 2008, la aportación del gas licuado fue de 42%; del gas seco, 6% y el restante 3%, del diésel.

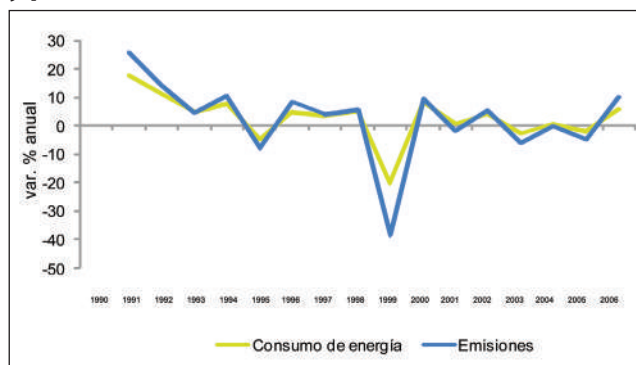
Figura 22
Consumo final de energía por combustible en los sectores comercial y público y sus emisiones



Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

Las emisiones de estos sectores tuvieron un crecimiento promedio anual de 1.4% de 1990 al 2006. Por su parte, la tasa promedio de crecimiento del consumo de combustibles fue mayor, 2.5% anual. El comportamiento de estas dos variables fue muy similar durante el periodo de análisis. No obstante, en 1999 se observó una reducción más pronunciada en las emisiones que en el consumo, debido a que en dicho año se dejó de usar combustóleo en el sector comercial.

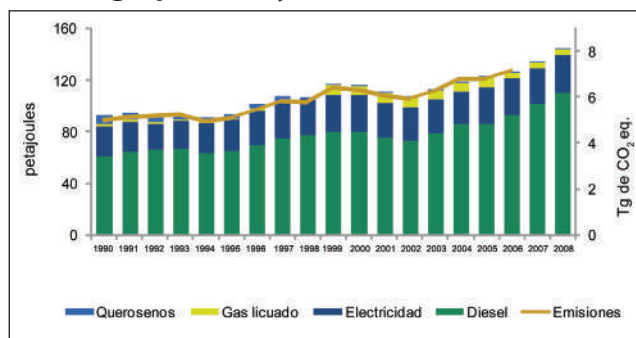
Figura 23
Variación porcentual anual del consumo de energía y las emisiones de los sectores comercial y público



Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

El consumo de energía en el sector agropecuario aumentó a una tasa promedio anual de 2.5% durante el periodo 1990-2008. El diésel —combustible más utilizado en este sector— tuvo un crecimiento de 3.4 por ciento. El consumo de electricidad y gas licuado de petróleo registró una tasa de crecimiento promedio anual de 1.1 y 7.3%, respectivamente. La demanda de querosenos en este sector cayó a una tasa promedio anual de 24.6 por ciento.

Figura 24
Consumo final de energía por combustible en el sector agropecuario y sus emisiones

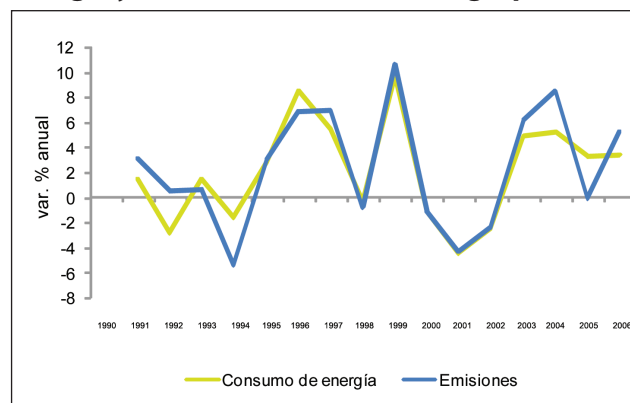


Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

El sector agropecuario registró un incremento en sus emisiones de GEI de 2.3% anual de 1990 al 2006, mientras que su consumo aumentó 2% anual.

Las emisiones de este sector mostraron una tendencia a la baja de 1991 a 1994 por la marcada reducción en el consumo de querosenos. Del 2004 al 2006, la variación de las emisiones fue más pronunciada, lo que estuvo directamente ligado con el consumo de diésel.

Figura 25
Variación porcentual anual del consumo de energía y las emisiones del sector agropecuario



Fuentes: SENER. BNE 2008. // INE-SEMARNAT. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2006.

5. Conclusiones y recomendaciones

En México, la producción y uso de energía es la principal fuente de emisiones de CO₂, y su tendencia es ascendente.

Por ello, una mitigación efectiva de emisiones requiere el uso sustentable de la energía. Esto implica emitir menos, mejorando la eficiencia energética en todos los sectores. Por ejemplo: en el industrial existe un gran potencial de ahorro de energía mediante la adecuación de los procesos industriales y la sustitución de equipos ineficientes; en el transporte se debe buscar el incremento del rendimiento del parque vehicular nacional y mejorar las prácticas de uso.^[7]

Otra área de oportunidad que se establece en el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012 es la reducción del consumo de electricidad para iluminación a través de la promoción del uso de focos de mayor eficiencia.

Como sociedad, tenemos el reto de cambiar la forma en que consumimos la energía en nuestros hogares, al transportarnos, en nuestros lugares de trabajo, etcétera. También, se debe buscar la sustitución de combustibles más contaminantes por aquellos que emiten menos.

No obstante, si queremos cambiar el futuro energético de nuestro país hacia uno más sostenible, es de suma importancia tener indicadores y

[7] Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) 2009-2012, segunda sección, p. 5.

estadísticas de calidad que nos permitan tener un panorama de la situación actual y analizar las alternativas que tenemos para los próximos años.

Las estadísticas generadas en el BNE permiten estimar las emisiones de GEI de la categoría energía. Por lo anterior, para mejorar la calidad y ampliar el nivel de detalle del cálculo de emisiones y monitorear el progreso alcanzado en la mitigación de las mismas, se tiene que poner especial énfasis en mejorar la oportunidad, veracidad, confiabilidad, sistematización y grado de detalle de la información del sector energético.

Dada la estructura de éste en México, se tiene una buena cobertura y nivel de precisión de los flujos de oferta para la mayoría de las fuentes de energía, aproximadamente 90% de dichos flujos y combustibles. Lo anterior no ocurre para la demanda, pues el número de consumidores es muy elevado y de ahí la dificultad de recopilar información. El nivel de detalle que se tiene no es el óptimo y, en muchos casos, se tiene que derivar la información a partir de fuentes indirectas.

Como ya se mencionó, el uso de la energía está asociado a diversos sectores de la economía: por ello, debe haber una cooperación estrecha entre las distintas entidades gubernamentales para aprovechar los mecanismos existentes o crear nuevos y, así, cubrir los huecos de información o precisar aquella que ya se tiene.

El desafío no es pequeño; sin embargo, si logramos trabajar todos juntos, podremos mejorar la situación actual y diseñar las políticas necesarias para lograr un futuro más competitivo y limpio. ■

Referencias

- AIE. *CO₂ emissions from fuel combustion*. Ed. 2008
Energy Balances of OECD Countries. Ed. 2009.
World Energy Outlook 2009.
- AIE-OECD-Eurostat. *Manual de estadísticas energéticas*.
- CFE. *Informe anual 2006*.
- INEGI. *Censo de Población y Vivienda 1990*.
Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2008.
Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.
Sistema de Cuentas Nacionales de México.
Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012.
- INE-SEMARNAT. *México, Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*.
- SENER. *Balance nacional de energía 2006*.
Balance nacional de energía 2008.
Sistema de Información Energética.