



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**LA SUSTENTABILIDAD DE LA POLÍTICA  
ENERGÉTICA MEXICANA BASADA EN EL USO  
EXTENDIDO DEL GAS NATURAL**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

ENERGÍA – ECONOMÍA DE LA ENERGÍA

P R E S E N T A:

**JUAN CARLOS BARAJAS ABREO**

DIRECTOR DE TESIS: DR. GERARDO SERRATO ÁNGELES

MÉXICO, DF. 2005



## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>1 LA SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD .....</b>	<b>10</b>
1.1.1 Consideraciones Generales .....	10
1.1.2 Origen Institucional del Concepto de Sustentabilidad .....	11
<b>1.2 DIMENSIONES CONSIDERADAS .....</b>	<b>13</b>
1.2.1 Dimensión Económica.....	14
1.2.2 Dimensión Social.....	14
1.2.3 Dimensión Ambiental y/o de Recursos Naturales .....	15
1.2.4 Dimensión Política Institucional.....	16
<b>1.3 INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA .....</b>	<b>16</b>
1.3.1 Dimensión Económica.....	17
1.3.2 Dimensión Social.....	19
1.3.3 Dimensión Ambiental y/o de Recursos Naturales .....	19
<b>1.4 CONCEPTOS GENERALES DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y SUS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN .....</b>	<b>20</b>
1.4.1 Naturaleza y Orientación de la Política Energética .....	20
1.4.2 Lineamientos Generales de la Política Energética en México.....	22
<b>1.5 DESCRIPCIÓN HISTÓRICA DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA .....</b>	<b>24</b>
<b>1.6 LA INMINENTE EXPANSIÓN DEL GAS NATURAL.....</b>	<b>26</b>
<b>1.7 LA NECESARIA DIVERSIDAD EN LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS PRIMARIAS .....</b>	<b>28</b>
<b>1.8 Conclusiones Capítulo 1.....</b>	<b>30</b>
<b>2 EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1 PANORAMA ENERGÉTICO INTERNACIONAL .....</b>	<b>32</b>
2.1.1 Producción y Consumo Mundial de Energía Primaria por Energético.....	32

2.1.2	Producción y Consumo Mundial de Energía Primaria por Regiones.....	36
2.1.3	Producción y Consumo de Energía Primaria en América Latina y el Caribe 39	
2.1.4	Reservas Mundiales de Energéticos .....	42
2.1.4.1	Reservas de Petróleo Crudo .....	42
2.1.4.2	Reservas de Gas Natural .....	44
2.1.4.3	Reservas de Carbón Mineral.....	44
<b>2.2</b>	<b>SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL .....</b>	<b>45</b>
2.2.1	La Planeación Regional del Sistema Energético Mexicano.....	47
2.2.2	Oferta Energética Marco Histórico.....	49
2.2.2.1	Importaciones .....	49
2.2.2.2	Producción Nacional.....	49
2.2.3	El Gas Natural (GN) .....	50
2.2.4	Demanda Histórica Sectorial de Energía Eléctrica.....	53
2.2.5	Demanda Histórica Sectorial de Combustibles .....	56
2.2.6	Parque Vehicular .....	59
2.2.7	Precios de combustibles.....	60
<b>2.3</b>	<b>Conclusiones Capítulo 2.....</b>	<b>61</b>
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS PROSPECTIVO Y DE SUSTENTABILIDAD.....</b>	<b>64</b>
<b>3.1</b>	<b>LA PROSPECTIVA.....</b>	<b>64</b>
<b>3.2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL LEAP .....</b>	<b>68</b>
<b>3.3</b>	<b>PLANTEAMIENTO DE ESCENARIOS .....</b>	<b>71</b>
3.3.1	Datos Iniciales .....	72
3.3.1.1	Modulo de Demanda .....	72
3.3.1.2	Modulo de Transformación.....	75
3.3.1.3	Modulo de Recursos.....	76
3.3.1.4	Coeficientes de emisión y costos externos.....	77
<b>3.4</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS DE EMISIONES Y EXTERNALIDADES.....</b>	<b>78</b>
3.4.1	Emisiones.....	78
3.4.1.1	Perfil Regional de Emisiones GEI de la Demanda Energética Final .....	79
3.4.1.2	Perfil Nacional de Emisiones GEI de la Demanda Energética Final.....	81

3.4.1.3	Perfil Nacional de Emisiones GEI de la Demanda Energética Intermedia	83
3.4.1.4	Perfil Nacional de Emisiones GEI de la Demanda Energética Total.....	85
3.4.2	Externalidades Ambientales .....	87
3.4.2.1	Costos Externalidades Ambientales Demanda Final.....	87
3.4.2.2	Costos Externalidades Ambientales Demanda Intermedia Nacional.....	90
3.4.2.3	Costos Externalidades Ambientales Demanda Total.....	93
3.4.2.4	Balanza comercial .....	94
<b>3.5</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA PARA MÉXICO .....</b>	<b>95</b>
3.5.1	Análisis Regional.....	96
3.5.1.1	Región sur-sureste .....	96
3.5.1.2	Región noreste .....	99
3.5.1.3	Región centro .....	101
3.5.1.4	Región centro-occidente.....	103
3.5.1.5	Región noroeste .....	105
3.5.1.6	Sustentabilidad Regional.....	107
3.5.2	Análisis Nacional .....	109
<b>3.6</b>	<b>Conclusiones Capítulo 3.....</b>	<b>114</b>
	<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>116</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>120</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Indicadores para la Sustentabilidad e Términos Energéticos .....	18
Cuadro 2. Producción Mundial de Energía Primaria por Energético (Mbep).....	33
Cuadro 3. Consumo Mundial de Energía Primaria (Mbep).....	35
Cuadro 4. Producción de Energía Primaria por Regiones (Mbep) .....	37
Cuadro 5. Consumo de Energía Primaria por Regiones (Mbep).....	38
Cuadro 6. División Regional .....	48
Cuadro 7. Importación de Hidrocarburos .....	49
Cuadro 8. Producción nacional de petróleo crudo(mbd) .....	50
Cuadro 9. Producción nacional de hidrocarburos.....	50
Cuadro 10. Consumo nacional de Gas Natural por Sector en MMpcd.....	52
Cuadro 11. Transporte y Distribución de Gas Natural (1996- a enero de 2001) ...	53
Cuadro 12. Evolución de la Demanda Sectorial de Energía Eléctrica en PJ.....	54
Cuadro 13. Evolución de la Demanda Sectorial de Combustibles en PJ .....	57
Cuadro 14. Parque Vehicular Registrado en México (Millones de vehículos). .....	60
Cuadro 15. Precios de Venta al Público de Hidrocarburos .....	61
Cuadro 16. Demanda Energética Histórica por regiones (1996-2002) (PJ) .....	73
Cuadro 17. Demanda Energética Proyectada por regiones (2003-2012) (PJ) .....	73
Cuadro 18. Diferencias en la Demanda Final de Combustibles entre Escenarios (SENER vs BAU) (PJ).....	74
Cuadro 19. Capacidad Eléctrica por Tipo de Central (SENER) (GW) .....	76
Cuadro 20. Diferencias en Consumo Energéticos entre Escenarios (SENER vs BAU) (PJ) .....	76
Cuadro 21. Precios de Importación y Exportación de Petrolíferos en USD/GJ .....	77
Cuadro 22. Emisiones de CO2 equivalente por Regiones en la Demanda Energética Final (SENER) (MMton) .....	79
Cuadro 23. Emisiones Acumuladas de CO2 equivalente por Regiones en la Demanda Energética Final (SENER) (MMton).....	81
Cuadro 24. Diferencia en emisiones acumuladas GEI entre escenarios por Regiones (SENER vs BAU) (MMton) .....	81

Cuadro 25. Diferencias entre Escenarios en emisiones Acumuladas GEI por Sectores Productivos(SENER vs BAU) (MMton) .....	82
Cuadro 26. Diferencias entre Escenarios en emisiones Acumuladas GEI del Sector Industrial por Tipo de Combustible (MMton) .....	82
Cuadro 27. Emisiones de GEI en la Demanda Energética Intermedia (Escenario SENER) (MMton) .....	84
Cuadro 28. Diferencia de Emisiones Acumuladas de GEI en la Demanda Energética Intermedia entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMton) .....	84
Cuadro 29. Emisiones de GEI en la Demanda Energética Total (Escenario SENER) (MMton) .....	85
Cuadro 30. Emisiones Acumuladas de GEI en la Demanda Energética Total (Escenario SENER) (MMton) .....	85
Cuadro 31. Emisiones Acumuladas de GEI en la Demanda Energética Total (Escenario BAU) (MMton) .....	85
Cuadro 32. Diferencia de Emisiones Acumuladas de GEI en la Demanda Energética Total entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMton) .....	87
Cuadro 33. Diferencia de Emisiones de GEI en la Demanda Energética Total entre Escenarios (SENER vs BAU) (%) .....	87
Cuadro 34. Externalidades Ambientales por Regiones en la Demanda Energética Final (SENER) (MMM USD).....	88
Cuadro 35. Diferencia en Externalidades Ambientales entre escenarios por Regiones (SENER vs BAU) (MMM USD).....	89
Cuadro 36. Diferencias entre Escenarios en Costos Acumulados de Externalidades Ambientales por Sectores Productivos (SENER vs BAU) (MMM USD) .....	90
Cuadro 37. Costo de las Externalidades Ambientales en la Demanda Energética Intermedia (Escenario SENER) (MMM USD).....	91
Cuadro 38. Diferencia en los Costos de Externalidades Ambientales en la Demanda Energética Intermedia entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMM USD) .....	92

Cuadro 39. Emisiones de GEI en la Demanda Energética Total (Escenario SENER) (MMton) .....	93
Cuadro 40. Diferencia en los Costos Acumulados de las Externalidades Ambientales en la Demanda Energética Total entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMM USD).....	93
Cuadro 41. Importaciones y Exportaciones de GN y Petrolíferos de Ambos Escenarios para el 2012 (PJ).....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción Mundial de Energía Primaria por Energético (Mbep) .....	33
Figura 2. Participación de las Fuentes Energéticas en la Producción Energética Mundial.....	34
Figura 3. Consumo Mundial de Energía Primaria (Mbep) .....	35
Figura 4. Participación de las Fuentes Energéticas en el Consumo Energético Mundial.....	36
Figura 5. Participación de las Regiones en la Producción Energética Mundial .....	37
Figura 6. Participación de las Regiones en el Consumo Energético Mundial .....	38
Figura 7. Producción De Energía Primaria en América Latina y el Caribe .....	40
Figura 8. Participación de los Paises de América Latina en la Producción Energética .....	40
Figura 9. Consumo de Energía Primaria en América Latina y el Caribe .....	41
Figura 10. Participación de los Paises de América Latina en el Consumo Energético .....	41
Figura 11. DIVISIÓN REGIONAL .....	48
Figura 12. Participación de las Fuentes Energéticas en el Consumo Nacional.....	51
Figura 13. Demanda de Gas Natural por Sector en MMpcd .....	52
Figura 14. Evolución de la Demanda Sectorial de Energía Eléctrica .....	55
Figura 15. Demanda de Electricidad Total Nacional vs PIB (tasa media de crecimiento anual).....	55
Figura 16. Evolución de la Demanda Nacional de Combustibles en PJ.....	58
Figura 17. Demanda de Combustibles por Sector en PJ .....	59
Figura 18. Evolución del Parque Vehicular en México .....	60
Figura 19. Diferencias en la Demanda Final de Combustibles entre Escenarios (SENER vs BAU) (PJ).....	75
Figura 20. Emisiones de CO2 equivalente por Regiones en la Demanda Energética Final (SENER) (MMton) .....	80
Figura 21. Emisiones Acumuladas de CO2 equivalente por Sectores en la Demanda Energética Final (SENER) (MMton).....	82



Figura 22. Externalidades Ambientales por Regiones en la Demanda Energética Final (SENER) (MMM USD).....	88
Figura 23. Costos Acumulados de las Externalidades Ambientales por Sectores en la Demanda Energética Final (SENER) (MMM USD) .....	90
Figura 24. Diferencia en los Costos de Externalidades Ambientales en la Demanda Energética Intermedia entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMM USD).....	92
Figura 25. Diferencia en los Costos Acumulados de las Externalidades Ambientales en la Demanda Energética Total entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMM USD).....	94
Figura 26. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Sur-Sureste (Escenario SENER) .....	98
Figura 27. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Sur-Sureste (Escenario BAU) .....	98
Figura 28. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Noreste (Escenario SENER) .....	100
Figura 29. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Noreste (Escenario BAU) .....	100
Figura 30. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Centro (Escenario SENER) .....	102
Figura 31. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Centro (Escenario BAU) .....	102
Figura 32. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Centro-Occidente (Escenario SENER) .....	104
Figura 33. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Centro-Occidente (Escenario BAU) .....	104
Figura 34. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Noroeste (Escenario SENER) .....	106
Figura 35. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Noroeste (Escenario BAU) .....	106
Figura 36. Evolución de la Sustentabilidad Regional (Escenario SENER).....	108
Figura 37. Evolución de la Sustentabilidad Regional (Escenario BAU).....	108

Figura 38. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad en México (Escenario SENER).....	111
Figura 39. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad en México (Escenario BAU).....	111
Figura 40. Evolución de la Sustentabilidad Nacional.....	114

## RESUMEN

El estudio de la sustentabilidad de la política energética ha adquirido vital importancia en el marco energético actual a escala mundial. En México se ha impulsado el uso del gas natural, por considerarlo más limpio que otros combustibles y además por razones de tipo económico. En este trabajo se hizo un análisis de sustentabilidad del sector energético Mexicano, utilizando la combinación de dos herramientas: por un lado los indicadores de sustentabilidad propuestos por la Organización Latinoamericana de Energía y por otro el uso de la prospectiva a través de una plataforma de usos finales. Los indicadores referentes a la dimensión económica: autarquía energética y robustez frente a cambios externos presentaron nivel alto de sustentabilidad y la productividad energética nivel medio. En la dimensión social: la cobertura eléctrica presentó nivel alto, mientras la cobertura de necesidades energéticas básicas nivel medio. Por último, en la dimensión ambiental y de recursos naturales: la pureza relativa del uso de la energía y el alcance de recursos fósiles en nivel alto y el uso de energías renovables en nivel bajo. En general, la política energética basada en la promoción del uso del gas natural en la demanda energética, en particular en los sectores eléctrico, transporte y residencial, muestra ventajas en términos de sustentabilidad y lleva sin lugar a dudas a una reducción de emisiones al ambiente y de externalidades asociadas a éstas. Sin embargo, los resultados obtenidos reafirman la necesidad de implementar políticas energéticas tendientes a la diversificación energética, evitando la dependencia de un solo combustible.

## INTRODUCCIÓN

El uso de la energía contribuye grandemente a impulsar el desarrollo tecnológico, económico y social, y en general a mejorar la mayoría de actividades realizadas por el hombre y su calidad de vida. El mejoramiento de las condiciones de trabajo, el aumento en la oferta de servicios básicos, el acceso a un mayor confort y a oportunidades de esparcimiento, entre muchos otros, están íntimamente ligados a un consumo creciente de recursos energéticos, en su mayor parte de combustibles fósiles como el petróleo, el gas o el carbón.

Dada la dinámica de crecimiento de la economía mundial puede afirmarse que, al menos en el mediano plazo, esta tendencia hacia a un mayor consumo de combustibles fósiles se verá pronunciada. Esto se reafirma si tomamos en cuenta el desarrollo tecnológico y el nivel de costos de las energías renovables y las energías alternativas, los cuales limitan las posibilidades en un plazo razonable de que puedan ser sustituidos en forma significativa por otras fuentes de energía.

Lo anterior reviste especial importancia ya que tanto la transformación, como el transporte y el uso de las distintas fuentes energéticas tienen un gran número de implicaciones en el medio ambiente así sea en el ámbito local, regional y global. Afortunadamente esto ha generado una creciente preocupación mundial por los impactos sobre el entorno del consumo de energéticos, dando lugar a la puesta en marcha de medidas de choque y compromisos a escala internacional con el objetivo de reducir los niveles de contaminación actuales.

La conjunción de estos factores ha hecho que, en el marco energético actual, la sustentabilidad<sup>1</sup> del uso de recursos energéticos esté adquiriendo un peso

---

<sup>1</sup> El desarrollo sustentable está basado en la premisa de satisfacer las necesidades de desarrollo económico presente, pero sin comprometer las capacidades para las generaciones futuras (informe Brundtland, 1987)

creciente, hasta el punto que constituye ya un parámetro decisivo a la hora de la planificación energética en muchos países.

En particular debemos mencionar el Protocolo de Kyoto que pretende dar respuesta al problema del calentamiento de la tierra, el cual entró en vigor el 16 de febrero del 2005 y que obliga a los países que se adhieren a él a asegurarse, individual o conjuntamente, de reducir el total de sus emisiones antropógenas agregadas a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012.

Lo anterior requiere la reducción de las emisiones de seis gases de efecto invernadero, estos son: el dióxido de carbono, el metano, protóxido de nitrógeno y tres gases fluorados, lo cual se traduce en una reducción considerablemente del uso de energías fósiles, que representan el 80 por ciento de estas emisiones.

Si bien México no esta obligado a cumplir con los niveles de reducción antes mencionados el Protocolo de Kyoto representa una oportunidad importante de contribuir a la solución del problema del calentamiento global del planeta ya que el consumo energético para el año 1998<sup>2</sup> representó un impacto del orden de 245.8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, 52.5 miles de toneladas de CO y 517.4 miles de toneladas de NO<sub>x</sub>

Al adherirse al Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable o Agenda 21, suscrito por los Jefes de Estado y representantes de los países asistentes a la Cumbre de la Tierra o Conferencia de Río en Brasil en 1992, México se comprometió a adoptar medidas nacionales y globales en materia de sustentabilidad como también a realizar acciones orientadas a la generación de

---

<sup>2</sup> Datos tomados del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (1994-1998), presentado en la segunda Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

indicadores a través de los cuales se pueda medir y evaluar las políticas y estrategias en materia de desarrollo sustentable.

En cuanto al sector energético mexicano la respuesta para hacer frente a la problemática ambiental, se ha inclinado por el uso extendido del gas natural. Lo anterior por considerar a este como un combustible más limpio que el petróleo y el carbón en particular en lo que se refiere a la generación de electricidad. Sin embargo hay que aclarar que este proceso de expansión se debe principalmente a consideraciones de tipo económico y al desarrollo tecnológico logrado en los últimos años en las turbinas a gas utilizadas para la generación de energía eléctrica, que aumenta su eficiencia térmica lo cual conlleva a reducciones de costos importantes. Así mismo esta transformación energética hacia el gas natural ha sido acelerada por el proceso de desregulación y apertura a la inversión privada en la industria del gas natural, que ha acompañado al fenómeno de la globalización en el cual las exigencias financieras de rápida recuperación del capital invertido favorecen a tecnologías menos intensivas en capital como las asociadas al gas natural.

Si bien la vía del gas natural como principal opción energética se supone, además de ventajosa desde el punto de vista tecnológico y económico, una opción sustentable en términos ambientales, hay que hacer notar que su combustión, al igual que los demás combustibles fósiles, produce emisiones de efecto invernadero. Además, sus ventajas parecen disminuir al tomar en cuenta la seguridad de abastecimiento puesto que la mayor parte de las reservas mexicanas se encuentran sin explotar debido a la falta de capitales para invertir lo cual se traduce en una cada día más importante cantidad de importaciones de gas natural a lo cual se suma la alta volatilidad de precios que caracteriza al gas natural.

Ante esta situación cabe preguntarse si el gas natural permitirá efectivamente cumplir con las exigencias ambientales satisfaciendo al mismo tiempo las necesidades de abastecimiento de la creciente población del país, es decir si se

trata realmente de una política energética sustentable desde el punto de vista económico, ambiental y social.

Dentro de este contexto, la pregunta que pretendemos responder en esta tesis es:

*¿El abandono del uso del combustóleo como elemento fundamental en la política energética y la adopción del gas natural como principal alternativa representa una política energética sustentable?*

Para plantear posibles respuestas a este cuestionamiento partiremos del planteamiento de las 2 hipótesis siguientes:

*a) “Independientemente de las ventajas comparativas de un combustible con respecto a otro en términos económicos, sociales y ambientales, la sustentabilidad de una política energética no puede lograrse si esta se separa del principio básico de la diversificación energética”*

*b) “La sustentabilidad del sector energético del futuro estará supeditada a la progresiva sustitución de fuentes energéticas no renovables por fuentes renovables, tales como la solar, la eólica, la proveniente de la biomasa, la geotérmica y otras”*

Dada la complejidad del sector energético, tanto desde el punto de vista tecnológico como organizacional, para responder a este cuestionamiento y comprobar las hipótesis presentadas es necesario hacer uso de herramientas que nos permitan estimar los efectos de la política energética en el marco de las relaciones economía, energía y medio ambiente.

Para lograr lo anterior se propone la combinación de dos herramientas en lo cual radica la originalidad de este trabajo. Por un lado a partir de los indicadores de sustentabilidad energética propuestos por OLADE se desarrolla una aplicación

para el sector energético mexicano considerando que estos permiten traducir el conocimiento físico y social de la ciencia a unidades manejables de información facilitando así la evaluación del proceso de toma de decisiones. Ayudan igualmente a medir y a calibrar el progreso hacia metas de desarrollo sustentable y a proporcionar una detección temprana, dando una voz de alerta a tiempo, para prevenir posibles daños económicos, sociales y/o ambientales.

Por otro lado hacemos uso de la prospectiva técnico-económica, a mediano plazo, para evidenciar las implicaciones ambientales, económicas y sociales del uso extendido del gas natural en México en comparación con la política energética precedente caracterizada por el uso masivo de combustóleo lo cual permitirá evaluar la efectividad del cambio de política energética realizado en los últimos años.

Para lograr lo anterior se plantean dos escenarios de análisis: uno el Escenario Base o de Referencia (SENER), asociado con la dinámica actual del sistema, el cual refleja la política energética existente en cuanto al uso extendido del gas natural. El segundo, Escenario tendencial (BAU, Business as Usual), se construyó bajo una lógica que supone un movimiento inercial de continuidad con respecto a las condiciones económicas y a las políticas energéticas aplicadas o iniciadas en el período anterior al proyectado, manteniendo la tendencia anterior con respecto a la demanda de combustibles fósiles, especialmente el uso del combustóleo en el sector eléctrico. La diferencia fundamental entre los dos escenarios radica en el distinto consumo de energéticos para satisfacer la misma demanda. Los dos escenarios consideran una tendencia de crecimiento para la economía nacional de 4.7% en promedio anual para el periodo mencionado. Asimismo, considera una inflación promedio de 3.1%.

La pertinencia del análisis comparativo presentado se refuerza por los hechos constatados en los últimos meses en donde se verifican tendencias que indican el regreso del combustóleo como opción energética para algunas aplicaciones, tanto



en el sector eléctrico como en el sector industrial. Esto como resultado de la alta volatilidad de precios del gas natural así como de las restricciones de abasto existentes resultado de la falta de inversión en exploración y producción de gas natural.

La herramienta escogida para los análisis prospectivos es el LEAP (Long-range Alternatives Planning System)<sup>3</sup>, la cual es una plataforma de usos finales (Bottom-up)<sup>4</sup>, en donde las variables explicativas son las demandas estructurales, construyendo la demanda de energía a partir de los usos finales de cada sector y describiendo cada tecnología de producción a través de parámetros técnicos, obteniéndose de esta forma una detallada desagregación de la demanda de energía.

Para nuestro caso los sectores de consumo son iguales a los usados en el Balance Nacional de Energía y se define el año 1996 como año base. La programación del sistema energético de referencia se lleva a cabo tanto a nivel regional como nacional y se construye con base en las prospectivas 2003-2012 de la Secretaría de Energía, de tal forma que reproduce el Balance Nacional de Energía de la Secretaría de Energía.

A partir de estos dos enfoques se pretende obtener el perfil de emisiones y los índices de sustentabilidad a nivel país para los distintos escenarios lo cual nos permitirá responder a la pregunta planteada.

El trabajo se lleva a cabo en 3 capítulos, en el primer capítulo se desarrolla el concepto básico de desarrollo sustentable y de las dimensiones consideradas en el mismo a través de los diferentes indicadores de sustentabilidad energética propuestos por la OLADE. En este capítulo se hace énfasis en las razones por las cuales se establecieron dichos indicadores, así como los principales riesgos y

---

<sup>3</sup> Desarrollado por el Stockholm Environment Institute Boston Center.

<sup>4</sup> Para un mejor entendimiento de estos modelos de energía véase Jacobsen, 1998.

limitaciones de su utilización. Así mismo, este capítulo sirve a la presentación de los conceptos generales de política energética y sus instrumentos de planeación así como, a la descripción histórica de la política energética mexicana. Especial énfasis se hace en las necesidades de diversificación de la oferta en la canasta energética y de la inminente expansión del Gas Natural.

El segundo capítulo nos ofrece una perspectiva integrada del escenario energético actual, a escala mundial y nacional, la cual refleja grandes diferencias entre los países desarrollados y aquellos que se encuentran en vías de desarrollo. Además muestra las tendencias mundiales en cuanto al uso de energéticos primarios. Lo anterior con el objeto de poner en perspectiva la política energética mexicana con relación al contexto mundial.

El tercer capítulo, se centra en el análisis prospectivo del sector energético Mexicano, presentando la descripción de la plataforma LEAP y la metodología utilizada en el análisis. Aquí, se definen los dos escenarios y se presentan los resultados y el análisis de los indicadores tanto a nivel regional como a nivel país, durante el periodo 1996 a 2012, utilizando la información obtenida con el LEAP.

## **1 LA SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA**

En este capítulo se desarrolla el concepto básico de desarrollo sustentable y se analizan las dimensiones consideradas en el mismo a través de los diferentes indicadores de sustentabilidad energética propuestos por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) A fin de ser estrictos en el análisis se hace un especial énfasis en las razones por las cuales se establecieron estos indicadores, así como los principales riesgos y limitaciones de su utilización.

Para evaluar la sustentabilidad de la política energética mexicana es necesario primero analizar en detalle los diferentes elementos de la misma, para lo cual en este capítulo se presentan los conceptos generales de política energética y sus instrumentos de planeación así como, la descripción histórica de la política energética mexicana.

Así mismo en este capítulo se plantea que la problemática de protección al medio ambiente resultado de las preocupaciones de los países en cuanto al desarrollo sustentable como una de las causas que están detrás de la expansión del gas natural a escala mundial y nacional.

Finalmente se ilustran los hechos que crean la necesidad de implementar políticas energéticas con programas tendientes a lograr un uso racional y eficiente de la energía y a la utilización más balanceada de todas las fuentes de energía primaria, en especial de aquellas que son altamente vulnerables a cambios en los precios.

El desarrollo de este capítulo nos dará las bases conceptuales de sustentabilidad y de los indicadores energéticos asociados a ella. Además, nos permitirá entender las razones de la política energética actual caracterizada por el uso extendido del gas natural.

## 1.1 CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD

### 1.1.1 Consideraciones Generales

A partir de la segunda guerra mundial y hasta mediados de los sesenta la necesidad de un rápido crecimiento de la economía mundial provocó que la riqueza proveniente de la naturaleza fuera considerada como una fuente inagotable de recursos, cuya explotación no suponía limitaciones al modelo existente de producción (Guajardo, 2001). Esta visión se ha visto transformada de modo importante debido a la constatación de algunos efectos negativos de la actividad económica sobre la naturaleza, tales como el calentamiento de la tierra, la disminución de la capa de ozono y la lluvia ácida, etc. Como consecuencia se ha reevaluado la relación entre el hombre y la naturaleza, dándosele importancia a la dimensión ambiental en la evaluación del impacto del crecimiento económico.

La crisis ambiental permitió cuestionar las bases conceptuales que han impulsado y legitimado el crecimiento económico, surgiendo inicialmente dos posiciones extremas al respecto: la del reducir radicalmente el crecimiento económico en aras de la protección de la naturaleza y la de quienes sugieren la posibilidad de una estrategia sustentable. Sin embargo, la evolución del análisis del crecimiento económico y del ambiental ha ocurrido a distintas tasas. Esto debido a que los objetivos de la investigación del crecimiento económico han sido más particulares<sup>1</sup>, mientras que el análisis ambiental<sup>2</sup> requiere una aproximación

---

<sup>1</sup> La economía neoclásica considera el sistema económico separado de los sistemas naturales y sociales.

<sup>2</sup> En la cual existen tres corrientes que son: La economía ambiental reconoce los problemas y limitaciones que la intervención humana ha provocado sobre la naturaleza, pero plantea que la solución de los problemas que surjan de ella, pueden ser resueltos adecuadamente con el instrumental económico disponible y el auxilio de la tecnología. La economía ecológica suma a la anterior la entropía como límite dentro del análisis económico, la cual señala que la utilización de recursos materiales, en especial de los recursos energéticos fósiles, degrada la energía desde un estado inicial de orden a otro final de desorden, generando una pérdida irrecuperable. La ecología profunda cuyo enfoque le atribuye un valor intrínseco a la naturaleza, más allá de cualquier consideración económica. De esta forma, postulan mantener la naturaleza por el simple hecho de resguardar y proteger la vida más allá de la valoración que pueda tener para el hombre como insumo en la satisfacción de sus necesidades materiales (Guajardo 2001).

multidimensional. Así por ejemplo, se ha abordado el estudio del efecto del crecimiento económico sobre la escasez de recursos naturales, el impacto ambiental sobre la biodiversidad y la calidad ambiental (Gómez, 2002). Sumado a esto, cuando se considera la dimensión social surgen también cuestionamientos importantes acerca de la definición de los parámetros a medir para contemplar el efecto del crecimiento económico sobre esta dimensión.

Estas ideas dan origen a la propuesta de una estrategia en la que los objetivos del crecimiento económico y la conservación dejan de ser incompatibles. Igualmente, esta problemática conceptual y operativa revela la complejidad al momento de delimitar las dimensiones afectadas por el crecimiento económico. Sin embargo, es aparentemente claro que cualquier estudio que pretenda evaluar la sustentabilidad del uso de determinado recurso energético debe incluir una aproximación multidimensional.

### **1.1.2 Origen Institucional del Concepto de Sustentabilidad**

En respuesta a las presiones internacionales que sobre el ambiente se venían reconociendo desde los años sesenta, las Naciones Unidas preparó una Conferencia sobre el Ambiente Humano (Estocolmo, 1972). Sus resultados impulsaron una serie de eventos internacionales sobre los problemas ambientales globales y condujeron a la creación del Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA), organismo internacional que se ha dedicado a promover mejoras en el medio ambiente. En los años ochenta, esta discusión continuó ampliándose, a tal punto que fue necesario efectuar una investigación sobre la gravedad de este problema, cuya responsabilidad recayó en la Comisión Mundial sobre el Desarrollo Ambiental. Su informe final constituye el denominado informe Brundtland o Nuestro Futuro Común (World Comisión, 1987), que llamó a tomar acciones políticas decisivas en torno al crecimiento económico, el desarrollo y el ambiente.

Este informe puso a la luz una clara visión de las relaciones que existen entre el ambiente y el desarrollo al expresar que *“el desarrollo sustentable está basado en la premisa de satisfacer las necesidades de desarrollo económico presente, pero sin comprometer las capacidades para las generaciones futuras”*<sup>3</sup>. Es decir, que las necesidades y aspiraciones de hoy podrían conciliarse con las del mañana siempre que se produjeran cambios fundamentales en la forma como las naciones manejan la economía mundial, puesto que el desarrollo ha producido un mundo con nuevas realidades, realidades que todavía no se reflejan en el comportamiento humano, económico, político o institucional de los gobiernos. Esto implica, naturalmente, que se debe pensar con más seriedad en reestructurar la actual realidad económica para darle un sentido real a un desarrollo ambientalmente concebido y sustentable. Veinte años más tarde de Estocolmo, el tema ambiental ocupó un lugar preponderante en la agenda internacional, por lo que se convocó a una Cumbre Mundial en Brasil (Cumbre de Río en 1992), dedicada a examinar justamente estas nuevas realidades y relaciones del desarrollo y establece que *“el desarrollo sustentable debería satisfacer equitativamente las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras”*.

Por su parte la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en el reporte denominado nuestra propia agenda, establece las bases para una estrategia sustentable de desarrollo como *“el desarrollo que contribuye más equitativamente a los beneficios del progreso económico, protege el ambiente nacional y mundial para el beneficio de las generaciones futuras y mejora genuinamente la calidad de vida”*<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Aunque su significado es básico y tiene la aprobación de casi todo el mundo, surgen cuestiones relevantes como: a) ¿qué son necesidades desde la óptica de la definición? b) ¿cuántas generaciones es preciso tomar en consideración?, c) ¿por qué considerar las generaciones futuras?, d) ¿qué nivel de vida es aceptable? considerando el cambio tecnológico, ¿por qué excluir la posibilidad de un futuro con mejores condiciones? e) ¿cuál es el colectivo humano de referencia?, f) La problemática diferencial entre países ricos y pobres. Vegara, C. 2001.

<sup>4</sup> OLADE,2000.

México se comprometió a adoptar medidas nacionales y globales en materia de sustentabilidad como también a tomar acciones orientadas a la generación de indicadores a través de los cuales se pueda medir y evaluar las políticas y estrategias en materia de desarrollo sustentable<sup>5</sup>.

## **1.2 DIMENSIONES CONSIDERADAS**

La energía está directamente relacionada con las preocupaciones sociales más acuciantes que afectan el desarrollo sustentable: la pobreza, el empleo y el nivel de ingresos, el acceso a servicios sociales, el crecimiento demográfico, los temas económicos y de seguridad, los cambios climáticos y la calidad del medio ambiente, la salud, la degradación del suelo, etc. A escala internacional, se reconocen como dimensiones relevantes del desarrollo sustentable el crecimiento económico, la equidad social, la protección al medio ambiente (recursos naturales) y el manejo institucional<sup>6</sup>. Son múltiples los vínculos que pueden encontrarse entre estas dimensiones. Para mencionar tan sólo algunos: el crecimiento económico depende de la sociedad que provee los recursos humanos y de capital necesarios para la producción; es la sociedad también la que determina los patrones de consumo que inciden sobre las decisiones que adoptan las empresas; asimismo dicho crecimiento modifica los intereses y características de la población; el ambiente recibirá los residuos sólidos, líquidos y gaseosos que la sociedad genere; la producción dependerá de la disponibilidad de recursos naturales; esto generara un cambio en la política energética, etc.

Todo esto debe estar contemplado en el diseño de una política energética de tal manera que esta pueda contribuir al mismo tiempo a un desarrollo económico equilibrado que genere equidad social y sea respetuoso del medio ambiente.

---

<sup>5</sup> Cumbre de Río 1992.

<sup>6</sup> Ver indicadores para el desarrollo sustentable, Agencia Internacional de Energía y Energía y Desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe: Enfoques para la política energética, Olade.

### **1.2.1 Dimensión Económica**

El análisis de la dimensión económica puede darse en varios planos:

En el plano político, el sector energético es objeto de preocupación con respecto a situaciones de dependencia, tanto de importación como de exportación, pues aumenta la vulnerabilidad de la economía por alza o baja de precios en el mercado internacional.

En el plano macroeconómico, el sector tiene un gran impacto sobre el sector externo, los ingresos fiscales y sobre los gastos e inversiones públicas, como es el caso de México.

A escala sectorial, el buen desempeño del sector energético es crucial en la economía, sobre todo por la necesidad de calidad y confiabilidad en el suministro de energía.

### **1.2.2 Dimensión Social**

La dimensión social constituye sin duda una noción compleja que abarca un conjunto de aspectos que miden el nivel de vida de los habitantes de un país. Entre otros:

El nivel y estructura del consumo energético es un rubro importante dentro del gasto familiar, pues el grado de desigualdad en la distribución del ingreso es característico de los países en vías de desarrollo.

El grado de accesibilidad a algunas fuentes energéticas, provoca que algunos hogares no logren cubrir sus necesidades energéticas básicas. Además, los estratos de menores recursos tienen que destinar una parte importante de sus ingresos para el abastecimiento energético.



Igualmente, las reformas en el sector energético, en conjunto con las de otros sectores públicos, han tenido un fuerte efecto sobre el ingreso disponible y el bienestar de amplios estratos de la población y han afectado el nivel de empleo en el sector.

### **1.2.3 Dimensión Ambiental y/o de Recursos Naturales**

En realidad, se puede considerar el medio ambiente como parte de los recursos naturales o viceversa, ya que actualmente se deben considerar tanto los recursos naturales como la degradación del medio ambiente, en iguales condiciones de depreciación de capital físico, para cuantificar adecuadamente el ahorro nacional. Por esto, los aspectos de sustentabilidad energética con respecto a recursos naturales y el medio ambiente son tratados de manera conjunta<sup>7</sup>.

Existe una interrelación entre la explotación de los recursos energéticos fósiles y los recursos ambientales, pues los primeros son determinantes de grandes impactos ambientales sobre el aire y la atmósfera. La calidad del ambiente acciona sobre el suelo y el agua causando pérdida de recursos productivos, mientras que la contaminación atmosférica presenta amenazas para la salud.

En este contexto, la sustentabilidad en esta dimensión depende de la intensidad y forma en que se exploran, producen, transportan, transforman y utilizan los recursos energéticos y la intensidad y forma en que estos repercuten sobre la calidad del ambiente.

---

<sup>7</sup> René Salgado y Hugo Altomonte, OLADE, 2001.

#### **1.2.4 Dimensión Política Institucional**

Los aspectos institucionales del desarrollo sustentable se basan en las políticas, estrategias y normas realizadas entorno a éste. Para lo cual, se requiere una estructura apropiada de incentivos, legislación, gestión y organización de las actividades productivas, manteniendo respeto por el medio ambiente, facilitando el desempeño de los sectores públicos y privados y propiciando la participación ciudadana y el consenso, es decir existe un vínculo directo entre la dimensión institucional y las otras tres dimensiones del desarrollo sustentable.

La búsqueda de un equilibrio dinámico entre todas las formas de capital que participan en el esfuerzo por lograr un desarrollo sustentable, crea la necesidad de orientar la gestión de gobierno en el marco de la competitividad y el soporte del desarrollo sustentable. Por tanto es imprescindible que existan políticas de Estado que conduzcan la evolución de los sistemas económico, social, político y ambiental hacia la sustentabilidad.

En este contexto, la sustentabilidad en esta dimensión depende de la capacidad e instrumentos y mecanismos institucionales utilizados para generar y aplicar estrategias, programas y acuerdos en el marco del desarrollo sustentable, es decir que se cuente con un marco institucional efectivo en todos los niveles, económico, social y ambiental, como clave para alcanzar las metas del desarrollo sustentable.

### **1.3 INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA**

La sustentabilidad energética se analiza a partir de un grupo de indicadores, **Cuadro 1**, relacionados con la estructura y variables de los sistemas energéticos y asociados con las mencionadas dimensiones del desarrollo sustentable<sup>8</sup>. Por lo tanto, con la serie de indicadores que se presentan a continuación, se pretende

---

<sup>8</sup> Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Guía para la Formulación de Políticas Energéticas, OLADE/CEPAL/GTZ, Ecuador, Julio 2000.

señalar un conjunto de aspectos relativos al sistema energético que afectan de diferente manera y grado, las dimensiones de la sustentabilidad del desarrollo y que están relacionados con:

- a) Riesgos, vulnerabilidades y restricciones para el desarrollo socioeconómico;
- b) Sesgos inequitativos en el abastecimiento energético y posibles incoherencias en el uso de los recursos;
- c) Efectos externos sobre el medio ambiente.

### **1.3.1 Dimensión Económica**

Los indicadores seleccionados para esta dimensión son los siguientes:

- 1. *Autarquía energética:*** Indica fragilidad o fortaleza de la economía nacional respecto a cambios en los factores externos, representa dependencia y vulnerabilidad de la economía en caso de requerir de importaciones para cubrir su demanda. Una baja participación de las importaciones en la oferta energética, indica una alta sustentabilidad.
  
- 2. *Robustez frente a cambios externos:*** Al igual que la autarquía energética, este indicador representa fragilidad o fortaleza de la economía nacional respecto a cambios en los factores externos, indica la vulnerabilidad del desempeño de economías altamente dependientes de su exportación energética. La dependencia es aún más grande, si las rentas energéticas contribuyen en un alto porcentaje al presupuesto del Estado, como es el caso de México. Una baja contribución de las exportaciones energéticas al PIB, indica una alta sustentabilidad.
  
- 3. *Productividad energética:*** Este indicador mide el producto interno bruto generado por unidad de energía consumida, es decir, una alta productividad

energética significa que se produce más PIB por unidad de energía consumida. Sin embargo, su interpretación debe ser cautelosa ya que no necesariamente indica eficiencia energética, hay que tomar en cuenta, que puede indicar efectos estructurales (como el peso de industrias intensivas en energía), la mayor o menor contabilización del sector informal de la economía, los efectos de la conversión en una moneda común, así como del cálculo del PIB en términos reales. Un alto PIB por unidad de energía, indica una alta sustentabilidad.

**Cuadro 1. Indicadores para la Sustentabilidad e Términos Energéticos**

Indicador	Definición	Fuente de datos	Normalización
1 Autarquía energética	Porcentaje de las importaciones en la oferta energética	SENER, LEAP	0=100% 1=0%
2 Robustez frente a cambios externos	Porcentaje de las exportaciones energéticas sobre el PIB, (bep/PIB USD 1980)	SENER, INEGI, CONAPO, LEAP	0=14 bep/1000 USD 1=1 bep/1000 USD
3 Productividad energética	Inversa de la intensidad energética, (PIB/bep)	SENER, INEGI, LEAP	0=0 USD/bep 1=1000 USD/bep
4 Cobertura eléctrica	Porcentaje de hogares electrificados	INEGI, CONAPO	0=0% 1=100%
5 Cobertura de necesidades energéticas básicas	Consumo de energía útil residencial, (bep/hab)	SENER, CONAPO, LEAP	0=0 bep/cap 1=1 bep/cap
6 Pureza relativa del uso de energía	CO <sub>2</sub> / consumo energético	SENER, INE, LEAP	0>=>=1 t/bep 1=<= 0,3 t/bep
7 Uso de energías renovables	Participación de energía renovable en la oferta energética	SENER, LEAP	0=0% 1=>=50%
8 Alcance de recursos fósiles	Relación entre reservas y producción de recursos fósiles (R/P)	SENER, LEAP	0=0 años 1=25 años

### 1.3.2 Dimensión Social

4. **Cobertura eléctrica:** Representa la relación de hogares electrificados respecto al total de hogares existentes. El grado de accesibilidad al servicio eléctrico puede variar según el nivel de urbanización y de pobreza. Especialmente en las áreas rurales se presentan grados muy dispares en cuanto a la cobertura eléctrica. Un alto porcentaje de hogares electrificados, indica una alta sustentabilidad.
  
5. **Cobertura de necesidades energéticas básicas:** Este indicador mide el consumo de energía útil en el sector residencial. Para efectos de cálculo se aplican las eficiencias de transformación de energía final entregada en energía útil para cada energético: electricidad 80%; GLP 40%; gasolina, queroseno, diesel y combustóleo 35%; gas natural y otros gases 50%; carbón mineral 20%; leña y carbón vegetal 10% y otras fuentes de energía 7%.

### 1.3.3 Dimensión Ambiental y/o de Recursos Naturales

6. **Pureza relativa del uso de energía:** Es la relación existente entre las emisiones de bióxido de carbono y el consumo energético. La idea de este indicador es crear conciencia del uso de fuentes energéticas con bajos niveles de emisiones de bióxido de carbono y su relevancia, en nuestro caso, radica en la participación de México en el Protocolo de Kyoto y en los efectos en el largo plazo de las políticas tendientes a reducir las emisiones de gas efecto invernadero. Bajos niveles de emisiones de CO<sub>2</sub>, indican una alta sustentabilidad.
  
7. **Uso de energías renovables:** Corresponde a la participación de la energía renovable en la oferta energética. Se consideran energías renovables: hidroenergía, geotermia, productos de caña y otras fuentes primarias. La leña no se considera renovable debido a los altos niveles de deforestación

existentes. Una alta participación de energías renovables en la oferta energética, indica una alta sustentabilidad.

- 8. Alcance de los recursos fósiles:** Es la relación entre las reservas y la producción de recursos fósiles. Este indicador nos permite estimar la extensión del alcance de recursos fósiles en el largo plazo, la seguridad en el suministro también en el largo plazo y el mantenimiento de un mínimo de patrimonio natural. Un alto nivel de relación reservas/producción de energéticos fósiles, indica una alta sustentabilidad.

## **1.4 CONCEPTOS GENERALES DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y SUS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN**

### **1.4.1 Naturaleza y Orientación de la Política Energética**

Política Energética es la necesaria y estratégica búsqueda de acciones directas por parte de un Estado en la economía nacional, a través de un plan nacional, para dar abastecimiento y una adecuada atención a las necesidades energéticas de sus habitantes, mediante la eficiente y equitativa asignación de los recursos energéticos disponibles, nacionales y/o extranjeros, atendiendo las interrelaciones del sector con los demás de la economía, especialmente con el medio ambiente, para lograr una mayor sustentabilidad del proceso de desarrollo. Por tanto, la política energética constituye un elemento fundamental dentro de la política socioeconómica de largo plazo.

Para realizar un proceso de formulación de política energética se tiene que tener muy claro: cuál es la situación actual (¿de qué se parte?); cuál es la situación deseada (¿a qué se aspira?), y con ello se pueden plantear una serie de estrategias para llegar a esa situación ideal (¿cómo actuar?) (Pistonesi et al, 2000).

La política energética, en el mundo actual, esta fuertemente involucrada en la promoción del desarrollo sustentable y, por tanto, abarca aspectos fundamentales en las cuatro dimensiones: económica (eficiencia, seguridad del suministro, calidad, impacto macroeconómico, captación de rentas, etc.); social (Costo mínimo, cobertura total, continuidad, etc.); ambiental (racionalidad en la explotación de los recursos energéticos fósiles y racionalidad en el manejo de cuencas hídricas y en general de los recurso naturales) y política (soberanía, seguridad nacional, influencia internacional, etc.) (Rodríguez-Padilla, 2003). Es evidente que la ponderación que se haga sobre cada una de estas dimensiones debe estar acorde con las condiciones y dinámica de cada país.

Las herramientas utilizadas para la formulación de política energética son: *el diagnóstico y análisis*, el cual caracteriza la situación de partida y permite identificar los problemas y restricciones a enfrentar en la política que se diseñe, en donde se debe prestar especial atención a las interacciones del sistema con la economía, la sociedad y el medio ambiente. *Los sistemas de información energética*, los cuales deberán incluir las variables económicas, sociales y ambientales más relevantes. Y *la planificación y la prospectiva*: La primera responde a un enfoque predominantemente normativo, en donde el estado es el que maneja de modo directo las decisiones de asignación de los recursos, que obedece a una visión integral del sector energético, pero los procesos de descentralización, ya sea por apertura parcial o total, han fomentado el cambio en la naturaleza de la planeación, encontrando en la prospectiva su principal herramienta, con la cual se trata de explorar el futuro reduciendo en lo posible, las incertidumbres implícitas en todo proceso de planificación de largo plazo. De ahí, que uno de los criterios más difundido entre los especialistas en economía energética dice que *“independientemente de la naturaleza del proceso de planificación, resulta indispensable contar con algún tipo de análisis prospectivo”*, ya que se considera que el mismo es un instrumento necesario para el proceso de toma de decisión (Pistonesi et al, 2000).

Dentro de este contexto, queda claro que, la política energética debe ser clara y estable y que las decisiones que se tomen tendrán una influencia significativa para alcanzar la meta, de sustentabilidad propuesta, dentro del proceso de desarrollo.

#### **1.4.2 Lineamientos Generales de la Política Energética en México**

El Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006<sup>9</sup> ha marcado como estrategia para el sector energético, garantizar una oferta suficiente y oportuna de energía que apoye de manera sostenida al crecimiento económico del país.

Así mismo, El Programa Sectorial de Energía 2001 –2006 tiene el propósito fundamental de contribuir a garantizar la viabilidad del sector energético en el largo plazo, manteniendo la soberanía energética y haciendo el mejor uso de los recursos energéticos para los mexicanos de hoy y de las generaciones futuras.

Los principios más relevantes que guían el PND son:

1. Soberanía energética.
2. Seguridad de abasto.
3. Compromiso social.
4. Modernización del sector.
5. Mayor participación privada.
6. Orientación al desarrollo sustentable.
7. Compromiso con las generaciones futuras.

---

<sup>9</sup> Desarrollado por la SENER.



## **Objetivos Y Metas**

El sector ha definido con claridad y de una manera cuantificable a donde se quiere llegar, a través del cumplimiento de objetivos estratégicos y metas específicas, así como el rumbo a seguir para poder alcanzarlas.

En este sentido, los objetivos estratégicos del sector energético son:

1. Asegurar el abasto suficiente de energía, con estándares internacionales de calidad y precios competitivos, contando para ello con empresas energéticas, públicas y privadas, de clase mundial.
2. Hacer del ordenamiento jurídico un instrumento de desarrollo del sector energético, otorgando seguridad y certeza jurídicas a los agentes económicos y asegurando soberanía energética y rectoría del Estado.
3. Impulsar la participación de empresas mexicanas en los proyectos de infraestructura energética.
4. Incrementar la utilización de fuentes renovables de energía y promover el uso eficiente y ahorro de energía.
5. Utilizar de manera segura y confiable las fuentes nucleares de energía y sus aplicaciones para usos pacíficos, manteniendo los más altos estándares internacionales.
6. Ser un sector líder en prevención de riesgos en la operación productiva.
7. Ser un sector líder en la protección del medio ambiente.
8. Ser líderes en la generación, desarrollo, asimilación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico, así como en la formación de recursos humanos altamente calificados para apoyar el desarrollo sustentable del sector energético.
9. Ampliar y fortalecer la cooperación energética internacional y participar en el ordenamiento de la oferta y demanda en los mercados mundiales de energía.

10. Contar con un sistema de administración con calidad e innovación orientado a satisfacer a las entidades del sector y a los ciudadanos con los servicios prestados.

## **1.5 DESCRIPCIÓN HISTÓRICA DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos dispone que corresponde a la Nación el dominio directo de los recursos naturales del subsuelo y establece que el sector público tiene a su cargo y de manera exclusiva el desarrollo de las áreas estratégicas; asimismo, dispone que el Estado contará con los organismos y empresas que requiera para la gestión eficaz de dichas áreas. De esta forma, el Estado asume la responsabilidad de satisfacer la demanda nacional de energía a través de las empresas Petróleos Mexicanos (Pemex), Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Luz y Fuerza del Centro (LFC), bajo la rectoría de la Secretaría de Energía.

Aún así, durante las dos últimas décadas, el sector energético Mexicano se ha enfrentado a algunos cambios debidos: por un lado, a la modernización del control del estado y por otro al proceso de globalización económica cuyo propósito no es mas que introducir los mecanismos del mercado y la inversión privada donde no la hay (Rodríguez-Padilla, 2001; Viqueira, 2003).

Rodríguez-Padilla (2001) resume los cambios de políticas energéticas dados desde el sexenio del ex-presidente Salinas, pasando por el ex-presidente Zedillo hasta llegar al presidente actual Fox:

El ex-presidente Salinas (1988-1994) comenzó con estos cambios al redefinir la política energética, dando prioridad a la generación de ingresos por impuestos aplicados al sector energético y olvidando los subsidios a través de los cuales el mismo había llegado a ser un promotor de política social. Además la seguridad energética dejó de ser considerada sinónimo de autosuficiencia y la protección al

medio ambiente fue adoptada una meta nacional. Las estrategias utilizadas fueron:

- Desregulación y liberalización de las industrias petroquímica y eléctrica, en acuerdo del Tratado de libre Comercio de América del Norte (TLCAN).
- Sincronización de precios y tasas con los Estados Unidos, para reducir el déficit fiscal e incrementar la autosuficiencia de las empresas del estado.
- La mayor utilización del gas natural especialmente en el sector eléctrico<sup>10</sup>.
- El incremento de exportación de crudo y el incremento de importación de gas natural, petrolíferos y petroquímicos dentro del TLCAN.
- Reestructuración de la propiedad del estado en las empresas PEMEX, CFE y la creación de LFC.
- La utilización de mecanismos financieros con restricciones presupuestales debidas a políticas para el control de la inflación y enfatizando en la participación de la inversión privada. Las modalidades que adoptaron esta participación privada fueron: La de Construcción, Arrendamiento y Transferencia (CAT) y los Productores Independientes de Energía (PIE).
- La generación de electricidad y la exportación fueron abiertas a la participación privada bajo ciertas condiciones<sup>11</sup>. Así como, la importación de energéticos para el autoconsumo.

El ex-presidente Zedillo (1994-2000) continuó con el proceso de liberalización de la industria energética, especialmente generando más renta por impuestos y consolidando la integración con Estados Unidos. Además, de los cambios dados en el gobierno anterior, para pagar los prestamos y salir de la crisis financiera de 1994-95, el gobierno adoptó las siguientes estrategias:

---

<sup>10</sup> Esta estrategia comienza de una manera gradual y no es hasta el año 2000 cuando realmente se ven los cambios dentro de la capacidad efectiva del sector eléctrico Mexicano, Prospectiva del sector eléctrico 2003-2012.

<sup>11</sup> Los participante privados podían generar electricidad para actividades que no se consideraran servicio público, por ello se hizo una reforma a la ley de servicios públicos y por tanto podrían generar para autoabastecimiento, cogeneración y/o pequeña generación.

- Incrementa aún más la exportación de petróleo.
- Desregulación de la industria del GN y GLP.
- La industria petroquímica fue totalmente liberalizada.
- A partir de 1997, se abrieron a concurso obras o adquisiciones para que el sector privado las realice y las financie bajo figuras diversas, ajustadas al esquema normativo de Proyectos de Impacto Diferido en el Registro del Gasto (Pidiregas)<sup>12</sup>.
- En febrero de 1999, el jefe de gobierno hizo la propuesta de liberar totalmente la industria eléctrica, la cual no fue aceptada por el congreso.

El presidente Fox ha enviado al congreso una iniciativa para reformar el sector eléctrico, cuya justificación principal es la de obtener recursos de la inversión privada y fortalecer las empresas paraestatales, para asegurar el crecimiento oportuno en función del aumento de la demanda de energía eléctrica. Pero esta iniciativa implica una reforma constitucional igual o más grande que la que pretendía el jefe de gobierno anterior. Obviamente, al igual que en la anterior administración esta iniciativa no ha pasado el Congreso, pues este no tiene mayoría. En este gobierno el proceso liberalización del sector energético, será lento y probablemente mucho más lento que el de los dos gobiernos anteriores.

## **1.6 LA INMINENTE EXPANSIÓN DEL GAS NATURAL**

La industria del gas natural en el mundo esta teniendo un cambio fundamental, se está presentado una tendencia a incrementar su utilización como energético primario. Este proceso de expansión, se debe principalmente a su disponibilidad (reservas mayores que las del petróleo), al desarrollo tecnológico de turbinas a gas utilizadas para la generación de energía eléctrica, a su gran eficiencia térmica

---

<sup>12</sup> El atractivo principal de este esquema es que permite ampliar el gasto público, y a la vez diferir su pago en los ejercicios fiscales subsiguientes. Ello evita su registro en la deuda pública. Sin embargo, aunque los proyectos se pagan con los ingresos de su propia operación, el Estado es quien asume el riesgo de la inversión.

y a sus ventajas ambientales con respecto a otras fuentes fósiles, entre otras, la reducción de emisiones de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), la baja reactividad fotoquímica de los hidrocarburos (HC) no quemados y la posibilidad de remover, previo a su uso, impurezas indeseables como el azufre que puede ser extraído casi totalmente por procesos establecidos. Por otra parte, éste proceso ha sido acelerado por las reformas regulatorias mundiales, el proceso de globalización y una creciente eficiencia a través del establecimiento de la competencia en sus actividades.

En México, el gas natural (GN) ha tenido históricamente una participación importante tanto en la oferta como en la demanda total energética interna de la cual depende el desarrollo del país. Representando el 12.58% del total de consumo final de energéticos, con fines energéticos y no energéticos, y el 29.29% del total del consumo intermedio de energéticos, en el año 2002<sup>13</sup>. Su participación va a incrementarse en el futuro próximo dado que la intensificación del uso de GN está contemplada en los planes de desarrollo del sector energético, debido a los factores antes mencionados. Se estima que la demanda de GN pase de 4,855 MMpcd a 9,389 MMpcd en el periodo 2003-2012<sup>14</sup>, lo que representa un aumento de 93% y una tasa de crecimiento promedio anual de 6.8%.

El gas natural en México es utilizado como materia prima en la industria petroquímica, como combustible en la propia industria petrolera, que es el consumidor más importante hasta ahora, y en la industria eléctrica donde va a tener un consumo alto debido a los proyectos de instalación de plantas de ciclo combinado. También una parte es utilizada para bombeo neumático en pozos petroleros.

Un aspecto a tener en cuenta dentro de la política energética, en cuanto a la expansión del gas natural, es que las reservas de gas natural en México alcanzan

---

<sup>13</sup> Véase Balance Nacional de Energía 2002, Sener.

<sup>14</sup> Véase Prospectiva Sener del mercado del gas natural 2003-2012.

para 11.4 años, como dije anteriormente cuando hablamos de reservas, al ritmo de extracción y consumo actual, por tanto el requerimiento de mayores volúmenes de producción y procesamiento de GN, requerirá de fuertes inversiones en el sector.

## **1.7 LA NECESARIA DIVERSIDAD EN LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS PRIMARIAS**

Las diversas crisis energéticas han vulnerado nuestras fuerzas e influido considerablemente en nuestro desarrollo económico y estilo de vida. Después de las crisis petroleras ocurridas en los 70's (1973 y 1978), se sucedieron otras con distintas características que marcaron el comienzo de la disminución en la disponibilidad de los combustibles no renovables o de su manipulación con fines económicos.

Asimismo hemos visto como se ha aumentado la contaminación ambiental, originada por la combustión de energéticos fósiles, produciendo efectos adversos sobre el planeta y sobre nosotros mismos, tales como el calentamiento global (El efecto invernadero debido a gases como: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, CFC's y vapor de agua), la lluvia ácida (debido a gases como: NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) y obviamente el deterioro de la atmósfera en las grandes ciudades.

Estos hechos crean la necesidad de implementar políticas energéticas con programas tendientes a lograr un uso racional y eficiente de la energía, a la utilización más balanceada de todas las fuentes de energía primaria, en especial de aquellas que son altamente vulnerables a cambios en los precios. Y ahora que se ha ganado más conciencia con el medio ambiente y se habla de desarrollo sustentable incluiremos entonces la posible sustitución de fuentes energéticas no renovables por fuentes renovables, tales como la solar, la eólica, la proveniente de la biomasa, la geotérmica y otras. En otras palabras la diversidad de fuentes energéticas en la canasta energética se traduce en seguridad y en menos

dependencia, aspectos a tener en cuenta en la política energética. Además todas las fuentes de energía primaria presentan ventajas y desventajas en términos de coste, medioambientales y de seguridad en su suministro.

Se consideran como fuentes de energía primaria a las que se obtienen directamente de la naturaleza, como son: el petróleo crudo, el gas natural, el carbón mineral, la hidroenergía, la geoenergía, la nucleoenergía, la energía solar, la eólica, la biomasa (leña, productos de caña, combustibles de origen vegetal o animal). De estos el petróleo crudo es el de mayor consumo actualmente, **figura 4**, seguido del carbón mineral y luego el gas natural, las demás fuentes catalogadas como renovables tienen una participación mínima en el consumo energético mundial, especialmente la solar, la eólica y la biomasa.

Como se puede apreciar en los **cuadros 12, 13 y 14**, México atraviesa por un acelerado crecimiento en la demanda energética, característico de países con economías emergentes, y por esto resulta indispensable aprovechar eficientemente los recursos energéticos con los que cuenta. A pesar que México es un país rico en recursos energéticos naturales, dependerá de la disponibilidad de infraestructura para la exploración, explotación y distribución a los usuarios finales, especialmente para el gas natural.

Para poder aprovechar eficientemente los recursos energéticos, en la planeación energética tradicional se buscaba la alternativa de generación con el mínimo costo, no importando el impacto al ambiente o si había o no diversificación en la utilización de energéticos con la consiguiente diversificación o no de los riesgos. Mientras que, las técnicas actuales de planificación energética se centran más en encontrar la diversificación óptima del parque generador que minimice los costos para niveles de riesgo dados. Existen algunos riesgos, evitables con esta última técnica, que van contra la seguridad energética pueden ser: amenazas a la falta de suministro, la volatilidad en el precio de los combustibles fósiles, los cuales pueden causar graves problemas en la economía de los países. Además un

parque de generación diversificado puede reducir los costos al incluir porcentajes del orden del 40% de energías renovables, entre renovables convencionales y no convencionales. Por ejemplo la proyección hecha al año 2010 para México, muestra como al disminuir del 75% al 60% la generación eléctrica con combustibles fósiles y aumentar la generación eólica al 9% y la geotérmica al 11% se obtienen resultados satisfactorios reduciendo el precio del KWh de 5 US-cents a 3.6 US-cents. Similares resultados se han obtenido para India y Maruecos (Awerbuch, 2004).

## **1.8 Conclusiones Capítulo 1**

El mercado del gas natural, en el ámbito mundial, está experimentando una rápida expansión como consecuencia de su utilización en la producción de electricidad y se espera que continúe así en las dos próximas décadas.

Con la idea de no crear una dependencia energética que provoque vulnerabilidad económica, política y social, se deben implementar políticas energéticas con programas tendientes a lograr un uso racional y eficiente de la energía, a la utilización más balanceada de todas las fuentes de energía primaria, en especial de aquellas que son altamente vulnerables a cambios en los precios. Igualmente, medidas que fomenten una mayor eficiencia energética en la generación transmisión, transporte y uso final de energéticos, que podrían hacer disminuir de forma considerable la tasa de crecimiento en el consumo energético.

Dentro de este contexto, es pertinente hacernos la pregunta ¿por qué se abandonó el uso del combustóleo como elemento fundamental en la generación de energía eléctrica y se adoptó al gas natural como principal opción, en vez de tomar el criterio de diversificación de energía?.

Partiendo de esta pregunta, para nuestro análisis adquiere relevancia el diagnóstico de la sustentabilidad del sector energético Mexicano como punto de



partida para el diseño de la política energética nacional y por tanto, el presente trabajo tiene por objeto analizar la evolución del sector energético Mexicano en términos de sustentabilidad, realizando una prospectiva técnico-económica a mediano plazo, que indique las implicaciones ambientales, económicas y sociales del uso extendido del gas natural en México. Esto a fin de mostrar sus diferencias con la política energética precedente caracterizada por el uso masivo de combustóleo y de evaluar la efectividad del cambio de política energética realizado en los últimos años.

Así mismo se pretende obtener el perfil de emisiones y los índices de sustentabilidad a nivel país para los distintos escenarios a fin de dar elementos de información para la toma de decisiones.

De igual forma se hace indispensable un análisis general del sector energético dentro del contexto mundial y uno más preciso a escala nacional, que es lo que veremos en el siguiente capítulo.

## **2 EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA**

El presente capítulo nos ofrece una perspectiva integrada del escenario energético actual, a escala mundial y nacional, el cual refleja grandes diferencias entre los países desarrollados y aquellos que se encuentran en vías de desarrollo. Además muestra las tendencias mundiales en cuanto al uso de energéticos primarios y las necesidades de la diversificación de la oferta en la canasta energética. Para ello primero, se presenta un panorama energético internacional en donde se muestra la tendencia en el consumo de recursos energéticos primarios durante el periodo 1992-2001. Y en segundo lugar, se expone el panorama energético nacional durante el periodo 1993-2002 mostrando su evolución y presentando sus debilidades y fortalezas en cuanto a oferta y demanda de recursos energéticos primarios y secundarios.

El desarrollo de este capítulo nos permitirá ver la tendencia en el consumo de energéticos en el ámbito mundial y nacional durante la última década. Lo cual nos permitirá tener un panorama más exacto en cuanto a la cantidad y uso de combustibles dentro de la política energética precedente y un poco de la actual.

### **2.1 PANORAMA ENERGÉTICO INTERNACIONAL**

Durante años se ha analizado en todo el mundo la correlación existente entre las variables energía, medio ambiente, sociedad y economía. Lo cual, no pone en duda que lo que ocurra en el campo energético afecta en forma directa a todas las naciones, independientemente si éstas son desarrolladas o en vías de desarrollo.

#### **2.1.1 Producción y Consumo Mundial de Energía Primaria por Energético**

A pesar de la volatilidad del mercado petrolero y la recesión económica mundial, podemos apreciar en el **cuadro 2**, que la producción de energía en 2001 se incrementó en un 1.80% respecto del año anterior; aumento que se debió

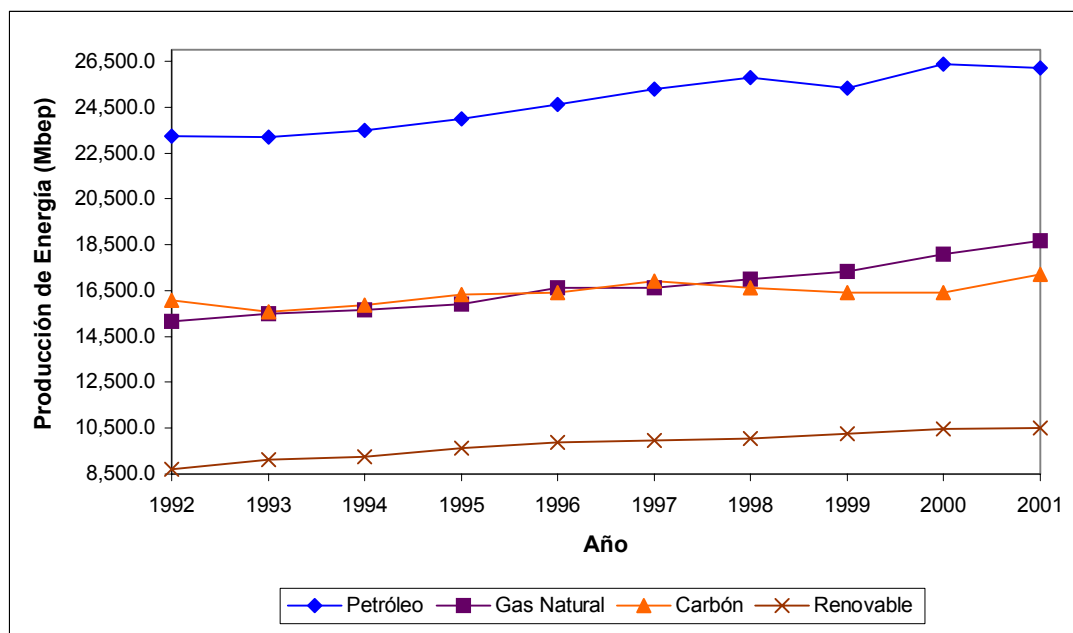
principalmente al incremento de la producción de carbón mineral, contrariamente a lo sucedido durante la década de los noventa donde su tasa de crecimiento fue muy baja tanto en producción como en su consumo. La tasa de crecimiento de las demás fuentes de energía primaria fue inferior a las presentadas en 2000, excepto para el gas natural. Además en la **figura 1**, se puede observar el comportamiento en la producción mundial de energéticos durante el periodo 1992 a 2001, tal como el espacio que fue ganando el gas natural frente al carbón mineral.

**Cuadro 2. Producción Mundial de Energía Primaria por Energético (Mbep)**

Fuente	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Tmca %	
											92-00	00-01
Petróleo	23.238,0	23.194,8	23.482,8	23.997,6	24.595,2	25.293,6	25.767,0	25.342,2	26.370,0	26.186,4	1,59	-0,70
Gas Natural	15.170,4	15.496,2	15.665,4	15.912,0	16.605,0	16.632,0	16.979,4	17.352,0	18.068,4	18.680,4	2,21	3,39
Carbón	16.065,0	15.588,0	15.881,4	16.306,2	16.405,2	16.925,4	16.624,8	16.421,4	16.410,6	17.213,4	0,27	4,89
Renovables	8.724,6	9.108,0	9.235,8	9.646,2	9.901,8	9.963,0	10.047,6	10.274,4	10.449,0	10.503,0	2,28	0,52
<b>Total</b>	<b>63.198,0</b>	<b>63.387,0</b>	<b>64.265,4</b>	<b>65.862,0</b>	<b>67.507,2</b>	<b>68.814,0</b>	<b>69.418,8</b>	<b>69.390,0</b>	<b>71.298,0</b>	<b>72.583,2</b>	<b>1,52</b>	<b>1,80</b>

Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

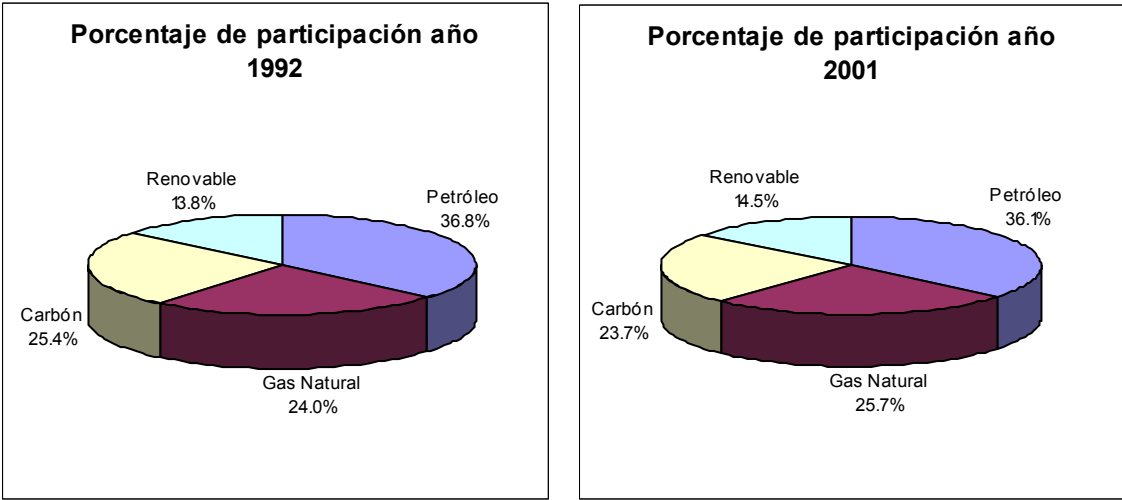
**Figura 1. Producción Mundial de Energía Primaria por Energético (Mbep)**



Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

Es bueno señalar que aunque el petróleo disminuyó su participación del 36.8% en 1992 a 36.1% en 2001, **figura 2**, aún se mantiene como el principal producto de la canasta energética mundial. También que el carbón mineral pasa a ser el tercer producto energético y a pesar que su crecimiento en el periodo 1992-2000 fue bajo, logro un aumentó en su participación de 4.89% en 2001 con respecto a 2000. Además el gas natural que es una de las fuentes energéticas que presenta grandes fortalezas para el consumo futuro, básicamente por su bondad con el medio ambiente, pasó al segundo lugar en producción y su participación aumento en 1.7% de 1992 a 2001.

**Figura 2. Participación de las Fuentes Energéticas en la Producción Energética Mundial**



Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

Por otra parte, en el **cuadro 3** se puede apreciar que, el crecimiento del consumo mundial de energía se aumento en 1.26% en 2001 respecto al año anterior. En donde el petróleo presento una tasa de crecimiento muy baja 0.38% e igualmente las energías renovables con 0.76%. Es bueno señalar que el crecimiento más alto en el consumo energético mundial durante el periodo 2000-2001 lo presento el carbón mineral con una tasa de crecimiento medio anual de 2.45%. Además en la **figura 3**, se puede observar el comportamiento en el consumo mundial de

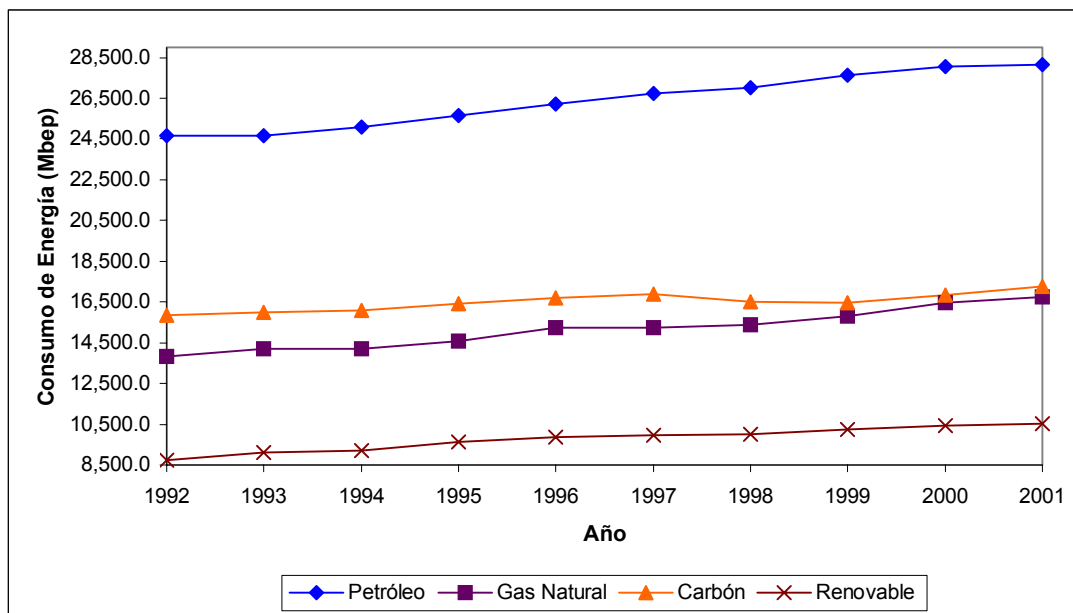
energéticos durante el periodo en estudio, aquí se observa que aún el gas natural no sobrepasa al carbón mineral en su nivel de consumo.

**Cuadro 3. Consumo Mundial de Energía Primaria (Mbep)**

Fuente	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Tmca %	
											92-00	00-01
Petróleo	24,655.7	24,648.2	25,093.1	25,664.6	26,236.7	26,716.4	27,036.0	27,615.1	28,060.7	28,166.6	1,63	0.38
Gas Natural	13,835.4	14,222.8	14,207.1	14,572.2	15,219.1	15,216.9	15,390.7	15,786.4	16,450.2	16,760.0	2,19	1.88
Carbón	15,872.7	15,987.5	16,076.9	16,421.6	16,684.7	16,890.9	16,505.4	16,473.8	16,856.8	17,269.1	0,75	2.45
Renovable	8,713.0	9,092.1	9,214.5	9,626.1	9,887.5	9,942.5	10,023.6	10,248.7	10,431.6	10,510.6	2,28	0.76
<b>Total</b>	<b>63,076.9</b>	<b>63,950.6</b>	<b>64,591.6</b>	<b>66,284.4</b>	<b>68,028.0</b>	<b>68,766.6</b>	<b>68,955.7</b>	<b>70,124.0</b>	<b>71,799.3</b>	<b>72,706.3</b>	<b>1,63</b>	<b>1.26</b>

Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

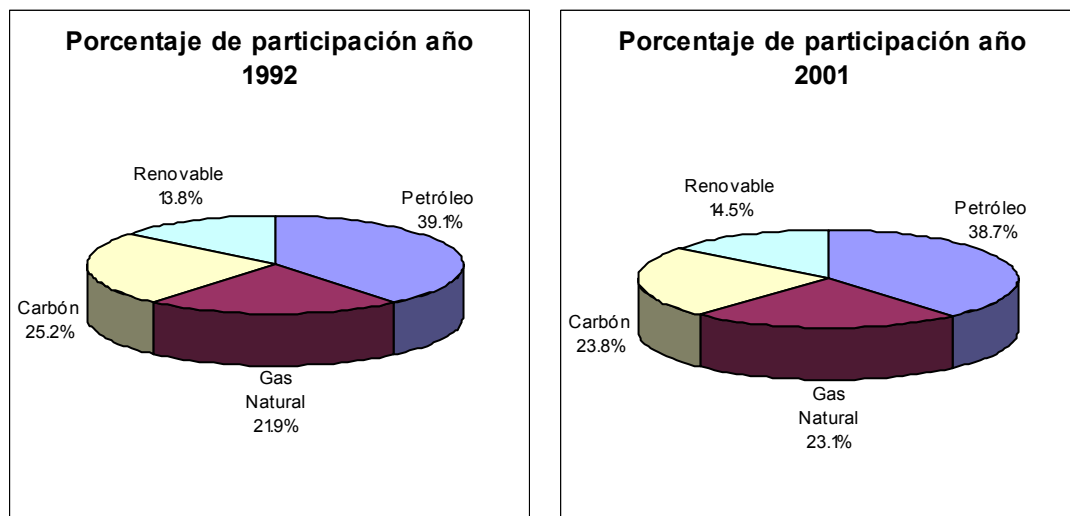
**Figura 3. Consumo Mundial de Energía Primaria (Mbep)**



Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

En la **figura 4**, podemos ver que la participación del petróleo y carbón mineral en el consumo energético mundial se redujeron en 0.4% y 1.4%, durante el periodo analizado, que el consumo de gas natural aumentó su participación en 1.2% e igualmente el consumo de energías renovables aumento en 0.7%.

**Figura 4. Participación de las Fuentes Energéticas en el Consumo Energético Mundial**



Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

### 2.1.2 Producción y Consumo Mundial de Energía Primaria por Regiones

La producción mundial de energía primaria por regiones, **cuadro 4**, aumentó en 1.91% en 2001 respecto de 2000. En términos de producción total de energía, las regiones de América Latina y el Medio Oriente presentaron tasas de crecimiento negativa en el mismo periodo. Las demás regiones tuvieron tasas de crecimiento positivas, siendo Asia y Oceanía la región con mayor crecimiento con 6.21% en el periodo 2000-2001.

En 1992, **figura 5**, la producción de energía de la región representaba el 7.4% de la producción mundial en 1992, incrementándose al 8.7% en 2001, no obstante tuvo una disminución de -0.79% en el último año. Además podemos notar que hubo una disminución en la participación de la región de Norteamérica<sup>1</sup> de 24.0% en 1992 a 22.3% en 2001.

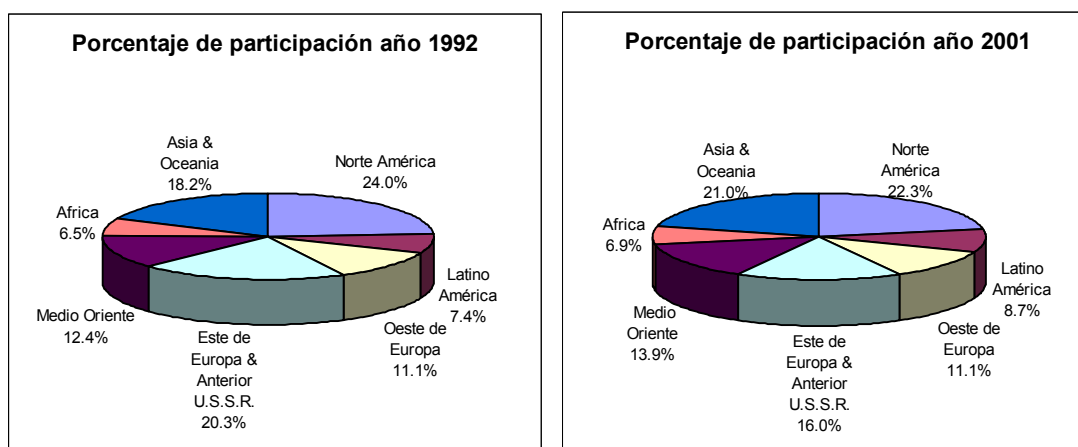
<sup>1</sup> Para éste análisis México se incluyó en la región de América Latina

**Cuadro 4. Producción de Energía Primaria por Regiones (Mbep)**

Región	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Tmca %	
											92-00	00-01
Norte América	15,193.8	15,058.8	15,667.2	15,845.4	16,151.4	16,187.4	16,252.2	16,086.6	16,063.2	16,158.6	0.70	0.59
Latino América	4,672.8	4,861.8	5,025.6	5,257.8	5,630.4	5,992.2	6,156.0	6,058.8	6,384.6	6,334.2	3.98	-0.79
Oeste de Europa	7,005.6	7,113.6	7,302.6	7,502.4	7,921.8	7,930.8	7,898.4	7,957.8	7,974.0	8,049.6	1.63	0.95
Este de Europa & Anterior U.S.S.R.	12,852.0	11,975.4	11,052.0	10,807.2	10,816.2	10,486.8	10,382.4	10,717.2	11,197.8	11,637.0	-1.71	3.92
Medio oriente	7,842.6	8,236.8	8,449.2	8,632.8	8,825.4	9,239.4	9,811.8	9,594.0	10,265.4	10,130.4	3.42	-1.32
África	4,120.2	4,086.0	4,131.0	4,348.8	4,451.4	4,710.6	4,739.4	4,788.0	5,002.2	5,043.6	2.45	0.83
Asia & Oceanía	11,507.4	12,051.0	12,632.4	13,467.6	13,714.2	14,261.4	14,184.0	14,176.8	14,376.6	15,269.4	2.82	6.21
<b>Total Mundial</b>	<b>63,194.4</b>	<b>63,383.4</b>	<b>64,260.0</b>	<b>65,862.0</b>	<b>67,510.8</b>	<b>68,808.6</b>	<b>69,424.2</b>	<b>69,379.2</b>	<b>71,263.8</b>	<b>72,622.8</b>	<b>1.51</b>	<b>1.91</b>

Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

**Figura 5. Participación de las Regiones en la Producción Energética Mundial**



Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

El consumo mundial de energía primaria por regiones, **cuadro 5**, aumentó en 1.27% en 2001 respecto de 2000. Las regiones de América Latina y Norteamérica presentaron tasas de crecimiento negativa en el mismo periodo, lo cual podría ser un reflejo de la recesión económica. Sin embargo, las demás regiones tuvieron tasas de crecimiento positivas, siendo Asia y Oceanía la región con mayor crecimiento en el consumo con 4.43%, seguida por África con 4.27% en el periodo 2000-2001.

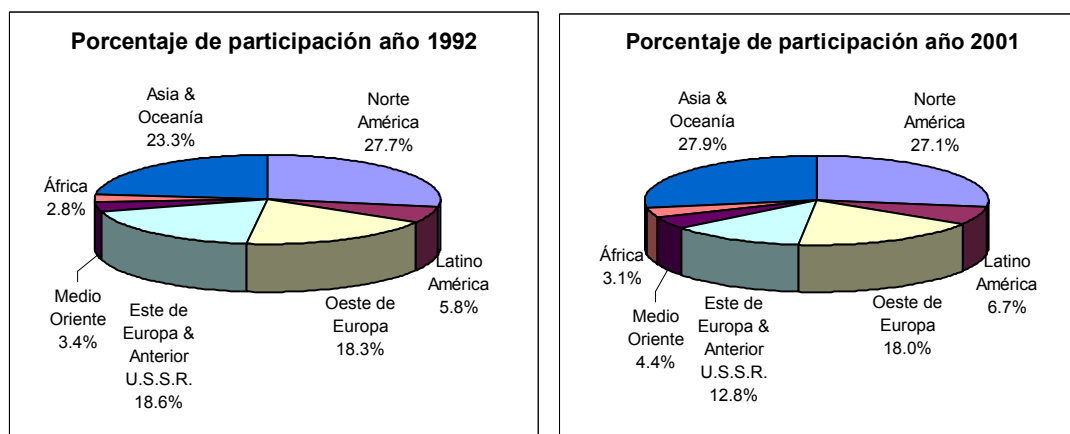
**Cuadro 5. Consumo de Energía Primaria por Regiones (Mbep)**

Región	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Tmca %	
											92-00	00-01
Norte América	17,461.8	17,866.8	18,239.4	18,588.6	19,198.8	19,324.8	19,333.8	19,751.4	20,248.2	19,724.4	1.87	-2.59
Latino América	3,681.0	3,823.2	3,970.8	4,114.8	4,329.0	4,505.4	4,683.6	4,755.6	4,892.4	4,842.0	3.62	-1.03
Oeste de Europa	11,563.2	11,637.0	11,644.2	12,007.8	12,321.0	12,409.2	12,657.6	12,664.8	12,877.2	13,096.8	1.35	1.71
Este de Europa & Anterior U.S.S.R.	11,728.8	10,931.4	9,842.4	9,581.4	9,444.6	8,967.6	8,785.8	8,910.0	9,081.0	9,280.8	-3.15	2.20
Medio Oriente	2,167.2	2,291.4	2,410.2	2,502.0	2,628.0	2,781.0	2,914.2	2,988.0	3,110.4	3,222.0	4.62	3.59
África	1,787.4	1,791.0	1,875.6	1,915.2	1,963.8	2,050.2	2,032.2	2,088.0	2,149.2	2,241.0	2.33	4.27
Asia & Oceanía	14,689.8	15,606.0	16,605.0	17,571.6	18,138.6	18,732.6	18,545.4	18,961.2	19,434.6	20,295.0	3.56	4.43
<b>Total Mundial</b>	<b>63,079.2</b>	<b>63,946.8</b>	<b>64,587.6</b>	<b>66,281.4</b>	<b>68,023.8</b>	<b>68,770.8</b>	<b>68,952.6</b>	<b>70,119.0</b>	<b>71,793.0</b>	<b>72,702.0</b>	<b>1.63</b>	<b>1.27</b>

Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

En la **figura 6**, podemos notar que el Oriente de Europa y la EX-URRS disminuyeron su participación en el consumo energético mundial durante el periodo 1992-2001, mientras que las demás regiones en general mantuvieron en aumento su participación en el consumo energético. Tal como América latina que paso de un 5.8% en 1992 a 6.7% en 2001.

**Figura 6. Participación de las Regiones en el Consumo Energético Mundial**



Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.



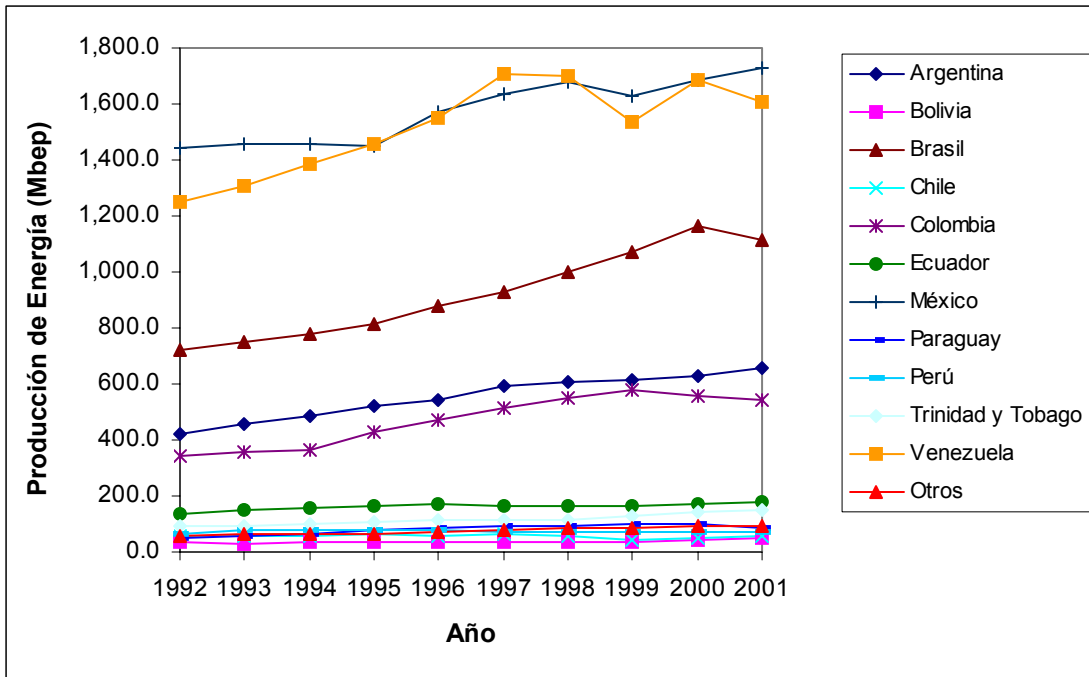
### 2.1.3 Producción y Consumo de Energía Primaria en América Latina y el Caribe

La oferta interna de energía primaria en la región de América Latina y el Caribe a pesar que disminuyó en 0.79% en 2001 con respecto a 2000, tuvo un incremento de 3.98% durante el periodo 1992-2000. En términos de producción total de energía, para el periodo 2000-2001, presentaron tasas de crecimiento negativa: Paraguay, Venezuela, Brasil y Colombia mientras que Perú presentó tasa cero. Los demás países tuvieron tasas de crecimiento positivas.

Además podemos ver que los países con mayor participación en la producción del ALCA son: México, Venezuela y Brasil (**figura 7**). Dentro de estos tres grandes productores, **figura 8**, pueden notar que en 2001 México tuvo la mayor producción energética total, debido principalmente al aumento en su producción de petróleo crudo, superando a Venezuela con quien ha disputado este puesto durante mucho tiempo, participando en la canasta energética del ALCA con 27.3% y 25.4% respectivamente. El tercer productor, Brasil, se encuentra un tanto lejos de estos porcentajes con 17.6% de participación en 2001, no obstante México y Venezuela disminuyeron su participación, en 3.6% y 1.4%, con respecto a 1992 y Brasil la aumentó en 2.2%. Otros países que tienen un porcentaje medio de participación, en su orden serían Argentina con 10.3% y Colombia con 8.6%, los demás tienen porcentajes de participación bastante bajos.

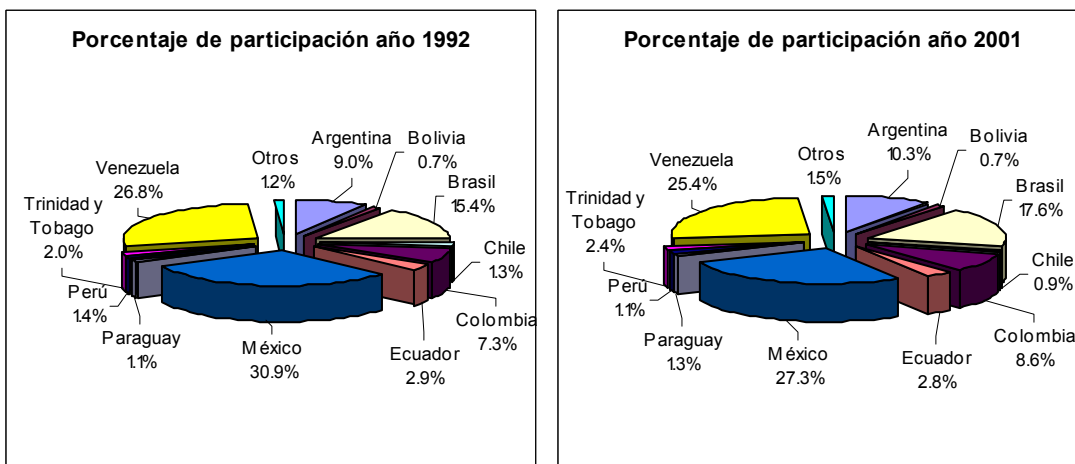
Es importante aclarar que el aumento en la producción no se debe tan solo al petróleo crudo sino también al aumento en la producción de gas natural.

**Figura 7. Producción De Energía Primaria en América Latina y el Caribe**



Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

**Figura 8. Participación de los Países de América Latina en la Producción Energética**

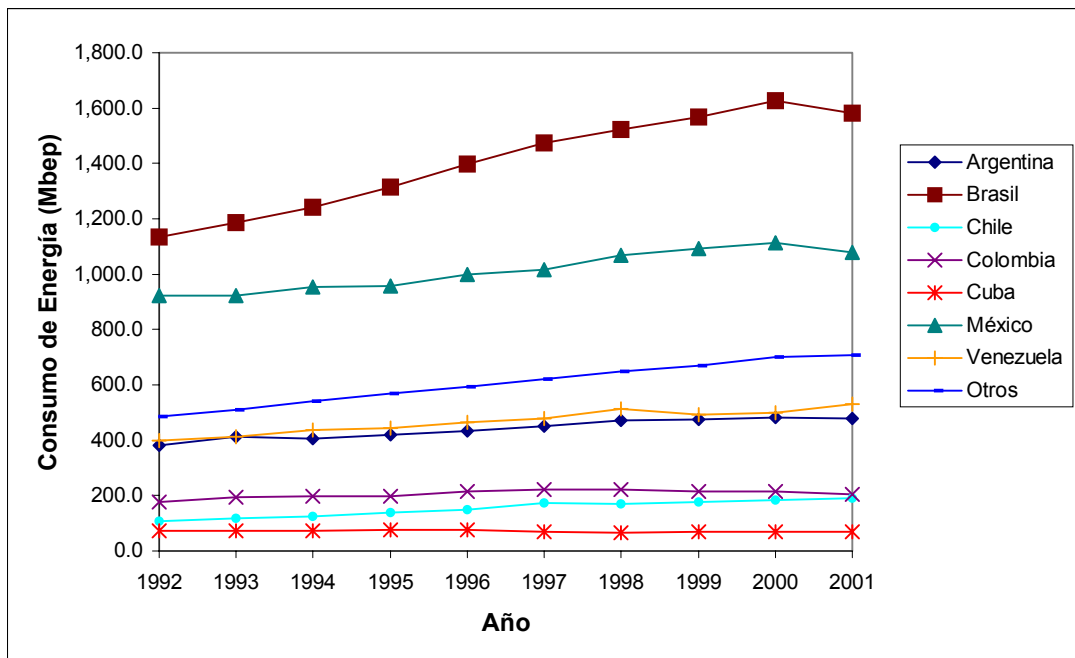


Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

En las **figuras 9 y 10**, notamos que el país con mayor nivel de consumo energético es Brasil con 32.6% de participación en 2001 y con 1,580 Mbeep de

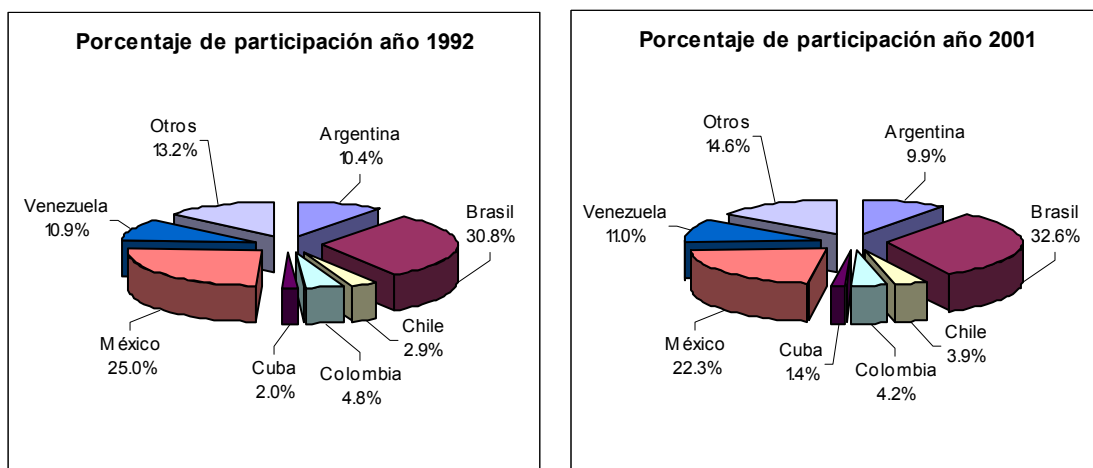
consumo energético total, incluso más alto que su nivel de producción de 1,116 Mbep, le sigue México con una participación de 22.3% y con un consumo de 1,080.0 Mbep, pero con una producción de 1,726.2 Mbep en el mismo año.

**Figura 9. Consumo de Energía Primaria en América Latina y el Caribe**



Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*.

**Figura 10. Participación de los Países de América Latina en el Consumo Energético**



Elaboración propia con base en información de *The Energy Information Administration (EIA) of the US department of Energy*

## 2.1.4 Reservas Mundiales de Energéticos<sup>2</sup>

### 2.1.4.1 Reservas de Petróleo Crudo

En 2003 quedaban en el mundo 1,147.7 miles de millones de barriles de crudo<sup>3</sup> por extraer (Reservas probadas). Esto significa que al ritmo actual de consumo mundial estas reservas se agotarían en aproximadamente 41 años, fecha que podría ser más cercana si el consumo de energía aumentara con tasas de crecimiento demasiado altas a las esperadas, como se prevé que ocurrirá por parte de los países en vías de desarrollo, los cuales necesitarían mucha más energía de la que consumen actualmente para tener un gran salto en su desarrollo económico. Sin embargo, estas previsiones no incluyen el hallazgo de nuevos pozos o la posibilidad de extraer petróleo de zonas que en la actualidad son consideradas reservas naturales y, por lo tanto, no explotables.

Las mayores reservas probadas mundiales de petróleo se encuentran en el medio oriente, con el 65.3% del total mundial, lo cual es aproximadamente dos terceras partes de las reservas mundiales.

México cuenta con 1.4% de las reservas probadas mundiales de petróleo, que al ritmo de producción actual se agotarían en 11.6 años aproximadamente (BP

---

<sup>2</sup> Reservas probadas: son las cantidades de hidrocarburos estimadas a una fecha determinada, cuya existencia está demostrada con una certeza razonable por información geológica y de ingeniería, y que pueden ser recuperadas bajo las condiciones económicas, métodos de operación y regulaciones gubernamentales vigentes. Dentro de las reservas probadas existen dos tipos: 1) las desarrolladas, aquellas que se espera sean recuperadas de los pozos existentes con la infraestructura actual y con costos moderados de inversión; y 2) las no desarrolladas, que se definen como el volumen que se espera producir con infraestructura y en pozos futuros. Reservas probables: son las reservas no probadas sobre las que el análisis de los datos geológicos y de ingeniería sugieren que es más probable que sean producidas que no lo sean. En este contexto, cuando se usan los métodos probabilísticos, debe haber por lo menos un 50% probabilidad que la recuperación final igualará o excederá la suma las reservas probadas más las probables.. Reservas posibles: son las reservas no probadas con menor grado de certeza de ser recuperadas, que las probadas y las probables. En este contexto, cuando se usan los métodos probabilísticos, debe haber por lo menos un 10% de probabilidad de que la recuperación final igualará o excederá la suma de las reservas probadas más las probables más las posibles.

<sup>3</sup> Datos tomados de BP Statistical Review of world Energy.

Statistical Review of World Energy), dato que concuerda con información de la SENER a primero de enero de 2004, en el cual dice que la vida media de las reservas probadas de crudo es de aproximadamente 11.5 años, lo cual no es muy alentador, porque es un período de tiempo relativamente corto, PEMEX debe invertir más en exploración para que la tasa de reposición de reservas sea más alta que su explotación, de lo contrario esto llevaría a un colapso de la empresa y en gran parte de la economía Mexicana, pues como ya lo hemos comentado la tercera parte del gasto público es subvencionada de los impuestos que se le cobran a la paraestatal.

Por un lado, el descenso de reservas probadas de crudo, según cifras oficiales de PEMEX, y por el otro, la sobreexplotación de yacimientos petroleros de manera irracional, la falta de inversión en exploración, el casi-nulo mantenimiento a las instalaciones y pozos petroleros, y la falta de recuperación sobre las explotadas, denunciado por la Unión Nacional de Trabajadores de Confianza de la Industria Petrolera, revelan el deterioro de la paraestatal más importante del país<sup>4</sup>.

En el IV Congreso de la Asociación Mexicana para la Economía Energética (junio de 2001), el subdirector de tecnología y desarrollo profesional de PEMEX, nos aclara el porque han estado declinando las reservas de hidrocarburos en México, dice que es debido al manejo de la paraestatal por parte del gobierno: PEMEX es considerada una empresa, pero presenta muchas limitaciones presupuestales. El exceso de regulación y de control ha creado condiciones poco favorables para hacerla más productiva y la falta de autonomía de gestión limita su eficiencia operativa. Concluye diciendo que: es necesario manejar la industria petrolera con criterios empresariales para maximizar su valor económico. México puede continuar obteniendo de los hidrocarburos parte de los recursos económicos que necesita para su desarrollo. Sin embargo, se requiere de una planeación integral del sector. Por último, que se requiere de una política Nacional de “Exploración-Producción- Reservas”.

---

<sup>4</sup> Revista Fortuna, diciembre de 2004, México.

#### **2.1.4.2 Reservas de Gas Natural**

Las reservas mundiales de gas natural son muy importantes y las estimaciones de su dimensión continúan progresando a medida que las nuevas técnicas de exploración y de extracción son descubiertas. Además, se estima que una cantidad significativa de gas natural queda aún por descubrir.

Estas reservas probadas mundiales se han multiplicado aproximadamente por dos en el transcurso de los últimos veinte años para alcanzar en el 2003, los 175.78 trillones de metros cúbicos. Por tanto, la relación reservas de gas natural respecto a la producción a niveles actuales esta cerca de los 67.1 años<sup>5</sup>. Es decir, el tiempo que las reservas existentes durarían si se mantuvieran los actuales niveles de producción.

De igual manera que para el petróleo, las mayores reservas probadas mundiales de gas natural se encuentran en el Medio Oriente con cerca del 40.8% del total mundial, junto a la antigua Unión soviética que representa el 32.1% de las reservas mundiales, éstas suponen aproximadamente las tres cuartas partes de las reservas mundiales de gas natural. En 2003, México contribuyó con el 0.2% de las reservas probadas mundiales.

#### **2.1.4.3 Reservas de Carbón Mineral**

Actualmente, la oferta mundial de carbón es estable debido al gran volumen de reservas, a su seguridad en el transporte, almacenamiento y uso; además al empleo de tecnologías modernas que ya permiten quemarlo de una manera más limpia de lo que se hacía en épocas pasadas.

---

<sup>5</sup> BP Statistical Review of World Energy.

De entre los combustibles fósiles, las reservas de carbón son las más significativas a escala mundial. Estas ascendieron a 984.453 miles de millones de toneladas en 2003, de las cuales en Asia – Pacífico se localizan 29.7% del total, en Norteamérica 26.2%, en la antigua Unión Soviética 23.4%, en Europa 12.4% y en el resto del mundo 8.4%. Ese año, México contribuyó con el 0.12% de las reservas mundiales, las cuales se agotarían en aproximadamente 115 años.

## **2.2 SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL**

El sector energético se considera motor de desarrollo y promotor del crecimiento y bienestar social y en la medida en que se logre contar con un sector energético más dinámico, más moderno y mejor integrado, se estará en la posibilidad de elevar los niveles de vida de la población y ofrecer a los mexicanos más y mejores oportunidades de progreso y prosperidad.

Además, el sector energético es de gran importancia para la economía nacional, debido a que aporta aproximadamente el 3 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB), el 8 por ciento del valor de las exportaciones totales y el 37 por ciento de los ingresos fiscales; asimismo, otorga cobertura eléctrica aproximadamente al 95 por ciento de la población y es el destino del 56.5 por ciento de la inversión total del sector público, incluyendo los Proyectos de Infraestructura Productiva de Largo Plazo con Registro Diferido en el Gasto (PIDIREGAS)<sup>6</sup>.

De la oferta total de energía en el año 2002, el 88.8% proviene de hidrocarburos tanto de fuentes primarias como de secundarias (64.6% del petróleo, 19.1% del gas natural, 0.6% del combustóleo, 1.4% GLP y el restante 3.1% proviene de gasolinas y naftas, condensados, diesel y querosenos) con 10.5% proveniente de otras fuentes primarias (electricidad, carbón y biomasa) y el restante 0.7% corresponde a otras fuentes de energía secundaria (coque de carbón, de petróleo

---

<sup>6</sup> Programa Sectorial de Energía 2001-2006, Sener.

y electricidad). Con una participación de 22.6% de combustóleo y de 21.6% de gas natural en la producción bruta de energía secundaria. De la oferta total de energía, poco más del 37% se exporta; el porcentaje restante satisface la demanda nacional, siendo el sector transporte, el eléctrico, la industria, el petrolero y el uso residencial, comercial y público los principales destinos del consumo interno (con 15.8%; 13.9%; 12.1%; 9.6% y 8.2% del consumo total, respectivamente)<sup>7</sup>.

México es un país afortunado ya que cuenta con grandes recursos naturales y ha tenido un desarrollo histórico muy importante en el aprovechamiento de esos recursos en el sector energético. Para lograrlo, ha hecho grandes inversiones en infraestructura, ha establecido instituciones públicas sólidas y ha desarrollado recursos humanos en cantidad y calidad acordes a las necesidades de los últimos cincuenta años.

Su oferta energética esta integrada por la producción de energías primarias y secundarias. En las primarias tenemos principalmente Petróleo crudo, GN, Carbón, hidroeléctricas, y una central nucleoelectrica con 1,365 MW de capacidad, pero también tiene importantes usos de Energía Eólica, Solar, y Biomasa. En la producción de energías secundarias se encuentran los productos derivados de hidrocarburos líquidos y gaseosos (gasolina, turbosina, diesel, combustóleo, coque, GLP y GN) en donde se tienen grandes posibilidades de aumentar las reservas de petróleo y de GN. También se encuentran en esta categoría los componentes de la oferta eléctrica (Termoeléctricas, Eoloeléctricas), dentro de las termoeléctricas se tienen centrales de vapor, carboeléctricas, centrales duales, centrales de ciclo combinado, turbogas, de combustión interna, geotérmicas. La capacidad total de generación de energía eléctrica en el 2002 era de 41,177 MW, correspondiéndole el 8.5% de este total a las centrales de productor independiente. Además, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) cuenta con 689,928 km de líneas de transmisión y distribución en niveles de tensión de 2.4 kV a 400

---

<sup>7</sup> Véase Balance Nacional de Energía 2002, Sener.



kV, de las cuales el 96% pertenece a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y 4% son propiedad de Luz y Fuerza del Centro (LFC).

En 2001, el país produjo alrededor de 3.5 millones de barriles diarios de petróleo crudo, de los cuales 1.6 mmb/d fueron exportaciones netas. Se proyecta que la producción de petróleo crudo alcance 4.1 mmb/d en 2010, que permanezca constante hasta 2020 y que decline significativamente a 2.7 mmb/d en 2030. Todo esto a pesar de que se descubran nuevos yacimientos<sup>8</sup>.

A pesar que México posee una importante infraestructura de abastecimiento energético, se enfrenta en el corto y mediano plazo a serias exigencias energéticas, por ejemplo el sector eléctrico necesitará en 2012 de una capacidad adicional de 28,197 MW, de los cuales 2,440 MW serán proyectos de autoabastecimiento y cogeneración<sup>9</sup>. Y el sector de hidrocarburos como lo dijimos anteriormente necesitará de inversión en exploración, así como en otras áreas del sector. No sólo se requiere asegurar que las necesidades de energía del país sean satisfechas en el presente, sino de garantizar que lo sean para las generaciones futuras de mexicanos. Por tanto requiere, en ese sentido, modernizar y consolidar su infraestructura y desde luego ampliarla.

### **2.2.1 La Planeación Regional del Sistema Energético Mexicano**

Desde la década del 50, se han aplicado diversas regionalizaciones en la administración gubernamental de México, en las cuales ha prevalecido el enfoque geográfico para su definición y el sectorial para su operación. El proceso de planeación regional ha sido dentro de la administración pública una herramienta que integra actividades y esfuerzos del gobierno y de la sociedad, en busca de un desarrollo social, económico, territorial y ambiental más equilibrado. Este trabajo retoma para su análisis de sustentabilidad las estadísticas regionales, para así

---

<sup>8</sup> Véase World Energy Outlook 2002, Mexico Energy Outlook.

<sup>9</sup> Véase Prospectiva del Sector Eléctrico 2003-2012.

poder homologar las regiones de consumo y mantener congruencia con la regionalización utilizada para la planeación. Esto además, permite contar con cifras comparables entre mercados, así como mostrar la importancia de contar con una política regional en la que se analicen y regulen los programas sectoriales, de acuerdo a los impactos que se requieren generar a escala regional, para potenciar su capacidad productiva e impulsar su desarrollo sustentable. Para nuestro análisis, se hará la división regional en cinco zonas: Noroeste, Noreste, Centro-Occidente, Centro y Sur-Sureste, ver **cuadro 6** y **figura 11**.

**Cuadro 6. División Regional**

Noroeste	Noreste	Centro-Occidente	Centro	Sur-Sureste
Baja California	Chihuahua	Aguascalientes	Distrito Federal	Campeche
Baja California Sur	Coahuila	Colima	Hidalgo	Chiapas
Sinaloa	Durango	Guanajuato	México	Guerrero
Sonora	Nuevo León	Jalisco	Morelos	Oaxaca
	Tamaulipas	Michoacán	Puebla	Quintana Roo
		Nayarit	Tlaxcala	Tabasco
		Querétaro		Veracruz
		San Luis Potosí		Yucatán
		Zacatecas		

**Figura 11. DIVISIÓN REGIONAL**



## 2.2.2 Oferta Energética Marco Histórico

### 2.2.2.1 Importaciones

Las importaciones de hidrocarburos durante el período analizado registraron un aumento considerable, **cuadro 7**. Las principales causas de esta situación fueron:

- La reducción del procesamiento de crudo a partir de 1995 debido al cierre o reducción coyuntural de plantas de proceso en centros de trabajo para su fase de reconfiguración.
- La creciente demanda interna de combustibles con características específicas para el cumplimiento de estrictas normas ambientales, mismas que no consideraron el atraso tecnológico del aparato productivo para adaptarse a estas necesidades.
- El nivel de precios internacionales de algunos combustibles era bajo en comparación a los costos de producción y distribución nacional.

#### Cuadro 7. Importación de Hidrocarburos

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	tmca(%)
GN (MMpcd)	96,6	125,1	172,9	83,7	109,2	151,5	168,5	281,1	380,2	729,0	25,2
GLP (Mbd)			37,2	53,8	73,5	77,2	93,8	120,7	99,8	101,6	17,9
Gasolina (Mbd)	90,8	75,9	70,6	73,2	126,6	137,5	140,3	163,9	178,1	184,2	8,2
turbosina (Mbd)	0,3	0,3	0,3	0	0,1	2,0	2,7	4,1	3,1	1,7	20,6
Diesel (Mbd)	0	0	1,1	10,4	18,3	19,5	35,4	42,0	16,6	27,3	-
Combustóleo (Mbd)	55,3	81,3	30,4	40,0	80,1	91,1	93,1	116,5	85,2	17,6	-11,9
Coque (Mta)	108	186,2	199,2	286,0	447,6	602	795,6	1005	1304,9	1837,7	37

Fuente: Secretaría de Energía, *Prospectiva del mercado de petrolíferos, de GLP y GN 2003-2012*.

### 2.2.2.2 Producción Nacional

La producción de crudo, **cuadro 8**, tuvo tendencia a subir, la cual alcanzó un nivel de 3,176.4 mbd en 2002, manteniendo un ritmo de crecimiento de 1.9% promedio anual durante el periodo analizado. Mientras que la producción nacional de hidrocarburos, **cuadro 9**, solo aumentó considerablemente en GN, de una forma

mínima en diesel y combustóleo, registrando disminución en la producción de GLP, Gasolina, Turbosina y especialmente en Coque de petróleo.

### Cuadro 8. Producción nacional de petróleo crudo(mbd)

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	tmca(%)
Pesado	1.320,6	1.270,1	1.220,4	1.370,6	1.567,1	1.658,9	1.563,5	1.774,3	1.997,0	2.166,8	5,7
Ligero	790,6	890,0	864,1	910,1	881,5	848,5	806,1	733,1	658,7	551,7	-3,9
Superligero	562,2	525,1	532,7	577,7	573,7	563,1	536,4	504,6	471,4	457,9	-2,3
<b>Total crudo</b>	<b>2.673,4</b>	<b>2.685,1</b>	<b>2.617,2</b>	<b>2.858,3</b>	<b>3.022,2</b>	<b>3.070,5</b>	<b>2.906,0</b>	<b>3.012,0</b>	<b>3.127,0</b>	<b>3.176,4</b>	<b>1,9</b>

Fuente: Secretaría de Energía, Prospectiva del mercado de petrolíferos 2003-2012.

### Cuadro 9. Producción nacional de hidrocarburos

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	tmca(%)
GN (MMpcd)	2.970,0	3.131,0	3.180,0	3.545,0	3.726,0	4.004,0	4.039,0	4.091,0	4.074,0	4.134,0	3,7
GLP (Mbd)			248,0	243,6	213,5	226,1	234,4	228,9	234,6	235,9	-0,7
Gasolina (Mbd)	418,0	431,0	421,9	416,0	389,0	412,0	407,0	392,5	389,8	398,1	-0,5
turbosina (Mbd)	71,9	74,3	70,1	61,7	56,0	57,1	57,8	55,3	57,1	56,8	-2,6
Diesel	266,7	284,4	254,8	269,6	275,4	290,0	271,9	265,4	281,6	266,9	0,01
Combustóleo	425,3	425,0	421,1	422,9	430,8	451,8	431,7	425,0	435,9	449,6	0,6
Coque (Mta)	77,8	85,3	96,4	82,1	65,4	95,2	79,5	110,2	14,9	48,0	-5,2

Fuente: Secretaría de Energía, Prospectiva del mercado de petrolíferos, de GLP y GN 2003-2012.

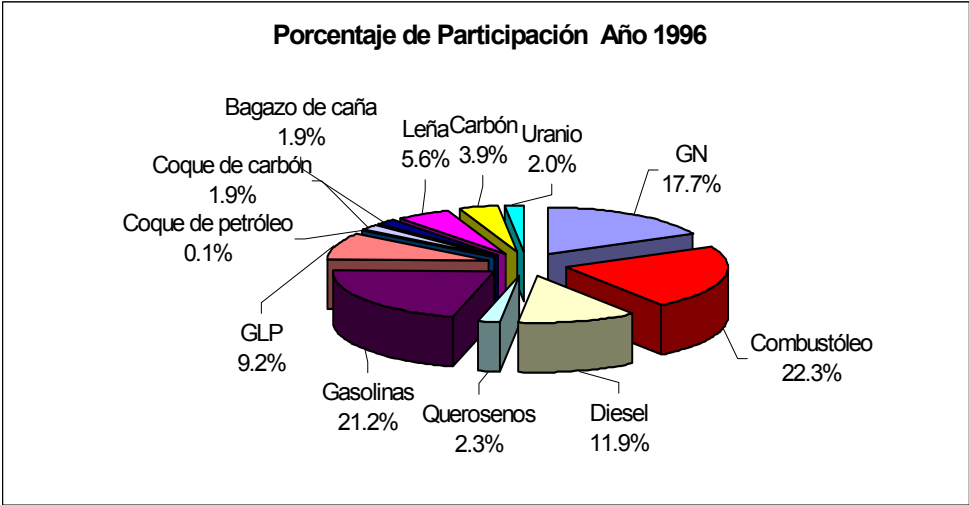
### 2.2.3 El Gas Natural (GN)

En México, la producción de GN en el año 1996, que es nuestro año base para la prospectiva, fue de 3,545<sup>10</sup> MMpcd, de los cuales el 17.1% fue gas no asociado y el resto se obtuvo con la producción de petróleo. En este año el GN representó el 19.2% de la producción de energía primaria y el 28.9% de la oferta interna bruta de energía primaria del país. Además el GN constituyó el 22.3% de la producción de energía secundaria del país, que fue de 4,830 PJ, seguido por el combustóleo 20.25%, gasolinas y naftas 19.75%, diesel 11.9%, GLP 7.82% y el restante 17.98% de querosenos, productos no energéticos, electricidad y coque de carbón.

<sup>10</sup> Véase Prospectiva del Gas Natural 2003-2012.

En 1996, la demanda de gas natural representó el 17.7% de la canasta energética, **figura 12**, siendo superada por la demanda de combustóleo y de gasolinas y naftas con 22.3% y 21.1% respectivamente. Ello se explica por que aun no ocurría el desplazamiento del uso de combustóleo por gas natural en el sector eléctrico.

**Figura 12. Participación de las Fuentes Energéticas en el Consumo Nacional**



Elaboración propia con base en información de Sener, *Balance Nacional de Energía 2002*.

Por otra parte el consumo sectorial de GN fue muy intensivo en el sector industrial alcanzando 1,525 MMpcd (545.9 PJ) en este año, uno de los más altos de la última década, representando el 70.6% del consumo total de gas natural en el país, seguido por el sector eléctrico con el 24.8% y finalmente por el sector residencial, comercial y público con 4.6%. El sector agropecuario no es consumidor de GN y el sector transporte comenzó a consumir a partir de 1999.

Para el periodo 2002–2012 la Secretaria de Energía proyecta un incremento de 93% en el consumo final e intermedio de GN, pasando de 1,979 PJ anuales (4,855 MMpcd) a 3,826 PJ (9,389 MMpcd). Los incrementos previstos en la demanda de los distintos sectores están dados en el **cuadro 10**, en donde se puede notar además que la industria eléctrica será la más intensiva en el uso del energético, ello se explica por el creciente uso de la tecnología de ciclo combinado para generar energía eléctrica dada su eficiencia. También que el uso del gas natural

comprimido ofrecerá una alternativa para solucionar en parte los problemas de contaminación atmosférica presentados por el sector transporte.

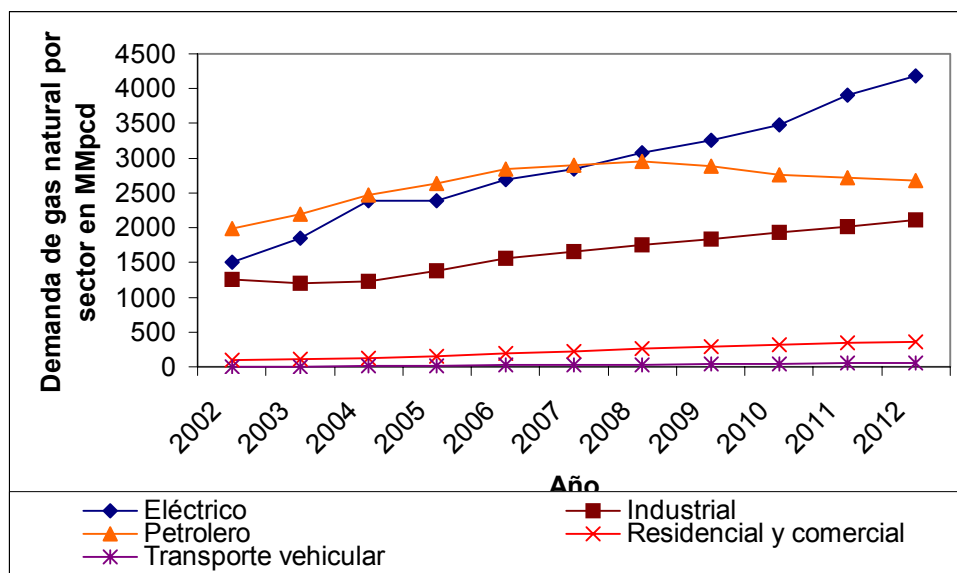
**Cuadro 10. Consumo nacional de Gas Natural por Sector en MMpcd**

Sector	2002	2012	Incremento %	tmca %
Eléctrico	1505	4180	178	10,8
Industrial	1260	2110	67	5,3
Petrolero	1994	2683	35	3,0
Residencial y comercial	93	361	288	14,5
Transporte vehicular	2	54	2600	39,0
<b>TOTAL</b>	<b>4855</b>	<b>9389</b>	<b>93</b>	<b>6,8</b>

Fuente: Secretaría de Energía, Prospectiva del mercado de gas natural 2003-2012.

Según la prospectiva a partir de 2008 el sector eléctrico se convertirá en el mayor consumidor de GN en el país con 3,080 MMpcd, superando al sector petrolero con 2,897 MMpcd. En la **figura 13**, se puede apreciar como será el incremento en este sector y en los demás sectores de la demanda final e intermedia.

**Figura 13. Demanda de Gas Natural por Sector en MMpcd**



Elaboración propia con base en la Secretaría de Energía, Prospectiva del mercado de gas natural 2003-2012.

La infraestructura de transporte está constituida principalmente por los gasoductos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB), que cuenta con el Sistema Nacional de Gasoductos (SNG) de 8,704 km con una capacidad de 5,260 MMpcd

y el sistema Naco-Hermosillo de 339 km con una capacidad de 110 MMpcd. El resto de la infraestructura esta en manos de permisionarios privados y para usos propios.

De hecho, con base en el mecanismo de desregulación legislada, la Comisión Reguladora de Energía ha concluido ya prácticamente las licitaciones que acuerdan concesiones para transporte, distribución y comercialización en los principales mercados potenciales, sobre todo industriales y domésticos. Las concesiones especifican los compromisos que adquieren los concesionarios en cuanto a la amplitud del mercado (clientes y volumen) y los tiempos en que se llevan a cabo. El alcance de los permisos otorgados, al quinto año del otorgamiento, se puede ver en la **Cuadro 11**.

**Cuadro 11. Transporte y Distribución de Gas Natural (1996- a enero de 2001)**

Modalidad	Longitud (Km)	Capacidad (MMpcd)	Inversión (millones de dólares)	Cobertura de usuarios
Transporte	1.823	3.857	927	
Transporte	9.043	5.370	459	
Usos Propios	648	2.369	160	
Distribución	28.042	1.492	1.021	2.339.526

Fuente: Secretaría de Energía, *Prospectiva del mercado de gas natural 2003-2012* y CRE.

#### **2.2.4 Demanda Histórica Sectorial de Energía Eléctrica**

Dentro del sector energético, la industria eléctrica es particularmente importante para un buen desarrollo del país tanto económica como socialmente. Su correcto funcionamiento requiere de planeación a largo plazo que garantice el abasto, minimice los costos y mantenga o incremente la calidad en el suministro. Actualmente el 95% de los habitantes que tiene México tienen acceso a la electricidad<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Dato obtenido de la pagina de internet de la CFE.

El comportamiento histórico de la demanda de energía eléctrica en México durante el periodo 1993-2002, se presenta en el **cuadro 12 y figura 14**, en los cuales se aprecia que el mayor crecimiento ha sido en el sector industrial, seguido del sector residencial, comercial y público. En este periodo, la tasa promedio anual de crecimiento en el consumo nacional de energía eléctrica fue de 5.4%. Particularmente, la evolución de la demanda en los sectores industrial y residencial, comercial y público fue bastante elevada al presentar tasas de crecimiento promedio anual de 6.6% y 4.1% respectivamente. Se prevé que el país se mantenga en esta dinámica durante los próximos 10 años. Este crecimiento alto de la demanda eléctrica es característico de países con economías emergentes, en donde existe un cierto rezago en infraestructura.

**Cuadro 12. Evolución de la Demanda Sectorial de Energía Eléctrica en PJ**

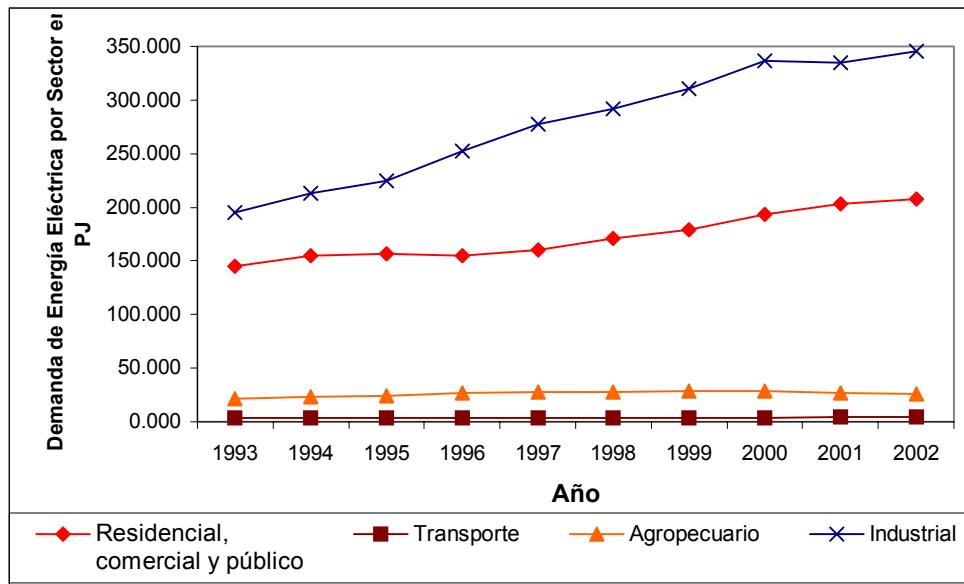
Sector	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	tcma (%)
Residencial, comercial y público	144,903	154,548	156,222	154,508	160,650	170,564	179,161	193,292	203,342	207,489	4,1
Transporte	3,219	3,388	3,529	3,573	3,588	3,600	3,645	3,961	4,050	4,104	2,7
Agropecuario	21,312	23,584	24,084	27,155	27,544	27,875	28,786	28,444	26,867	25,978	2,2
Industrial	195,163	212,799	224,279	252,427	277,136	291,917	310,397	336,375	334,775	345,629	6,6
<b>Total Nacional</b>	<b>364,597</b>	<b>394,319</b>	<b>408,114</b>	<b>437,663</b>	<b>468,918</b>	<b>493,956</b>	<b>521,989</b>	<b>562,072</b>	<b>569,034</b>	<b>583,200</b>	<b>5,4</b>

Elaboración propia con base en información de Sener, *Balance Nacional de Energía 2002*.

Durante el periodo de estudio, en México, la tasa media de crecimiento anual de la demanda de electricidad ha sido mayor que el crecimiento de la actividad económica, como muestra la **figura 15**. Esto es debido al aumento del parque industrial, al incremento poblacional, al mayor acceso de la población a electrodomésticos ya sea por el abaratamiento de estos debido a avances tecnológicos o al mayor poder adquisitivo de la población. Además, esta correlación existente entre el PIB y la demanda de energía eléctrica nos dice que a medida que pretendamos una mayor actividad económica, se generara mayor incremento en el consumo eléctrico, especialmente para los sectores Industrial, residencial y comercial.

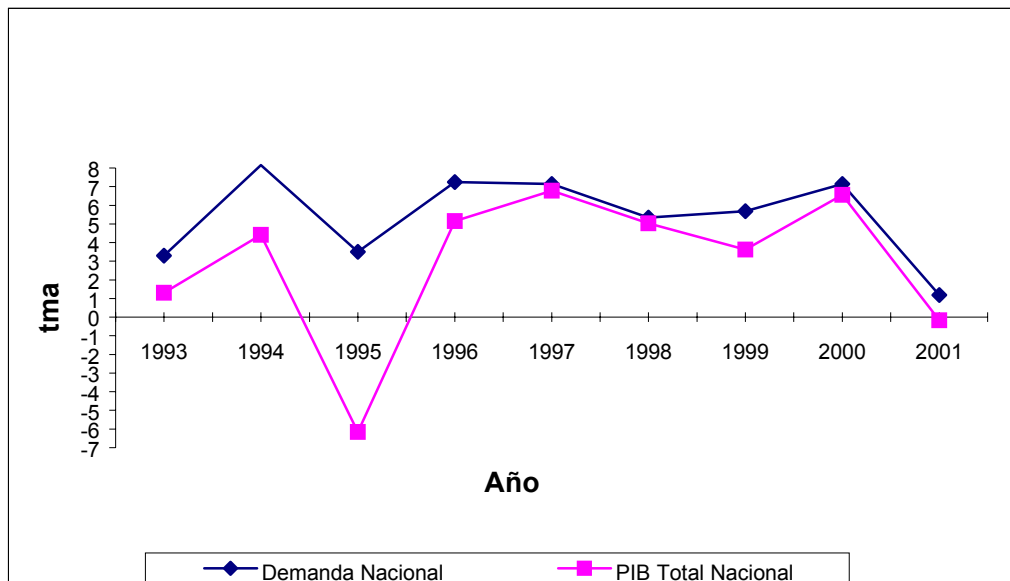


**Figura 14. Evolución de la Demanda Sectorial de Energía Eléctrica**



Elaboración propia con base en información de Sener, *Balance Nacional de Energía 2002*.

**Figura 15. Demanda de Electricidad Total Nacional vs PIB (tasa media de crecimiento anual)**



Elaboración propia con base en información de Sener, *prospectiva del sector eléctrico 2002-2011* e Inegi.

### 2.2.5 Demanda Histórica Sectorial de Combustibles

México atraviesa por un acelerado crecimiento en la demanda energética y por esto resulta indispensable aprovechar eficientemente los recursos con los que cuenta. En el **cuadro 13** se expone la demanda de combustibles por sectores durante el periodo 1993-2002, en la cual se observa que el mayor crecimiento de la demanda nacional se ha dado para el coque de petróleo, seguida por el carbón mineral, el uranio y el GN, con tasas de crecimiento 33.3%, 11.2%, 8.1% y 4.5% respectivamente. Igualmente se observa que el GN ha tenido una tasa de crecimiento de 14.7% en el sector eléctrico mientras que ha tenido tasas de crecimiento negativas de -0.9% y -1.8% en los sectores industrial y residencial, comercial y público.

En la **figura 16** podemos observar como a pesar que las tasas de crecimiento del carbón mineral, coque de petróleo y uranio son mayores a la del gas natural, este último es más intensivo en su uso. De igual forma, las gasolinas y el combustóleo tuvieron un uso más intensivo que el gas natural excepto en 2002, donde se comienza a notar un poco más la política energética del uso intensivo del gas natural.

El considerable aumento en el consumo del coque de petróleo se debe a que la principal industria que lo consume que es la cementera haya reducido el consumo de combustóleo, especialmente con fines económicos, y haya aumentado el consumo de coque de petróleo.

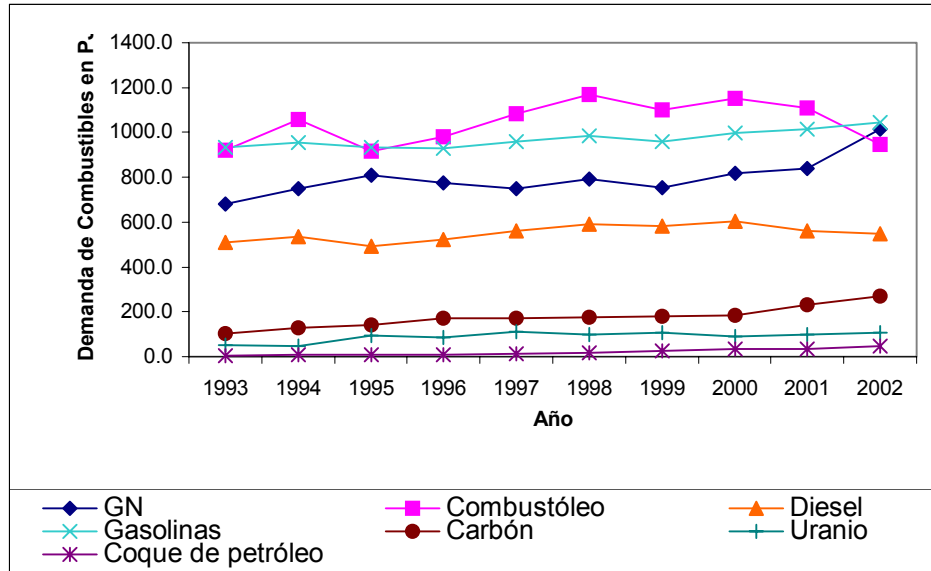
Por otro lado, es importante tomar en cuenta que, basándose en consideraciones ambientales, la política energética de México se ha orientado recientemente a promover el uso del gas natural como sustituto y/o complemento del combustóleo en los sectores industrial y eléctrico; de la gasolina y el diesel en el sector transporte, y del GLP en el sector residencial.

**Cuadro 13. Evolución de la Demanda Sectorial de Combustibles en PJ**

Sector	Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	tmca
Residencial, comercial y público	GN	40.2	35.7	31.3	35.9	35.2	32.3	25.6	27.5	29.7	34.2	-1,8
	Combustóleo	32.1	31.7	26.4	30.7	31.9	33.1					0,6
	Diesel	1.6	2.5	1.6	1.7	1.8	3.4	3.5	3.6	3.1	3.0	7,0
	Querosenos	4.2	4.0	4.1	4.8	2.1	1.6	1.6	1.4	1.6	1.6	-10,1
	GLP	332.8	352.6	352.9	364.9	362.6	379.9	343.3	356.1	347.5	348.6	0,5
	Leña	240.2	242.0	243.8	245.4	247.0	248.6	250.2	251.8	253.4	255.1	0,7
	<b>Total</b>	<b>651.0</b>	<b>668.5</b>	<b>660.1</b>	<b>683.5</b>	<b>680.6</b>	<b>698.9</b>	<b>624.1</b>	<b>640.3</b>	<b>635.3</b>	<b>642.5</b>	<b>-0,1</b>
Transporte	GN							0.3	0.2	0.5	0.7	24,5
	Combustóleo	1.8	1.7	1.4	1.7	1.7	2.6	8.4	12.8	8.1	4.8	11,7
	Diesel	360.9	393.3	351.3	373.1	396.7	409.0	428.8	439.2	421.2	418.1	1,6
	Querosenos	88.3	98.8	91.5	91.1	98.0	108.1	114.4	115.1	113.0	108.9	2,4
	Gasolinas	931.5	956.7	932.8	930.2	959.1	984.2	957.1	997.9	1016.0	1043.0	1,3
	GLP	17.7	17.9	18.6	19.2	19.1	19.7	35.3	45.2	48.3	54.8	13,4
	<b>Total</b>	<b>1400.1</b>	<b>1468.3</b>	<b>1395.6</b>	<b>1415.3</b>	<b>1474.6</b>	<b>1523.7</b>	<b>1544.4</b>	<b>1610.4</b>	<b>1607.1</b>	<b>1630.2</b>	<b>1,7</b>
Agropecuario	Diesel	66.8	63.1	65.0	69.0	74.2	77.4	79.6	79.5	75.1	72.4	0,9
	Querosenos	3.4	3.2	3.3	4.1	4.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	-38,6
	GLP	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	8.5	7.5	8.3	8.0	24,7
	<b>Total</b>	<b>71.2</b>	<b>67.5</b>	<b>69.5</b>	<b>74.2</b>	<b>79.4</b>	<b>78.7</b>	<b>88.1</b>	<b>87.1</b>	<b>83.5</b>	<b>80.4</b>	<b>1,4</b>
Industrial	GN	487.1	535.6	592.7	545.9	505.7	511.5	456.1	458.2	408.1	451.0	-0,9
	Combustóleo	220.4	229.9	191.3	227.0	228.1	230.2	202.5	185.8	184.8	155.3	-3,8
	Diesel	67.8	63.1	64.6	69.3	75.6	81.9	54.4	54.8	41.9	40.6	-5,5
	Querosenos	1.0	1.1	1.0	1.2	1.2	0.1	0.5	1.5	2.2	1.7	5,6
	Gasolinas							0.1	0.1			
	GLP	17.9	18.6	17.1	17.7	17.6	18.4	38.3	41.7	38.4	41.0	9,6
	Coque de petróleo								35.2	32.6	46.8	33,3
	Coque de carbón	63.8	70.8	80.5	85.8	91.9	92.4	93.3	77.8	74.0	67.3	1,2
	Bagazo de caña	86.0	72.1	84.0	83.2	91.4	94.1	86.6	82.6	87.2	84.3	-0,2
Carbón									2.4	4.5	91,2	
<b>Total</b>	<b>944.1</b>	<b>991.1</b>	<b>1031.2</b>	<b>1030.1</b>	<b>1011.3</b>	<b>1028.7</b>	<b>931.7</b>	<b>937.7</b>	<b>871.7</b>	<b>892.5</b>	<b>-0,6</b>	
Eléctrico	GN	153.4	180.1	185.4	191.4	207.9	246.2	273.0	333.4	400.4	529.0	14,7
	Combustóleo	665.6	794.1	696.5	718.9	823.1	903.7	887.5	954.6	915.2	787.6	1,9
	Diesel	11.7	13.3	10.4	9.5	13.3	19.4	17.5	25.1	18.6	15.2	2,9
	Carbón	103.3	128.3	140.1	170.5	171.5	176.1	178.7	183.1	227.0	264.1	11,0
	Uranio	53.1	47.8	93.0	85.6	112.5	100.5	108.3	90.3	96.7	107.0	8,1
	<b>Total</b>	<b>987.1</b>	<b>1163.5</b>	<b>1125.5</b>	<b>1175.9</b>	<b>1328.4</b>	<b>1445.9</b>	<b>1465.0</b>	<b>1586.5</b>	<b>1657.8</b>	<b>1702.8</b>	<b>6,2</b>
Total Nacional	<b>GN</b>	680.6	751.4	809.4	773.2	748.8	790.0	755.0	819.2	838.7	1014.9	4,5
	<b>Combustóleo</b>	919.9	1057.3	915.6	978.3	1084.8	1169.7	1098.5	1153.2	1108.1	947.6	0,3
	<b>Diesel</b>	508.8	535.3	492.9	522.6	561.6	591.1	583.8	602.1	559.9	549.4	0,9
	<b>Querosenos</b>	96.8	107.1	100.0	101.2	105.3	109.9	116.5	118.1	116.8	112.2	1,7
	<b>Gasolinas</b>	931.5	956.7	932.8	930.2	959.1	984.2	957.2	998.0	1016.0	1043.0	1,3
	<b>GLP</b>	369.5	390.2	389.6	402.9	400.3	419.3	425.3	450.6	442.5	452.4	2,3
	<b>Coque de petróleo</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.2	32.6	46.8	33,3
	<b>Coque de carbón</b>	63.8	70.8	80.5	85.8	91.9	92.4	93.3	77.8	74.0	67.3	1,2
	<b>Bagazo de caña</b>	86.0	72.1	84.0	83.2	91.4	94.1	86.6	82.6	87.2	84.3	-0,2
	<b>Leña</b>	240.2	242.0	243.8	245.4	247.0	248.6	250.2	251.8	253.4	255.1	0,7
	<b>Carbón</b>	103.3	128.3	140.1	170.5	171.5	176.1	178.7	183.1	229.4	268.6	11,2
<b>Uranio</b>	53.1	47.8	93.0	85.6	112.5	100.5	108.3	90.3	96.7	107.0	8,1	

Elaboración propia con base en información de Sener, *Balance Nacional de Energía 2002*.

**Figura 16. Evolución de la Demanda Nacional de Combustibles en PJ**



Elaboración propia con base en información de Sener, *Balance Nacional de Energía 2002*.

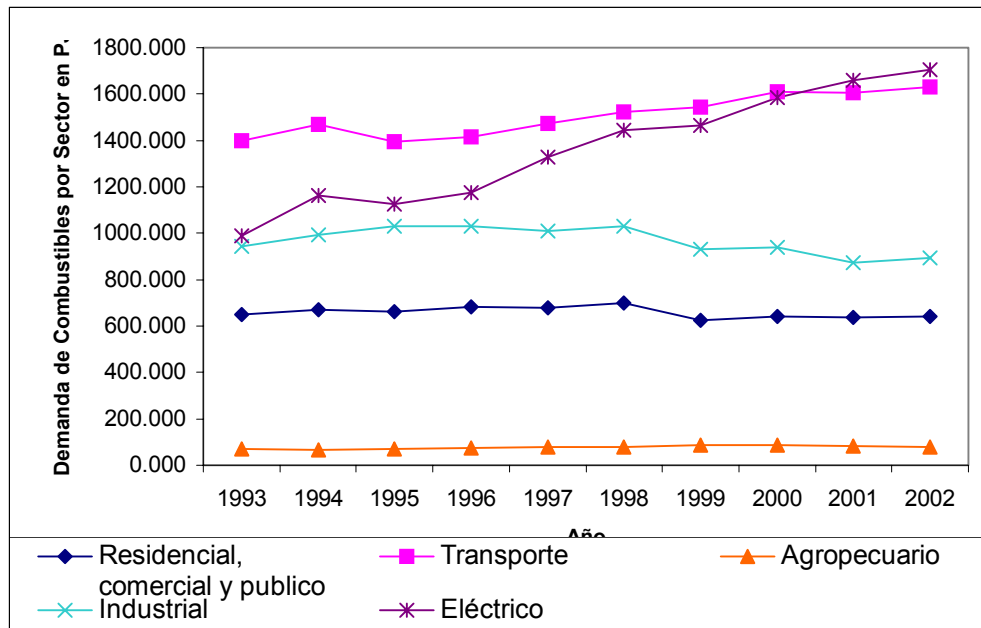
Por ello, el aumento en el consumo del GN se debe principalmente a que la planeación del sistema eléctrico Mexicano se basó en el impulso al desarrollo de plantas de ciclo combinado, que utilizan éste como combustible. Asimismo, porque tienen bajos costos de inversión, periodos cortos de construcción y elevada eficiencia térmica con respecto a tecnologías convencionales y que además es un combustible más limpio. El sector eléctrico ha aumentado el consumo de GN en 14.7% durante el periodo de señalado. También, este aumento se debe al desplazamiento del GLP en el sector residencial, como consecuencia de la expansión de las actividades de distribución del GN.

El aumento en el consumo de GLP se debe principalmente a que el empleo como combustible en el sector transporte incrementó alrededor del 13.4% durante el periodo analizado.

Por otra parte en la **figura 17** podemos observar que durante el periodo analizado, el transporte fue el sector más intensivo en el uso total de energéticos hasta el año 2000 que es cuando el sector eléctrico pasa a ser el más intensivo en el consumo energético. También podemos observar como los sectores Industrial y residencial,

comercial y público se han mantenido estables e incluso disminuyeron su consumo total de energéticos en el año 1998 para mantenerse con una tasa de crecimiento casi nula.

**Figura 17. Demanda de Combustibles por Sector en PJ**



Elaboración propia con base en información de Sener, *Balance Nacional de Energía 2002*.

### 2.2.6 Parque Vehicular

El transporte de personas y productos repercute en la calidad de vida de los ciudadanos, por un lado es un reto satisfacer la demanda que exige contar con mejores y más servicios, que le permitan desarrollar sus actividades de una manera segura y eficiente. Y por otro lado, disminuir la contaminación ambiental en las grandes ciudades debida al incremento en el uso de automotores es un problema difícil de solucionar, pero se pueden crear mecanismos para que los usuarios paguen por esto dentro de un marco legal moderno y actualizado que logre certidumbre jurídica y confianza en la población.

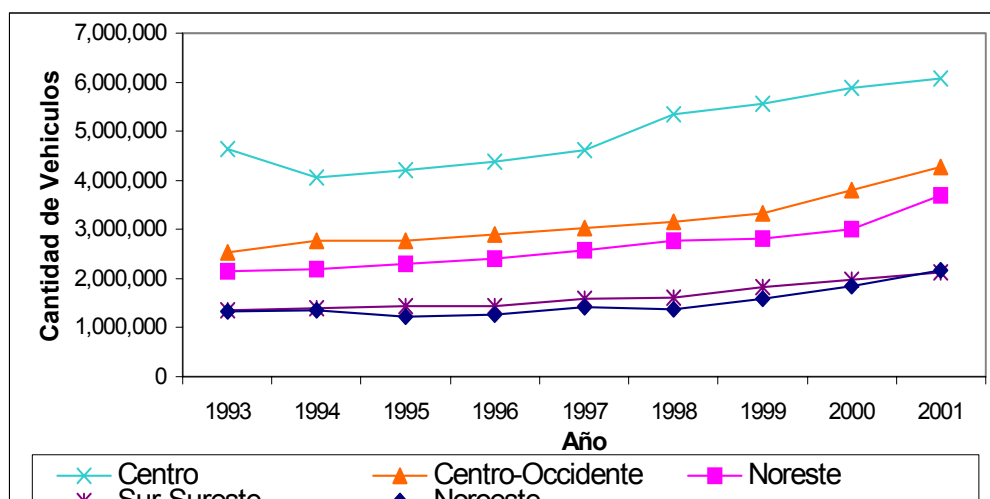
El sector transporte es uno de los más intensivos en la producción de emisiones al ambiente. En la **Cuadro 14 y figura 18**, podemos apreciar como ha ido

aumentando el parque vehicular<sup>12</sup> en las diferentes regiones del país y en los estados que la componen, especialmente en la región centro, seguido de la región centro-occidente y la región noreste.

**Cuadro 14. Parque Vehicular Registrado en México (Millones de vehículos).**

REGIÓN	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	tmca %
Noroeste	1.33	1.35	1.23	1.26	1.43	1.38	1.60	1.84	2.17	6.31
Noreste	2.14	2.19	2.31	2.41	2.59	2.78	2.81	3.00	3.69	7.02
Centro-Occidente	2.54	2.76	2.77	2.91	3.03	3.16	3.33	3.81	4.28	6.77
Centro	4.65	4.06	4.22	4.39	4.62	5.35	5.57	5.88	6.07	3.39
Sur-Sureste	1.35	1.39	1.44	1.43	1.58	1.62	1.82	1.98	2.14	5.87
<b>Total Nacional</b>	<b>12.01</b>	<b>11.75</b>	<b>11.96</b>	<b>12.40</b>	<b>13.25</b>	<b>14.28</b>	<b>15.13</b>	<b>16.51</b>	<b>18.34</b>	<b>5.44</b>

**Figura 18. Evolución del Parque Vehicular en México**



### 2.2.7 Precios de combustibles

La volatilidad que caracterizó a los mercados en la década pasada mantuvo tendencia a la alza en los precios de los petrolíferos, **cuadro 15**. Asimismo,

<sup>12</sup> Elaborada con datos tomados del sistema de cuentas nacionales del INEGI.

fenómenos coyunturales de orden macroeconómico y de estructura de la oferta, ejercieron mayor presión sobre esta tendencia.

**Cuadro 15. Precios de Venta al Público de Hidrocarburos**

Energético	Tipo	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	tmca %
GN (Dólares / MMBTU) No incluye IVA	Doméstico Nacional	3.58	4.25	2.80	3.47	3.94	4.43	4.75	6.39	6.57	6.98	9.29	10.35	10.13
	Industrial Centro	2.12	1.88	1.43	2.15	2.37	1.99	2.12	3.54	3.83	3.76	6.16	6.15	10.18
GLP (Dólares / MMBTU) Incluye IVA	Venta al público	4.84	5.75	4.22	5.29	7.68	7.72	8.47	12.07	12.95	11.31	12.52	13.23	9.58
Gasolinas (Pesos / litro) Incluye IVA	Nova R.P.				2.44	3.01								
	Pemex Magna R.P.				2.52	3.09	3.64	4.54	5.05	5.45	5.75	5.96	6.21	11.92
	Premium R.P.				3.17	3.40	4.00	5.00	5.60	6.12	6.44	6.68	7.33	11.05
Turbosina (Pesos / litro)	Venta al público	0.50	0.50	0.93	1.48	1.49	1.24	1.54	2.56	2.18	2.15	2.82	4.04	20.92
Diesel (Pesos / litro)	Venta al público	0.83	0.88	1.32	1.79	2.19	2.85	3.76	4.18	4.52	4.76	4.94	5.08	17.90
Combustóleo (Pesos / litro)	Venta al público	0.23	0.25	0.43	0.73	0.82	0.63	0.90	1.27	1.08	1.55	2.01	2.29	23.24

Elaboración propia con base en datos de la secretaría de energía.

El precio del GN tuvo tendencia a la alza, registrando una baja importante en 1995. La turbosina mantuvo el mismo comportamiento creciente, resaltando dos alzas importantes una en 1996 y otra en 2000. El diesel, el combustóleo y las gasolinas mostraron una evolución ascendente estable en los precios, siendo el combustóleo el energético más barato y por tanto más accesible. El GLP se ha considerado como un energético de gran impacto social, debido a la amplia demanda en el sector residencial, lo cual ha determinado un tratamiento especial en su precio por parte del Gobierno Federal, por tanto registra un aumento moderado, registrando un precio de 13.23 USD/MMBTU en 2004, aún así registra dos alzas importantes una en 1997 y otra en 2000.

### 2.3 Conclusiones Capítulo 2

La demanda global de energía ha aumentado aproximadamente 1.4 por ciento anual durante los pasados 10 años y seguirá incrementándose a este mismo

ritmo, durante los siguientes 20 años, si continúan los patrones actuales en el uso de la energía estimulados por la expansión y el desarrollo económico.

Los combustibles fósiles proporcionan aproximadamente el 86 por ciento de la energía comercial del mundo. Conexo con el aumento del uso de la energía a partir de combustibles fósiles, se da un aumento concomitante en las emisiones de gases, susceptibles de crear el efecto invernadero con lo que se prevé un incremento en el calentamiento global.

La oferta interna de energía primaria en ALCA incrementó durante el periodo analizado, principalmente en México, Venezuela y Brasil. De estos, en 2001, México tuvo la mayor producción energética total debido principalmente al aumento en su producción de petróleo crudo, superando a Venezuela con quien ha disputado este puesto durante mucho tiempo, participando en la canasta energética del ALCA con 27.3% y 25.4% respectivamente. Pero, el país con mayor nivel de consumo energético es Brasil con 32.6% de participación del consumo energético total en 2001. Le sigue México con una participación de 22.3% en el mismo año.

La pregunta clave aquí es ¿cómo ha ido evolucionando la participación de los combustibles dentro de la canasta energética en México?.

La producción de crudo tuvo tendencia a subir, la cual alcanzó un nivel de 3,176.4 mbd en 2002, manteniendo un ritmo de crecimiento de 1.9% promedio anual durante el periodo analizado. Mientras que la producción nacional de energía secundaria solo aumentó considerablemente en GN, de una forma mínima en diesel y combustóleo, registrando disminución en la producción de GLP, Gasolina, Turbosina y especialmente en Coque de petróleo.

En la demanda de combustibles por sectores durante el periodo analizado, se observa que el mayor crecimiento se ha dado para el coque de petróleo, seguido



por el carbón mineral, el uranio y el GN, con tasas de crecimiento 33.3%, 11.2%, 8.1% y 4.5% respectivamente. Igualmente se observa que el GN ha tenido una tasa de crecimiento de 14.7% en el sector eléctrico mientras que la del combustóleo fue de 1.9%.

Se pudo observar como a pesar que las tasas de crecimiento del carbón mineral, coque de petróleo y uranio son mayores a la del gas natural, este último es más intensivo en su uso. De igual forma, las gasolinas y el combustóleo tuvieron un uso más intensivo que el gas natural excepto en 2002, donde se comienza a notar un poco más la política energética del uso intensivo del gas natural.

Lo observado y analizado en este capítulo sirve como punto de partida para la creación de los escenarios que nos ayudarán a llevar a cabo nuestro análisis de sustentabilidad, que son los puntos que se desarrollaran en el siguiente capítulo.

### **3 ANÁLISIS PROSPECTIVO Y DE SUSTENTABILIDAD**

El presente capítulo se centra en el análisis prospectivo del sector energético Mexicano y consta de tres secciones: en la primera sección se hace énfasis en que el uso de la planeación prospectiva nos ayuda a desarrollar una visión integral del impacto que distintas políticas energéticas tienen sobre la economía, la sociedad y el ambiente. Además, se presenta la descripción de la plataforma LEAP y la metodología utilizada en el análisis prospectivo, explicando como funciona cada uno de sus módulos y destacando las características que la hacen atractiva para su utilización. En la segunda sección se llevan a cabo los planteamientos de los dos escenarios, describiendo de manera detallada la información pertinente para la elaboración de cada uno de ellos, según la estructura requerida por la plataforma LEAP. Por último, se muestran y analizan los resultados obtenidos, tanto de emisiones y externalidades como de los indicadores de sustentabilidad.

A partir de estas tres secciones se muestra la importancia de la utilización de la prospectiva en el sector energético, la utilidad y la forma en que trabaja la plataforma LEAP y por supuesto los resultados del trabajo.

#### **3.1 LA PROSPECTIVA**

El objetivo de la planeación es obtener un mejor resultado al encauzar las decisiones diarias en una forma estructurada y eficiente para aprovechar al máximo el tiempo y los recursos (Van der Heijden, 1998). La planeación tradicional es básicamente retrospectiva, puesto que los objetivos que se persiguen son determinados en gran medida, por lo que sucede y ha sucedido. Mientras que, en la planeación prospectiva se establece el futuro deseado tan abiertamente como sea posible<sup>1</sup> y con esta imagen de lo deseable en mente, se procede a la

---

<sup>1</sup> Es decir, de una manera propositiva, previctiva, creativa y autónoma de las restricciones de la experiencia y de las circunstancias actuales, con el objetivo de transformar el futuro.

selección del futuro más satisfactorio a partir de las posibilidades actuales y las lecciones del pasado. Tal como lo define Michel Godet (1987), la prospectiva es *“la anticipación al servicio de la acción”*.

Entonces, la prospectiva se fundamenta en visualizar el futuro cuando éste no puede ser visto simplemente como una prolongación del pasado. Esta visualización requiere tener en cuenta un panorama de todos los futuros posibles y probables, cada uno de los cuales está representado por un escenario determinado. Finalmente, el escenario es una situación que puede o podría presentarse en el futuro como resultado de una acción humana o de la evolución de acontecimientos actuales.

Si una estrategia logra demostrar que será útil y provechosa bajo escenarios distintos pero igualmente probables, la organización podrá estar tranquila al implementarla. Generalmente, las estrategias son diseñadas para funcionar acertadamente bajo determinadas condiciones del entorno, y si éstas cambian su nivel de éxito comienza a disminuir y hasta pueden llevar a la organización al colapso.

Si bien la prospectiva es una disciplina relativamente nueva en nuestro medio, en el mundo se viene aplicando desde inicios del Siglo XX. Los primeros estudios serios sobre escenarios futuros comenzaron a desarrollarse en los Estados Unidos en la década de los años veinte, pero la recesión de 1929 y luego el inicio de la II Guerra Mundial, diluyó este primer intento de identificar escenarios futuros. Al finalizar la guerra, Japón inició la búsqueda de metodologías que le permitieran reactivar su industria, y re-descubrió la prospectiva, convirtiéndose en el primer país que emprendió con éxito su aplicación en el planeamiento de su industria manufacturera.

Por otro lado, como se expone en el punto 1.4.1, la prospectiva es uno de los elementos claves en el proceso de formulación de política energética. Pues su

uso, nos ayuda a desarrollar una visión integral del impacto que distintas políticas energéticas tienen sobre la economía, la sociedad y el ambiente.

En el contexto internacional existen fundamentalmente dos tipos de enfoques para analizar el sector energético a través de modelos: El primero es el de agregados de la economía (Top-Down), en donde las variables explicativas son los indicadores económicos (análisis macroeconómico), éstos parten tanto de estimaciones de crecimiento económico como del consumo de energía por sector para de esta forma proyectar la demanda sectorial y así al agregar dichas demandas se puede obtener la demanda total de energía de toda la economía. Dentro de éstos se encuentran los modelos de equilibrio general computable, que calculan la demanda a partir de la incorporación de precios relativos e ingreso o gasto de los individuos, pudiendo analizar de esta manera cambios en el comportamiento de los agentes económicos. Estos no calculan costos de inversión ni de mantenimiento y operación, pero consideran los impactos sobre los bienes y servicios de la economía, la demanda y los precios de los combustibles, debidos a un cambio en las variables que los interrelacionan, además se supone que no hay cambio tecnológico. El segundo es el de usos finales (Bottom-up), en donde las variables explicativas son las demandas estructurales, construyendo la demanda de energía a partir de los usos finales de cada sector y describiendo cada tecnología de producción a través de parámetros técnicos, obteniéndose de esta forma una detallada desagregación de la demanda de energía. Estos calculan los costos de inversión y los de mantenimiento y operación, y además se obtiene tanto la oferta como la demanda por sector y tipo de combustible.

En la actualidad, tanto gobiernos y organizaciones internacionales como las grandes empresas transnacionales privadas utilizan de manera generalizada la prospectiva en apoyo a sus procesos de decisión sobre el mediano y largo plazo.

Al igual que en otros países, en México se han venido desarrollando y utilizando modelos para la planeación del sistema energético, a mediano y largo plazo,

principalmente para planear la oferta y la demanda de energéticos necesarios, para llevar a cabo todas las actividades que el sector requiere y más recientemente para contabilizar y/o tratar de minimizar el daño al ambiente. En el ámbito de gobierno, lo hace la Secretaría de Energía (Prospectiva del GN, del GLP, de Petrolíferos, del Sector Eléctrico y de la Industria Petroquímica), con una visión prospectiva a 10 años y, con la colaboración de las tres empresas públicas del sector, los institutos de investigación, la Comisión Nacional de Ahorro de Energía, la Comisión Reguladora de Energía y las diferentes empresas privadas que participan de alguna manera en las actividades del sector energético. Además, por su parte los institutos de investigación de las universidades públicas y privadas y otros como el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), desarrollan proyectos con los cuales hacen grandes aportes al conocimiento del sector y con ello coadyuvando en la toma de decisiones en cuanto a la política energética.

Entre otros modelos para la planeación energética utilizados en México tenemos: el Modelo de Demanda de Energía (MODEMA)<sup>2</sup>, el Modelo de Escenarios Energéticos y de Emisiones para México (MEEEM)<sup>3</sup>, el Service, transportation, Agriculture, Industry and Residencial Model for México (STAIR-M), el Long-Range Energy Alternatives Planning System (LEAP)<sup>4</sup>, el Databases and Methodologies for Comparative Assessment of Different Energy Sources (DECADES)<sup>5</sup>, los modelos BRUS II-M y BOYD-M<sup>6</sup> y uno de los últimos modelos utilizados es The Energy and Power Evaluation Program (ENPEP)<sup>7</sup>.

---

<sup>2</sup> Es una plataforma top-down, desarrollada por Mariano Bauer y Juan Quintanilla del Programa Universitario de Energía, UNAM.

<sup>3</sup> Desarrollado por Claudia Sheinbaum, del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

<sup>4</sup> Desarrollado por el Stockholm Environment Institute Boston Center.

<sup>5</sup> Utilizado para la planeación del sector eléctrico Mexicano junto con el programa Wien Automatic System Planning Package (WASP), desarrollado por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA).

<sup>6</sup> El primero es un modelo de Usos finales y el segundo un modelo de equilibrio general computable, ver "Integración de Modelos de Energía", Roy Boyd y M. E. Ibararán (2000).

<sup>7</sup> Desarrollado por el Center for Energy, Environmental and Economic Systems Análisis (CEEESA), en cuya aplicación para México trabajo un grupo interdisciplinario conformado por SENER, FI-UNAM, DEGSCA-UNAM, CONAE, PEMEX, IMP, INE y CEEESA.

Los modelos mencionados, según su grado de complejidad y flexibilidad, han sido y son útiles en el análisis del impacto sectorial de distintas políticas energéticas, con lo que permiten: realizar la planeación del sector, simular nuevas regulaciones sobre eficiencia energética, evaluar el impacto de la política sobre el medio ambiente, diseñar estrategias para reducir las emisiones al ambiente, determinar la demanda y oferta de energía, determinar los costos de inversión y operación, realizar proyecciones del impacto del cambio tecnológico por sustitución en el consumo de combustibles y el consiguiente efecto sobre el ambiente, es decir, nos permiten desarrollar una visión integral del impacto que distintas políticas energéticas tienen sobre la economía y el ambiente.

En este contexto, la prospectiva aparece como una herramienta que brinda a las instituciones públicas la posibilidad de prever inconvenientes y/o problemas en el desarrollo de políticas y solucionarlos reorientando sus objetivos, estrategias y acciones. Y la plataforma de usos finales LEAP, como la que cuenta con características especiales que la hacen atractiva para cumplir el propósito de este estudio.

### **3.2 DESCRIPCIÓN DEL LEAP**

El LEAP, es una avanzada herramienta de simulación computacional, diseñada para coadyuvar la política energética, a nivel país, regional o local, a través de la planeación energética-ambiental en forma integrada, permitiendo así analizar los posibles impactos debidos a estrategias o planes futuros.

La plataforma esta compuesta por 6 módulos y una base de datos ambiental a partir de la cual se calculan los impactos ambientales asociados a la evolución prevista del sistema energético. Los 6 módulos están destinados al análisis de: La demanda, el abastecimiento (transformación y recursos), la carga ambiental, la evaluación de escenarios y la agregación de resultados. Los 6 módulos están destinados a:

- **Análisis de la Demanda final:** opera como impulsor de los otros módulos y permite calcular los requerimientos de energía, con el nivel de desagregación definido por el usuario en función de la disponibilidad de información, a partir de la selección de distintas metodologías para la programación de la demanda final, e.g., a partir de variables macro (“top-down”), de usos finales (“bottom-up”), o una mezcla de los dos tipos (“híbridos”), o bien, permite la integración directa de resultados de alguna prospectiva exógena. En cualquier caso, los resultados del módulo de Demanda deben corresponder a la energía neta por fuente a ser abastecida.
- **Análisis del Abastecimiento (*transformación y recursos energéticos primarios y/o secundarios*):** destinado a la representación de las cadenas energéticas y los procesos requeridos para abastecer la demanda de energía del sistema analizado. Recorriendo los flujos desde la demanda hacia las reservas de energía primaria, manteniendo el equilibrio oferta-demanda en todos los mercados o nodos de la red.

La parte de transformación acopla el consumo final de combustibles programado, en el módulo de demanda final, con los recursos primarios. En éste se simula la conversión y transporte de energéticos primarios y se registran las tecnologías en operación o las opciones alternas a implementar. También, tiene la opción endógena de expandir automáticamente la capacidad instalada de acuerdo a la demanda o de reflejar el comercio exterior, es decir, en importación la demanda que sobrepasa a la capacidad de producción y en exportación el sobrante de la misma.

La parte de análisis de los recursos energéticos, primarios y secundarios, permite contabilizar la disponibilidad de energía primaria, fuentes renovables y no-renovables, así como los costos de importación y exportación tanto de recursos energéticos primarios como secundarios.

- **Análisis Ambiental:** es un marco contable destinado a calcular los impactos ambientales del funcionamiento del sistema energético, tanto en lo que se refiere a los requerimientos de energía como a su abastecimiento. Estos impactos surgen multiplicando los niveles de actividad de cada proceso en el sistema energético por los coeficientes unitarios de impacto contenidos en la Base de Datos Ambientales del LEAP para cada proceso.
- **Análisis de la Biomasa:** pensado para aquellos sistemas en los cuales buena parte de los requerimientos de energía son satisfechos a partir del uso de combustibles de la biomasa, este módulo analiza las consecuencias del uso energético en términos de su impacto sobre el uso de la tierra.
- **Evaluación de Escenarios:** A partir de información sobre los costos asociados a cada proceso, tanto en el consumo como en el abastecimiento de energía, el programa realiza una evaluación económica del escenario analizado en comparación con un escenario de referencia. En este proceso es posible incorporar una valorización económica de los recursos energéticos empleados, así como externalidades asociadas a cada proceso.
- **Agregación de resultados:** Este módulo permite agregar los resultados obtenidos en el análisis de un escenario particular, a diferentes niveles, para la confección de los informes. Yuxtapuesto a la integración del balance energético, LEAP calcula las emisiones asociadas a los consumos energéticos basándose en el acervo de coeficientes de emisión registrados en su base de datos, o bien en coeficientes proporcionados exógenamente. Asimismo, LEAP permite la evaluación de costos del sistema completo o de elementos aislados, basándose en los datos que se proporcionen.

Finalmente, una característica fundamental de LEAP es que permite programar distintos escenarios, modificando alguno o todos los módulos, y obtener



directamente las diferencias entre los escenarios, lo cual permite analizar ágilmente las implicaciones de los cambios programados.

En general, LEAP requiere de los siguientes datos:

- Balance energético del año base
- Nivel de detalle seleccionado
- Precios de la energía (opcional)
- Especificaciones de las tecnologías energéticas
- Costos de las tecnologías energéticas
- Proyecciones de precios de la energía
- Coeficientes ambientales locales (opcional)
- Intensidad energética por actividad de uso final
- Datos de biomasa/uso de suelo (opcional)
- Costos externos de los usos energéticos

En la base de datos se vierten parámetros de operación de las tecnologías energéticas, así como coeficientes de emisión y costos externos por el uso de los energéticos. Al momento se encuentran ahí los coeficientes de emisión del IPCC niveles 1 y 2, así como aportaciones de otras fuentes. El usuario puede añadir la información pertinente a su sistema energético.

### **3.3 PLANTEAMIENTO DE ESCENARIOS**

Siguiendo los objetivos definidos para este estudio se desarrollan dos escenarios para simular la evolución futura del sistema energético Mexicano. Uno de ellos, Escenario Base o de Referencia (SENER), asociado con la dinámica actual del sistema el cual refleja la política energética existente en cuanto al uso extendido del gas natural en México. El segundo, Escenario tendencial (BAU, Business as Usual), se construyó bajo una lógica que supone un movimiento inercial de continuidad con respecto a las condiciones económicas y a las políticas

energéticas aplicadas o iniciadas en el período anterior al proyectado, manteniendo la tendencia anterior con respecto a la demanda de combustibles fósiles, especialmente el uso del combustóleo en el sector eléctrico. La diferencia fundamental entre los dos escenarios radica en el distinto consumo de energéticos para satisfacer la misma demanda.

Con base en las características de estos escenarios se pretende analizar la evolución del sector energético Mexicano en términos de sustentabilidad, mostrando las diferencias de la política energética precedente caracterizada por el uso masivo de combustóleo y evaluando la efectividad del cambio de política energética realizado en los últimos años.

A continuación se describe de manera detallada la información pertinente para la elaboración de cada uno de los escenarios, según la estructura requerida por la plataforma LEAP.

### **3.3.1 Datos Iniciales**

Se define el año 1996 como año base y la programación del sistema energético de referencia, regional y nacional, se construye con base en las prospectivas 2003-2012 de la Secretaría de Energía, de tal forma que reproduce el Balance Nacional de Energía de la Secretaría de Energía. Por tanto, los dos escenarios consideran una tendencia de crecimiento para la economía nacional de 4.7% en promedio anual para el periodo mencionado. Asimismo, considera una inflación promedio de 3.1%.

#### **3.3.1.1 Modulo de Demanda**

En el escenario denominado SENER se incorporan directamente las demandas reportadas, en el balance energético 2003, para los años 1996 a 2002 y en adelante las proyecciones de demandas sectoriales anuales elaboradas por la

Secretaría de Energía en sus prospectivas al año 2012 (**Cuadros 16 y 17**), las cuales reflejan la penetración del gas natural en el sector residencial y de servicios, además de un considerable incremento en el consumo del sector industrial. También refleja, la disminución en el consumo de GLP del sector residencial y la disminución en el consumo de combustóleo del sector industrial producto de la competencia que sostendrán con el GN. Asimismo, muestra el aumento de consumo de GLP en el sector transporte.

**Cuadro 16. Demanda Energética Histórica por regiones (1996-2002) (PJ)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Sur Sureste	958.260	954.986	947.242	943.958	888.189	855.031	840.465
Noreste	802.996	817.263	839.826	828.328	861.276	837.156	865.532
Centro	1.004,537	1.014,194	1.049,010	1.024,817	1.049,787	1.040,646	1.074,066
Centro Occidente	804.298	856.166	882.948	871.697	905.097	887.063	875.882
Noroeste	339.373	350.258	363.427	358.776	376.829	368.296	394.702
<b>Total</b>	<b>3.909,464</b>	<b>3.992,870</b>	<b>4.082,45</b>	<b>4.027,574</b>	<b>4.081,176</b>	<b>3.988,190</b>	<b>4.050,645</b>

**Cuadro 17. Demanda Energética Proyectada por regiones (2003-2012) (PJ)**

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sur Sureste	872.000	903.535	935.070	966.526	1,004.722	1,042.918	1,081.114	1,119.311	1,157.507	1,195.703
Noreste	911.218	956.903	1,002.589	1,048.497	1,101.716	1,154.935	1,208.154	1,261.373	1,314.592	1,367.811
Centro	1,116.634	1,159.203	1,201.771	1,244.086	1,281.972	1,319.858	1,357.745	1,395.631	1,433.517	1,471.403
Centro Occidente	912.012	948.142	984.272	1,020.333	1,058.501	1,096.669	1,134.837	1,173.006	1,211.174	1,249.342
Noroeste	411.023	427.344	443.665	459.992	476.673	493.355	510.036	526.718	543.399	560.081
<b>Total</b>	<b>4,222.887</b>	<b>4,395.127</b>	<b>4,567.366</b>	<b>4,739.433</b>	<b>4,923.584</b>	<b>5,107.736</b>	<b>5,291.887</b>	<b>5,476.038</b>	<b>5,660.189</b>	<b>5,844.340</b>

El anterior escenario, es comparado con el escenario tendencial (BAU) en el que las demandas se satisfacen con porcentajes de combustibles mantenidos en los niveles históricos prevalecientes a las políticas de penetración del gas natural. El cual refleja un aumento considerable en el consumo de combustóleo en el sector industrial y de GLP en el sector residencial y de servicios, con la consiguiente disminución en el consumo de GN.

Las diferencias en la demanda final de combustibles, entre escenarios, se muestran en el **cuadro 18 y figura 19**. En donde, por un lado, podemos ver

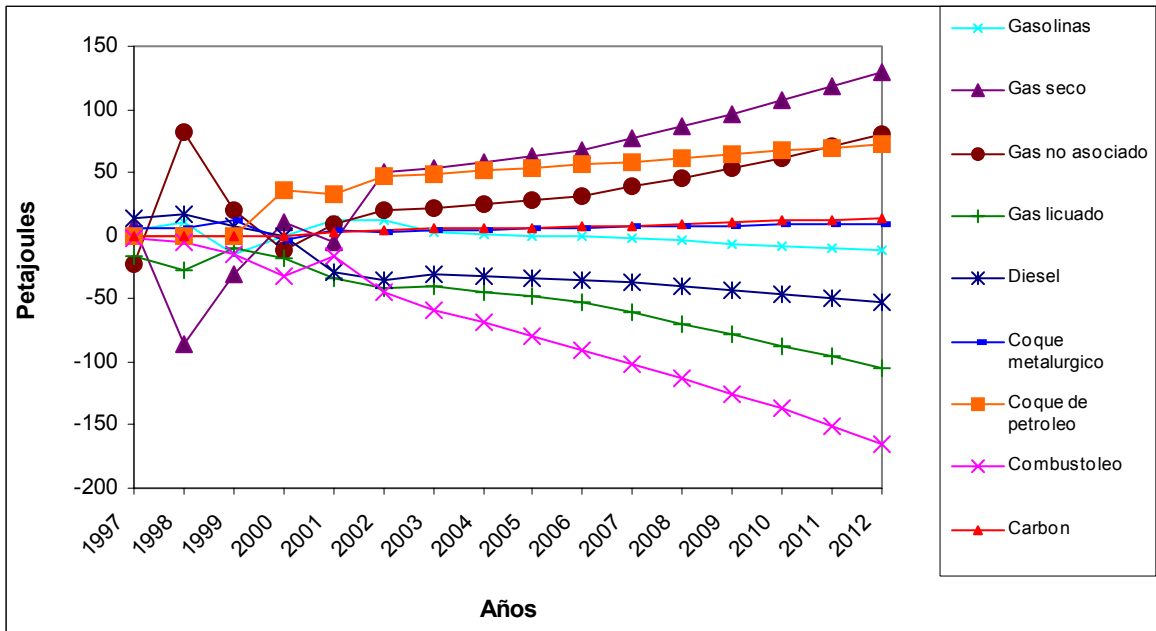
claramente el aumento en el consumo de GN en el escenario SENER y por su parte el aumento de consumo de combustóleo y GLP en el escenario BAU. Además, se puede apreciar la penetración del coque de petróleo y el carbón como energéticos en el sector industrial, es decir el consumo de coque de petróleo y carbón como energéticos en el escenario BAU se mantienen nulos mientras que en el SENER estos entran como energéticos en el año 2000 y 2001 respectivamente. También, se visualiza el aumento en el consumo de diesel y gasolinas en el escenario BAU y de bagazo de caña, coque metalúrgico y electricidad en el escenario SENER, debidas a variaciones en el porcentaje de utilización de estos combustibles entre escenarios.

El consumo no energético de combustibles es igual para los dos escenarios y es tomado del Balance Nacional de Energía para el periodo 1996 a 2002 y su proyección se hace con base en los porcentajes obtenidos en el año 2002.

**Cuadro 18. Diferencias en la Demanda Final de Combustibles entre Escenarios (SENER vs BAU) (PJ)**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Productos energéticos no	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kerosinas	0.5	3.5	6.1	0.3	2.6	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1
Gasolinas	4.2	11.4	-14.1	-0.1	13	12.7	2.8	1.6	0.3	-1.1	-2.6	-4.2	-6	-7.8	-9.8	-11.8
Gas seco	6.9	-86.5	-31.3	10.1	-5.5	49.5	54	58.6	63.3	67.6	76.9	86.5	96.6	107.2	118.2	129.6
Gas no asociado	-23	81.6	19.5	-11.6	8.6	19.4	22.3	25.4	28.6	31.5	38.4	45.7	53.6	61.9	70.6	79.9
Gas licuado	-16	-27.3	-10.6	-18.6	-33.8	-41.7	-39.7	-44.1	-48.4	-53.1	-61.1	-69.4	-78	-86.8	-96	-105.5
Electricidad	1.7	-11.7	13.4	14.4	5	-22.1	-16.9	-11.1	-4.9	1.3	3.4	5.7	8.2	11	13.8	16.9
Diesel	13.1	17.4	7.4	-1.2	-28.4	-35.8	-30.1	-31.7	-33.3	-34.9	-37.5	-40.2	-43	-45.9	-48.9	-52
Coque metalúrgico	6.3	6.4	12.9	-3.3	4.7	2.8	3.6	4.5	5.5	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	9.1	9.7
Coque de petróleo	0	0	0	35.2	32.6	46.8	49.1	51.3	53.5	55.9	58.8	61.5	64.2	66.9	69.5	72
Combustóleo	-1.4	-5	-14	-32	-16.8	-45.2	-59.2	-69.2	-79.9	-90.3	-101	-112.7	-124.8	-137.4	-150.7	-164.6
Carbón	0	0	0	0	2.4	4.5	5.1	5.7	6.4	7.1	8.1	9.2	10.3	11.5	12.8	14.1
Bagazo de caña	8	10.3	10.7	6.8	15.7	9.1	9	8.9	8.7	9	9.4	9.7	9.9	10.2	10.4	10.6
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Figura 19. Diferencias en la Demanda Final de Combustibles entre Escenarios (SENER vs BAU) (PJ)**



### 3.3.1.2 Modulo de Transformación

Los dos escenarios SENER y BAU incorporan en el módulo de transformación los planes de PEMEX respecto a los centros procesadores de gas (CPG) y a la reconfiguración del sistema nacional de refinación (SNR).

En el sector eléctrico, la política del GN (escenario SENER) prevé un incremento de capacidad basado esencialmente en plantas de ciclo combinado (**Cuadro 19**). De hecho se proyecta para el sector eléctrico la disminución en el consumo de combustóleo pasando de 342.1 Mbd en 2002 a 241.7 Mbd en 2012 y el aumento en el consumo de GN pasando de 1505 MMpcd a 4180 MMpcd en 2012. Se podría decir que hay una inversión de los porcentajes de consumo de combustóleo y GN de 46.2% y 31.1% a 24.2% y 63.0% respectivamente.

**Cuadro 19. Capacidad Eléctrica por Tipo de Central (SENER) (GW)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Carboeléctrica	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	3.3	3.3	4.0	4.0	4.0
Nucleoeléctrica	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Geotermoelectrica	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Hidroeléctrica	10.0	10.0	9.7	9.6	9.6	9.6	9.6	9.9	10.5	10.5	10.5	11.3	11.3	11.3	11.3	12.2	12.2
Eoloelectrica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Térmica convencional	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.2	13.9	13.6	13.2	12.9	12.3	12.0	10.9
Turbogás	1.7	1.7	1.9	2.4	2.4	2.4	2.9	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1
Combustión interna	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Dual	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.8	2.8	2.8	2.8
Ciclo combinado	1.9	1.9	2.5	2.5	3.4	5.2	7.3	10.8	11.4	12.5	14.7	16.0	17.1	18.7	20.8	23.9	27.0
Total	34.8	34.8	35.3	35.7	36.7	38.5	41.2	45.5	46.7	47.8	49.7	51.4	52.8	54.7	56.9	60.7	62.7

En el escenario tendencial (BAU), se supone un desarrollo del sector eléctrico basado todavía en térmicas convencionales, que aumentan su participación en el parque generador de 41.1% en 1996 a 46.7% en 2012. Las contribuciones del carbón, el uranio, la hidroenergía y la geotermia se mantienen igual en los dos escenarios de acuerdo a la Prospectiva del Sector Eléctrico 2003-2012. El **Cuadro 20**, proporciona las diferencias en consumos energéticos entre los dos escenarios.

**Cuadro 20. Diferencias en Consumo Energéticos entre Escenarios (SENER vs BAU) (PJ)**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Viento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Uranio	0.3	-2.3	2.8	2.8	0.9	-5.9	-5.5	-4.5	-3.6	-3.2	-3.1	-2.9	-2.8	-2.8	-2.9	-3.2
Hidro	1.1	-7.1	8.1	8.4	2.7	-17.3	-16.6	-14.5	-11.8	-10.2	-10.7	-10	-9.6	-9.6	-11	-12
Geotermia	0.2	-1.2	1.4	1.7	0.5	-3.4	-3.6	-2.9	-2.4	-2.1	-2	-1.9	-1.8	-1.8	-1.9	-2.1
Gas seco	31.4	46	102.3	112.8	188.6	270.6	384.5	429	491.1	588.7	663.8	730.1	804.1	878.6	933.4	981.9
Diesel	2.1	3.8	4.9	7.4	11.9	-5.3	-5.6	-6.3	-6.8	-7.2	-7.8	-8.1	-8.4	-8.6	-8.9	-9.5
Combustible	-29.9	-79.2	-79.3	-96.3	-219.1	-370.4	-515.7	-568.6	-649.4	-760.3	-842.8	-911.3	-992.3	-1080.3	-1170.3	-1258.7
Carbon	0.6	-4	4.6	4.8	1.6	-9.8	-16.7	-13.6	-11.1	-9.6	-9.4	-10.1	-11	-12.2	-12.9	-14.1
Total	5.9	-44	44.8	41.7	-12.9	-142	-179	-181.4	-194	-204	-212	-214	-222	-236.8	-274.7	-317.8

### 3.3.1.3 Módulo de Recursos

En este módulo, en la parte correspondiente a recursos energéticos primarios, se registran las reservas probadas de petróleo, gas natural y carbón para el año

base, sin incluir una tasa de renovación de éstas, así como la producción anual de los energéticos renovables, la cual se ajustó a la demanda prevista en la prospectiva, según la prospectiva del sector eléctrico 2003-2012.

Además, en la parte correspondiente a recursos energéticos secundarios, se usan los precios promedio de importación y exportación de petrolíferos para el año 2002, determinados implícitamente a partir del cociente de los valores y volúmenes de ventas íter-organismos que aparecen en el informe Estadístico de Labores 2004 de PEMEX, **cuadro 21**. No se intenta proyectarlos dado las fluctuaciones que ocurren frecuentemente.

**Cuadro 21. Precios de Importación y Exportación de Petrolíferos en USD/GJ**

Energético	Importación	Exportación
	USD/GJ	USD/GJ
GLP	5.7	6.2
Gasolinas	6.8	4.4
Diesel	5.9	4.1
Combustóleo	4.1	2.8
Kerosinas		4.9

#### **3.3.1.4 Coeficientes de emisión y costos externos**

Los coeficientes de emisión de los contaminantes generados por los consumos energéticos se obtuvieron de la base de datos de LEAP, con cambios menores para ajustar las emisiones a lo reportado para 1996 en la 2ª comunicación nacional sobre cambio climático hecha por México (INE 2001). Estos valores se mantuvieron durante todo el lapso de proyección.

Los costos externos asociados a las emisiones contaminantes del sistema energético se obtuvieron de los análisis del UNCCEE (UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment), en RISO National Laboratory, Dinamarca, como

promedio entre los valores altos y bajos estimados para México (UNEP 1998), los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

contaminante	costo		
	USD\$(1996) por tonelada		
	bajo	alto	promedio
SO2	3692	4855	4274
NOx	1911	4915	3413
PST	6106	16164	11135
CO <sub>2</sub> *			29
CO*			2
N <sub>2</sub> O*			16000
COVNM*			900

\* Costos para generación eléctrica en Europa, del mismo reporte.

Es de señalarse que estos costos son derivados de los determinados para países industrializados, en particular Estados Unidos, con base en una proporcionalidad entre ingresos per-cápita. Si bien esto es debatible y se añade a las incertidumbres que se asocian con los datos originales, en este trabajo se adoptan estos valores por la necesidad de utilizar una fuente confiable y además porque no se encontraron trabajos que unifiquen estos criterios para México.

### **3.4 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE EMISIONES Y EXTERNALIDADES**

#### **3.4.1 Emisiones**

En esta sección se analizan solo las emisiones de gases efecto invernadero pues son las emisiones necesarias para llevar a cabo el indicador de pureza relativa del uso de la energía que veremos más adelante.



### 3.4.1.1 Perfil Regional de Emisiones GEI<sup>8</sup> de la Demanda Energética Final

Se espera que las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente<sup>9</sup>, escenario SENER, relacionadas con la demanda energética final alcancen 288.0 MMton en el 2012, aumentando 46% con respecto a las dadas en 1996. En el **Cuadro 22**, se puede observar la evolución de las emisiones GEI para las cinco regiones en que está dividido el país, la región centro es la más contaminante seguida de la noreste y centro-occidente con participaciones de 27%, 25% y 22% en 2012 respectivamente.

**Cuadro 22. Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por Regiones en la Demanda Energética Final (SENER) (MMton)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sur Sureste	35.8	35.6	35.8	33.3	33.8	32	30.9	32.1	33.3	34.5	35.7	37.3	38.8	40.3	41.9	43.4	44.9
Noreste	44.6	45	46.2	44.5	46.2	45	46.3	48.6	51	53.4	55.7	58.4	61	63.6	66.1	68.7	71.2
Centro	55.5	55.3	57.2	54.5	56.0	55.5	57.2	59.4	61.5	63.6	65.7	67.8	69.8	71.9	74.0	76.1	78.1
Centro Occidente	42.9	45.6	47.2	45.8	47.6	46.4	45.3	47.1	49	50.9	52.8	54.8	56.7	58.7	60.7	62.6	64.6
Noroeste	18.5	19	19.6	19.1	19.9	19.3	21.2	22.1	22.9	23.7	24.5	25.3	26	26.8	27.6	28.3	29.1
Total	197.4	200.5	206.1	197.1	203.5	198.2	201.0	209.3	217.7	226.1	234.4	243.4	252.4	261.3	270.2	279.1	288.0

En la **figura 20**, se puede ver un poco más claro el comportamiento regional en cuanto a las emisiones de efecto invernadero, escenario SENER. Durante el

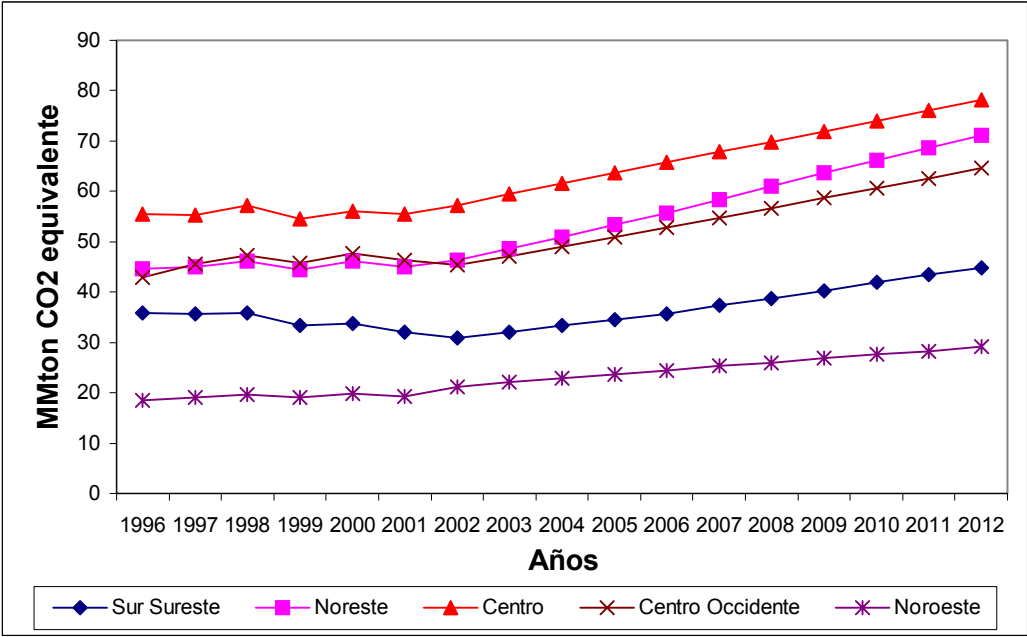
<sup>8</sup> Un gas de efecto invernadero es cualquier molécula que absorbe radiación en el intervalo de 8-14 mm de longitud de onda. Estos gases dejan pasar la radiación solar a través de la atmósfera casi sin obstáculo, pero absorben la radiación infrarroja que emite la superficie de la Tierra e, incluso, irradian nuevamente una parte hacia ella produciendo un efecto neto de calentamiento. Los Gases de efecto invernadero considerados en el anexo (A) del protocolo de Kyoto son: Dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, Metano CH<sub>4</sub>, Óxido nitroso NO<sub>2</sub>, Hidrofluorocarbonos HFC, Perfluorocarbonos PFC, Hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>.

<sup>9</sup> Los parámetros para medir la influencia de cada una de estas sustancias contaminantes se han homogeneizado, de forma que sus efectos se expresan en cantidades de dióxido de carbono equivalente. No todos los gases de efecto invernadero producen el mismo efecto. En el cuadro inferior se puede observar cómo son los CFCs son los gases con mayor índice de impacto, aunque su volumen total es bastante inferior al de CO<sub>2</sub>. Es por ello que su efecto real sólo representa el 5 %.

	Acción relativa	Contribución real
CO <sub>2</sub>	1 (referencia)	76%
CFCs	15 000	5%
CH <sub>4</sub>	25	13%
N <sub>2</sub> O	230	6%

periodo 1996 a 2002, las regiones noreste y centro-occidente estuvieron produciendo aproximadamente el mismo nivel de emisiones, pero luego en el periodo 2002 a 2012 la región noreste produce mucho más emisiones que la centro-occidente. Además se observa claramente como la región centro es la que produce mayor cantidad de emisiones durante todo el periodo analizado.

**Figura 20. Emisiones de CO2 equivalente por Regiones en la Demanda Energética Final (SENER) (MMton)**



La emisión acumulada, en el escenario SENER, durante el periodo 1996 a 2012 es de 3885.7 MMton de CO2 equivalente (**cuadro 23**), menor que la del escenario tendencial en 11.3 MMton de CO2 equivalente, pero esto sólo equivale al 0.3% lo que no permite afirmar que la actual política energética, aplicada en los sectores de demanda energética final, sea más sustentable desde el punto de vista ambiental. El **cuadro 24** muestra la diferencia en emisiones acumuladas de efecto invernadero entre escenarios SENER vs BAU, donde se puede apreciar que en las regiones noreste y centro-occidente hay disminución de emisiones en el escenario tendencial, esto debido especialmente a la diferencia en consumo de coque de petróleo como energético en el sector industrial.

**Cuadro 23. Emisiones Acumuladas de CO2 equivalente por Regiones en la Demanda Energética Final (SENER) (MMton)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sur Sureste	35.8	71.4	107.2	140.5	174.3	206.3	237.2	269.3	302.6	337.1	372.8	410.1	448.9	489.2	531.1	574.5	619.4
Noreste	44.6	89.6	135.8	180.3	226.5	271.5	317.8	366.4	417.4	470.8	526.5	584.9	645.9	709.5	775.6	844.3	915.5
Centro	55.5	110.8	168.0	222.5	278.5	334.0	391.2	450.6	512.1	575.7	641.4	709.2	779.0	850.9	924.9	1001.0	1079.1
Centro Occidente	42.9	88.5	135.7	181.5	229.1	275.5	320.8	367.9	416.9	467.8	520.6	575.4	632.1	690.8	751.5	814.1	878.7
Noroeste	18.5	37.5	57.1	76.2	96.1	115.4	136.6	158.7	181.6	205.3	229.8	255.1	281.1	307.9	335.5	363.8	392.9
Total	197.4	397.9	604.0	801.1	1004.6	1202.8	1403.8	1613.1	1830.8	2056.9	2291.3	2534.7	2787.1	3048.4	3318.6	3597.7	3885.7

**Cuadro 24. Diferencia en emisiones acumuladas GEI entre escenarios por Regiones (SENER vs BAU) (MMton)**

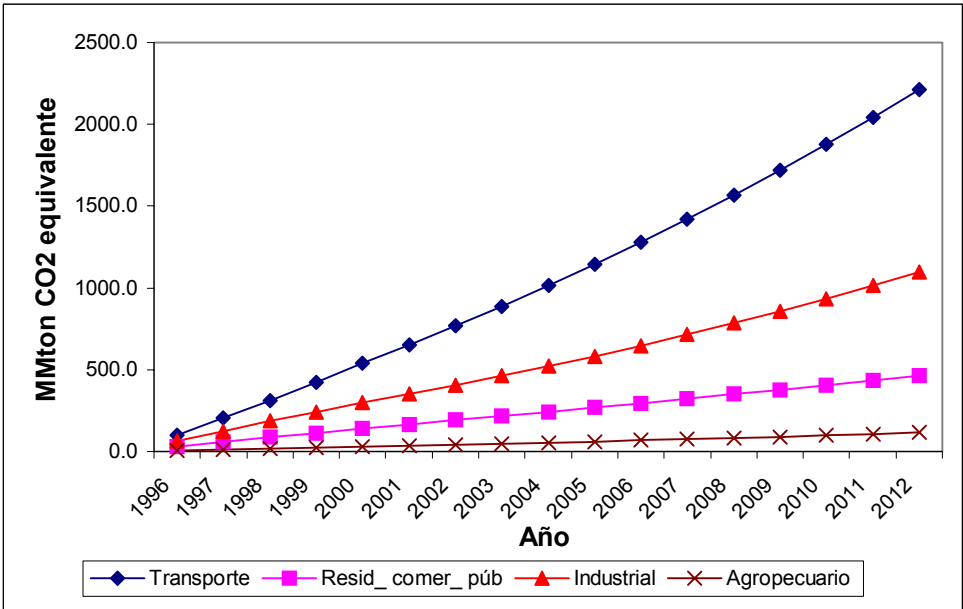
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sur Sureste	0	-0.1	-0.2	-0.6	-0.9	-1.6	-1.8	-2.1	-2.5	-3.0	-3.6	-4.1	-4.7	-5.3	-5.9	-6.6	-7.3
Noreste	0	0.2	0.6	0.7	0.9	1.7	3.1	4.4	5.7	7.1	8.4	9.7	11.0	12.2	13.2	14.1	14.9
Centro	0	-0.2	-0.2	-0.6	-1.1	-1.1	-1.4	-1.8	-2.4	-3.2	-4.2	-5.2	-6.4	-7.6	-8.8	-10.0	-11.3
Centro Occidente	0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.6	1.0	1.3	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9	0.5
Noroeste	0	0.0	0.0	-0.2	-0.4	-1.1	-1.3	-1.5	-1.8	-2.2	-2.7	-3.3	-4.1	-5.0	-6.0	-7.1	-8.3
Total	0	-0.2	0.4	-0.8	-1.6	-2.0	-0.7	0.0	0.3	0.2	-0.4	-1.3	-2.5	-4.1	-6.1	-8.5	-11.3

### 3.4.1.2 Perfil Nacional de Emisiones GEI de la Demanda Energética Final

Por su parte en la **figura 21** se puede observar la evolución de las emisiones acumuladas GEI para los sectores de la demanda final, a nivel nacional en el escenario SENER, donde el sector más contaminante es el transporte seguido por el industrial, con 57% y 28% de participación respectivamente. De forma similar evoluciona el escenario BAU. Sin embargo, al analizar las diferencias entre escenarios (**cuadro 25**), notamos que el sector industrial en el escenario SENER produce mayor cantidad de emisiones GEI, producto principalmente de la diferencia en el consumo de coque de petróleo como energético a partir del año 2000 y en menor medida del consumo de carbón a partir del 2001 (**cuadro 26**), los cuales se mantienen nulos en el escenario BAU. Además, del aumento notable de las emisiones producidas por la quema de GN y la significativa disminución en

emisiones producidas por la quema de combustóleo debidas a su mayor y menor consumo respectivamente. Asimismo, hay disminución de emisiones debidas a la utilización del GLP producto de la penetración del GN y disminución de emisiones por la quema de diesel producto de una mayor utilización del energético en el escenario BAU debido a que la proyección de uso de este energético se hace con base en la tasa de crecimiento en los niveles anteriores a los establecidos por la política energética actual. Aún así, la penetración de GN en el sector residencial y comercial permite que haya una disminución significativa de emisiones acumuladas en el sector de 46.1 MMton CO2 equivalente, en el periodo analizado, proporcionando una diferencia total de 11.3 MMton de CO2 equivalente entre escenarios.

**Figura 21. Emisiones Acumuladas de CO2 equivalente por Sectores en la Demanda Energética Final (SENER) (MMton)**



**Cuadro 25. Diferencias entre Escenarios en emisiones Acumuladas GEI por Sectores Productivos(SENER vs BAU) (MMton)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Transporte	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	-0.1	-0.3	-0.5	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.9	-2.2	-2.6
Resid_comer_púb	0.0	-0.1	-0.4	-1.3	-2.6	-4.3	-6.5	-9.0	-11.7	-14.8	-18.2	-22.0	-26.1	-30.6	-35.4	-40.6	-46.1
Industrial	0.0	-0.1	0.6	0.3	0.9	2.3	5.8	9.2	12.5	15.7	18.7	21.8	24.9	28.0	31.1	34.3	37.4
Agropecuario	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	0.0	-0.2	0.4	-0.8	-1.6	-2.0	-0.7	0.0	0.3	0.2	-0.4	-1.3	-2.5	-4.1	-6.1	-8.5	-11.3

**Cuadro 26. Diferencias entre Escenarios en emisiones Acumuladas GEI del Sector Industrial por Tipo de Combustible (MMton)**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Kerosinas	0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7
Gasolinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gas seco	0.4	-3.5	-4.6	-3.4	-3.1	0.1	3.5	7.1	10.9	14.9	19.4	24.4	29.9	36	42.6	49.8
Gas no asociado	-1.4	2.5	3.3	2.2	2.1	2.6	3.3	4	4.8	5.8	7.1	8.7	10.7	13	15.8	19
Gas licuado	-0.4	-1.2	-1.1	-1.3	-2	-2.9	-3.8	-4.6	-5.5	-6.3	-7.3	-8.6	-10.1	-11.8	-13.8	-16
Diesel	0.6	1.8	1.5	1.4	0.4	-1	-2.6	-4.3	-6	-7.8	-9.8	-12	-14.3	-16.8	-19.5	-22.4
Coque metalurgico	0.6	1.2	2.4	2.1	2.6	2.9	3.3	3.8	4.3	4.9	5.6	6.3	7.1	8	8.8	9.7
Coque de petroleo	0	0	0	3.2	6.2	10.5	15	19.7	24.6	29.7	35.1	40.7	46.6	52.7	59.1	65.7
Combustoleo	0.1	0.1	-0.8	-3.2	-4.1	-7	-10.5	-14.7	-19.7	-25.4	-31.9	-39.2	-47.4	-56.5	-66.5	-77.5
Carbon	0	0	0	0	0.2	0.6	1.1	1.6	2.2	2.9	3.7	4.6	5.6	6.7	7.9	9.2
Bagazo de cana	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	-0.1	0.6	0.3	0.9	2.3	5.8	9.2	12.5	15.7	18.7	21.8	24.9	28	31.1	34.3	37.4

### 3.4.1.3 Perfil Nacional de Emisiones GEI de la Demanda Energética Intermedia

En la demanda energética Intermedia (transformación), escenario SENER, el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero aumenta en 47% de 1996 a 2012, alcanzando 255.2 MMton de CO<sub>2</sub> equivalente en 2012, **Cuadro 27**. El sector de la demanda intermedia que más produce emisiones es el sector eléctrico, aportando el 62% de éstas en el año 2012. La emisión acumulada durante este periodo en el escenario SENER es de 3606.9 MMton de CO<sub>2</sub> equivalente. Sin embargo estas emisiones son menores en 432.4 MMton de CO<sub>2</sub> equivalente, **Cuadro 28**, con respecto al escenario tendencial BAU, estas equivalen al 12% lo que permite afirmar que la política energética actual para la demanda intermedia es más

sustentable desde el punto de vista ambiental, y se deben principalmente al cambio en la participación de la capacidad de generación de electricidad de plantas térmicas convencionales por plantas de ciclo combinado provocando con ello la sustitución de combustóleo por gas natural en el consumo del sector eléctrico.

**Cuadro 27. Emisiones de GEI en la Demanda Energética Intermedia (Escenario SENER) (MMton)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Generacion de electricidad	83.2	91.5	97.5	101.9	110.1	109.6	107.4	112.7	116.1	120.2	124.4	127.9	134.8	141.8	148.5	152.5	157.3
cp no asoc	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
cp diesel	2.8	2.8	3.2	3.1	3.1	2.3	2.9	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1
cp combustoleo	7.3	8.3	8.6	8.9	8.1	9.1	7.6	19.1	18.5	17.7	16.6	15.5	14.3	13.1	11.9	11.9	11.7
cp gas licuado	1.2	1.3	1.4	0.8	0.9	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
cp kerosines	1.1	1	0.8	0.6	0.4	0.3	0.3	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4
cp gas seco	14.3	17.8	18.5	16.2	16.8	14.2	13.6	11.4	12.5	13.8	15.5	17.1	17.9	18	18	18	18
cp gasolinas	1.3	0.5	2.7	3.1	2.8	2.5	1.2	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2	2
cp coque	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
cp asociado	3.8	3.4	3.3	3.2	3.4	3.3	3.4	3.1	3	3.4	3.4	3.6	3.8	3.8	3.7	3.7	3.6
No aprovechada no asociado	0.5	0.5	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2	2.1	2.2
No aprovechada gas asociado	57.3	50.9	49.9	49.1	50.8	50.6	51.9	47.3	45.4	52	52.1	54.5	57.1	57.2	56.4	55.9	54.5
Total	173.1	178	187.1	187.9	197.5	193.6	189.9	200.6	202.7	214.6	220.1	226.9	236.7	243.1	248	251.7	255.2

**Cuadro 28. Diferencia de Emisiones Acumuladas de GEI en la Demanda Energética Intermedia entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMton)**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Generacion de electricidad	-0.4	-3.9	-3.1	-3.1	-8.1	-22.3	-41.8	-62.8	-86.3	-112.8	-141.4	-171.7	-204.3	-239.6	-278.8	-322.2
cp no asoc	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4
cp diesel	-0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.9	-1.1	-1.3	-1.5
cp combustoleo	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.8	-12.8	-26.2	-41.2	-58.2	-77.1	-98.1	-121.1	-146.1	-172.0	-198.9
cp gas licuado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-1.0	-1.1
cp kerosines	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.8	-2.0	-2.2
cp gas seco	1.7	-0.4	1.3	5.2	9.4	14.8	20.1	26.0	32.7	40.6	49.6	59.0	68.1	76.7	84.8	92.4
cp gasolinas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
cp coque	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
cp asociado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No aprovechada no asociado	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2
No aprovechada gas asociado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	1.0	-4.4	-1.9	2.0	1.0	-8.4	-34.9	-63.7	-95.9	-131.7	-170.6	-212.9	-259.8	-311.9	-369.3	-432.4

### 3.4.1.4 Perfil Nacional de Emisiones GEI de la Demanda Energética Total

En general para la demanda energética total, en el escenario SENER, se espera que las emisiones relacionadas con el efecto invernadero alcancen 543.2 MMton de CO2 equivalente en el 2012, aumentando en un 47% durante el periodo 1996-2012 (**Cuadro 29**). La emisión acumulada en este lapso, en el mismo escenario, es de 7492.6 MMton de CO2 equivalente, aportando la demanda energética final el 52% y la demanda intermedia el restante 48%. Este resultado se invierte en el escenario tendencial BAU, donde la demanda energética intermedia aporta el 51% de las emisiones mientras que la demanda energética final el 49%, de un total de 7936.6 MMton de CO2 equivalente (**cuadros 30 y 31**).

**Cuadro 29. Emisiones de GEI en la Demanda Energética Total (Escenario SENER) (MMton)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Demanda	197.4	200.5	206.1	197.1	203.5	198.2	201	209.3	217.7	226.1	234.4	243.4	252.4	261.3	270.2	279.1	288
Transformación	173.1	178.2	187.1	187.9	197.5	193.6	189.9	200.6	202.7	214.6	220.1	226.9	236.7	243.1	248	251.7	255.2
Total	370.4	378.8	393.2	385	401	391.8	390.9	409.9	420.4	440.7	454.4	470.3	489.1	504.5	518.2	530.8	543.2

**Cuadro 30. Emisiones Acumuladas de GEI en la Demanda Energética Total (Escenario SENER) (MMton)**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Demanda	397.9	604.0	801.1	1004.6	1202.8	1403.8	1613.1	1830.8	2056.9	2291.3	2534.7	2787.1	3048.4	3318.6	3597.7	3885.7
Transformación	351.3	538.4	726.3	923.8	1117.4	1307.3	1507.9	1710.6	1925.2	2145.3	2372.2	2608.9	2852.0	3100.0	3351.7	3606.9
Total	749.2	1142.4	1527.4	1928.4	2320.2	2711.1	3121.0	3541.4	3982.1	4436.5	4906.8	5395.9	5900.4	6418.6	6949.4	7492.6

**Cuadro 31. Emisiones Acumuladas de GEI en la Demanda Energética Total (Escenario BAU) (MMton)**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Demanda	398.1	603.6	801.9	1006.2	1204.8	1404.5	1613.1	1830.5	2056.7	2291.7	2536.0	2789.6	3052.5	3324.7	3606.2	3897.0
Transformación	350.3	542.8	728.2	921.8	1116.4	1315.7	1542.8	1774.3	2021.1	2277.0	2542.8	2821.8	3111.8	3411.9	3721.0	4039.3
Total	748.3	1146.3	1530.0	1927.9	2321.2	2720.2	3155.9	3604.8	4077.8	4568.8	5078.9	5611.6	6164.6	6736.9	7327.5	7936.6

A pesar del gran número de emisiones de GEI que se prevé se producirán en el escenario SENER, éstas son menores que las que se darían sin la política del uso del gas natural, alcanzando una diferencia total acumulada de emisiones evitadas de 443.7 MMton de CO2 equivalente en el periodo analizado (**Cuadro 32**). El nivel de emisiones acumuladas en SENER está 5.9% abajo del BAU en 2012, (**Cuadro 33**), aunque el proceso es progresivo solo a partir de 2001 debido a que la instalación de ciclos combinados para generación eléctrica es gradual. Esto nos muestra que para el conjunto de la demanda energética total la política energética actual es más sustentable desde el punto de vista ambiental, y en dado caso que México<sup>10</sup> se comprometiera con un determinado valor de emisiones para un año determinado<sup>11</sup>, esta información sería de gran ayuda en la toma de decisiones.

Por otro lado, esta reducción de emisiones de un escenario con respecto al otro no nos permite realizar una evaluación con respecto a otros países, puesto que los estudios internacionales están centrados en la disminución de emisiones con respecto a lo acordado en Kyoto<sup>12</sup>, es decir la disminución de emisiones con respecto a 1990, y en nuestro estudio por el contrario en el escenario más favorable que es el SENER, hay un aumento de 47% con respecto a las emisiones del año base. De igual forma, México al igual que los demás países en desarrollo no podría mantener o disminuir sus niveles actuales de emisiones sin sacrificar el crecimiento económico y el bienestar de la población.

---

<sup>10</sup> De acuerdo con las emisiones por PIB y per cápita, México está a gran distancia de los principales emisores de CO2, lugar 72, si bien en términos de emisiones totales ocupa el catorceavo lugar, lo que es comprensible dada la magnitud de su población, la extensión de su territorio y su nivel de desarrollo. Las emisiones totales de CO2 de México representan tan sólo un 10% de las de emisiones de este gas por parte del principal país emisor. SENER-SEMARNAT 2001.

<sup>11</sup> El Protocolo de Kyoto no obliga en una primera fase a los países en desarrollo, dadas sus menores emisiones por habitante.

<sup>12</sup> El compromiso, obliga a limitar las emisiones conjuntas de seis gases (CO2, CH4, N2O, compuestos perfluorocarbonados (PFC), compuestos hidrofluorocarbonados (HFC) y hexafluoruro de azufre) respecto a las de 1990 durante el periodo 2008-2012, en proporciones diferentes según el país: reducción de un 8% para el conjunto de la Unión Europea, un 7% para EE UU y un 6% para Japón. Ucrania, la Federación Rusa y Nueva Zelanda se comprometen a mantener sus emisiones de 1990. En conjunto la reducción global acordada es de un 5,2% para los países industrializados.



**Cuadro 32. Diferencia de Emisiones Acumuladas de GEI en la Demanda Energética Total entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMton)**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Demanda	-0.2	0.4	-0.8	-1.6	-2.0	-0.7	0.0	0.3	0.2	-0.4	-1.3	-2.5	-4.1	-6.1	-8.5	-11.3
Transformación	1.0	-4.4	-1.9	2.0	1.0	-8.4	-34.9	-63.7	-95.9	-131.7	-170.6	-212.9	-259.8	-311.9	-369.3	-432.4
Total	0.8	-4.0	-2.7	0.4	-1.0	-9.1	-34.9	-63.4	-95.7	-132.1	-171.9	-215.4	-263.9	-318.0	-377.8	-443.7

**Cuadro 33. Diferencia de Emisiones de GEI en la Demanda Energética Total entre Escenarios (SENER vs BAU) (%)**

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Demanda	0.1	-0.1	0.1	0.2	0.2	0.05	0.00	-0.02	-0.01	0.02	0.05	0.09	0.13	0.2	0.2	0.3
Transformación	-0.3	0.8	0.3	-0.2	-0.1	0.6	2.3	3.7	5.0	6.1	7.2	8.2	9.1	10.1	11.0	12.0
Total	-0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.3	1.1	1.8	2.4	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.4	5.9

### 3.4.2 Externalidades Ambientales<sup>13</sup>

En esta sección se analizan los costos incurridos por las externalidades ambientales, para tener una idea de cuanto dinero se ahorraría en un escenario con respecto al otro si se internalizaran estos.

#### 3.4.2.1 Costos Externalidades Ambientales Demanda Final

Los costos de las externalidades ambientales (CEA), escenario SENR, relacionadas con la demanda energética final alcanzan 168.4 miles de millones de USD en el 2012, aumentando 42% con respecto a las dadas en 1996. En el **Cuadro 34**, se puede observar la evolución de los CEA para las cinco regiones en que está dividido el país, la región noreste es la que más produce CEA seguida de

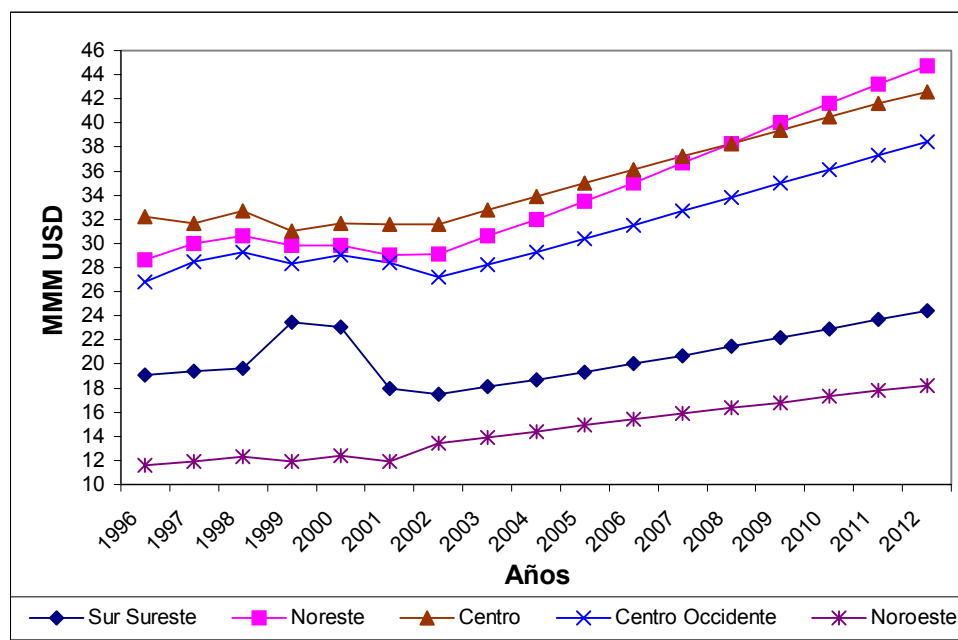
<sup>13</sup> El uso de la energía causa daño, en un amplio rango a quienes reciben las emisiones, producto de la quema de combustibles fósiles, incluyendo la salud humana, los ecosistemas naturales y por ende al medio ambiente, tales daños no están reflejados en el precio de mercado de los productos energéticos, pues estos han sido tradicionalmente ignorados, por ello los costos asociados a estos daños se les conoce como externalidades ambientales.

la centro y centro-occidente con participaciones de 27%, 25% y 23% en 2012 respectivamente, bueno aquí hay una diferencia en el orden de las regiones con respecto a las emisiones GEI, pero es debido a que en los CEA se tienen en cuenta otros contaminantes como: CO, COVNM, PST y SO<sub>2</sub>. En la **figura 22**, se observa claramente como los costos de las externalidades ambientales en la región noreste a partir del año 2008 comienzan a ser mayores que los de la región centro que hasta el momento era la de más altos CEA, esto es debido a que los niveles de emisión de dióxido de sulfuro son más altos en esta región.

**Cuadro 34. Externalidades Ambientales por Regiones en la Demanda Energética Final (SENER) (MMM USD)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sur Sureste	19.1	19.4	19.6	23.5	23.1	18	17.5	18.1	18.7	19.3	20	20.7	21.5	22.2	22.9	23.7	24.4
Noreste	28.6	30	30.6	29.8	29.8	29	29.1	30.6	32	33.5	35	36.7	38.3	40	41.6	43.2	44.7
Centro	32.2	31.7	32.7	31	31.7	31.6	31.6	32.8	33.9	35	36.1	37.2	38.3	39.4	40.5	41.6	42.6
Centro Occidente	26.8	28.5	29.3	28.3	29	28.4	27.2	28.2	29.3	30.4	31.5	32.7	33.8	35	36.1	37.3	38.4
Noroeste	11.6	11.9	12.3	11.9	12.4	11.9	13.4	13.9	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.8	17.3	17.8	18.2
Total	118.3	121.5	124.6	124.6	126	118.9	118.8	123.5	128.4	133.2	138	143.2	148.3	153.4	158.5	163.4	168.4

**Figura 22. Externalidades Ambientales por Regiones en la Demanda Energética Final (SENER) (MMM USD)**



Los costos acumulados de las externalidades ambientales, en el escenario SENER, durante el periodo 1996 a 2012 son de 2311.0 MMM USD, menor que la del escenario tendencial en 9.3 MMM USD, equivalente a un 0.4%. El **cuadro 35** muestra la diferencia en los CEA entre escenarios, donde se puede apreciar que en la región noreste hay disminución en los CEA en el escenario tendencial, esto debido especialmente a la diferencia en consumo de coque de petróleo como energético en el sector industrial y por tanto a la diferencia en la producción emisiones al ambiente.

**Cuadro 35. Diferencia en Externalidades Ambientales entre escenarios por Regiones (SENER vs BAU) (MMM USD)**

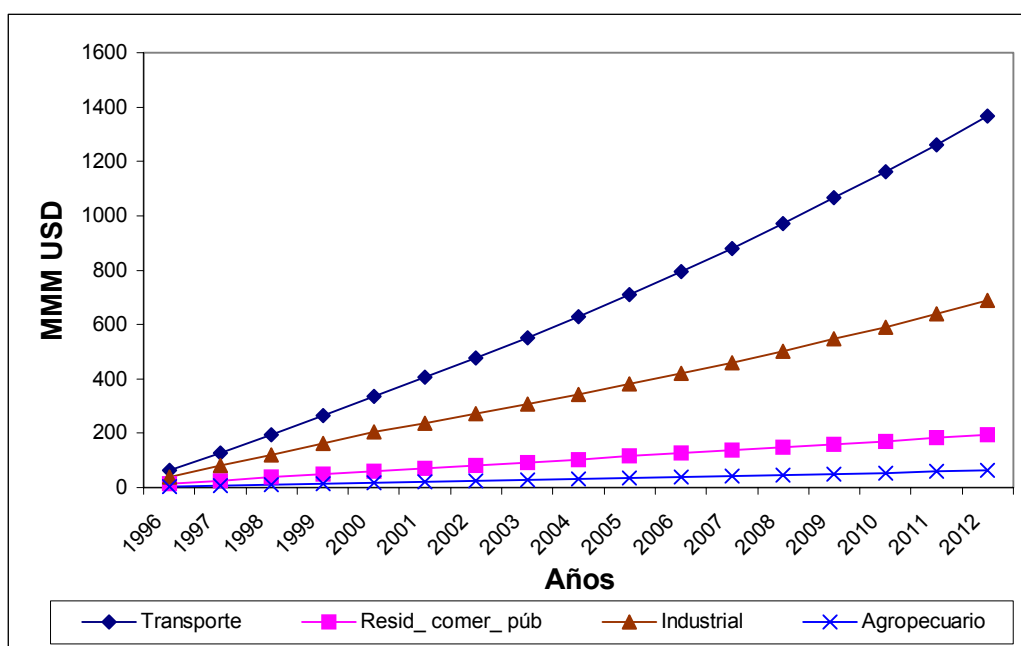
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sur Sureste	0	0.1	0.1	4.9	8.9	8.3	8	7.6	7.1	6.5	5.9	5.1	4.3	3.4	2.3	1.2	0
Noreste	0	1.2	2.3	3.5	3.7	4.7	5.6	6.5	7.3	8.1	8.9	9.7	10.4	11.1	11.7	12.2	12.5
Centro	0	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-0.4	-0.8	-1.3	-2.1	-3.1	-4.3	-5.6	-7	-8.5	-10	-12	-14
Centro Occidente	0	0.1	0.3	0.3	0.2	0.5	0.7	0.6	0.4	0.1	-0.3	-0.7	-1.3	-1.9	-2.7	-3.5	-4.5
Noroeste	0	-0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.8	-0.8	-0.9	-1	-1.2	-1.4	-1.7	-2	-2.4	-2.9	-3.4	-4.1
Total	0	0.9	2.1	7.9	11.7	12.4	12.7	12.5	11.9	10.8	9.3	7.4	5	2.2	-1	-4.9	-9.3

Por otra parte en la **figura 23** se puede observar la evolución de los costos acumulados de las externalidades ambientales para los sectores de la demanda final, a nivel nacional en el escenario SENER, donde el sector más intensivo en CEA es el transporte seguido por el industrial, con 59% y 30% de participación respectivamente. De forma similar evoluciona el escenario BAU. Sin embargo, al analizar las diferencias entre escenarios (**cuadro 36**), notamos que el sector industrial produce mayor cantidad de CEA, producto principalmente de la diferencia en el consumo de coque de petróleo como energético a partir del año 2000 y en menor medida del consumo de carbón a partir del 2001 (**cuadro 26**). Aún así, la penetración de GN en el sector residencial y comercial permite que haya una disminución significativa en los CEA en el sector de 15.4 MMM USD, en el periodo analizado, proporcionando una diferencia total de 9.3 MMM USD entre escenarios.

**Cuadro 36. Diferencias entre Escenarios en Costos Acumulados de Externalidades Ambientales por Sectores Productivos (SENER vs BAU) (MMM USD)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Transporte	0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	-0.2	-0.8	-1.4	-2.1	-2.9	-3.8	-4.7	-5.6	-6.6	-7.7	-8.9
Resid_ comer_púb	0	-0.1	-0.1	-0.4	-0.8	-1.4	-2.1	-2.9	-3.8	-4.9	-6.1	-7.4	-8.7	-10.2	-11.8	-13.5	-15.4
Industrial	0	0.8	1.9	8.0	12.2	13.6	14.9	16.1	17.0	17.7	18.2	18.4	18.4	18.0	17.3	16.3	15.0
Agropecuario	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	0	0.9	2.1	7.9	11.7	12.4	12.7	12.5	11.9	10.8	9.3	7.4	5.0	2.2	-1.0	-4.9	-9.3

**Figura 23. Costos Acumulados de las Externalidades Ambientales por Sectores en la Demanda Energética Final (SENER) (MMM USD)**



### 3.4.2.2 Costos Externalidades Ambientales Demanda Intermedia Nacional

En la demanda energética Intermedia los costos de las externalidades ambientales, escenario SENER, aumentan en 44% de 1996 a 2012, alcanzando 122.4 MMM USD en 2012, **Cuadro 37**. El sector de la demanda intermedia que más produce CEA es el sector eléctrico, aportando el 82% de éstas en el año 2012. Los costos acumulados de las externalidades ambientales durante este periodo en el escenario SENER son de 1831 MMM USD. Sin embargo estos

costos son menores en 590 MMM USD, equivalentes a 32.2% (**cuadro 38 y figura 24**), con respecto al escenario tendencial BAU y se deben principalmente al cambio en la participación de la capacidad de generación de electricidad de plantas térmicas convencionales por plantas de ciclo combinado provocando con ello la sustitución de combustóleo por gas natural en el consumo del sector eléctrico.

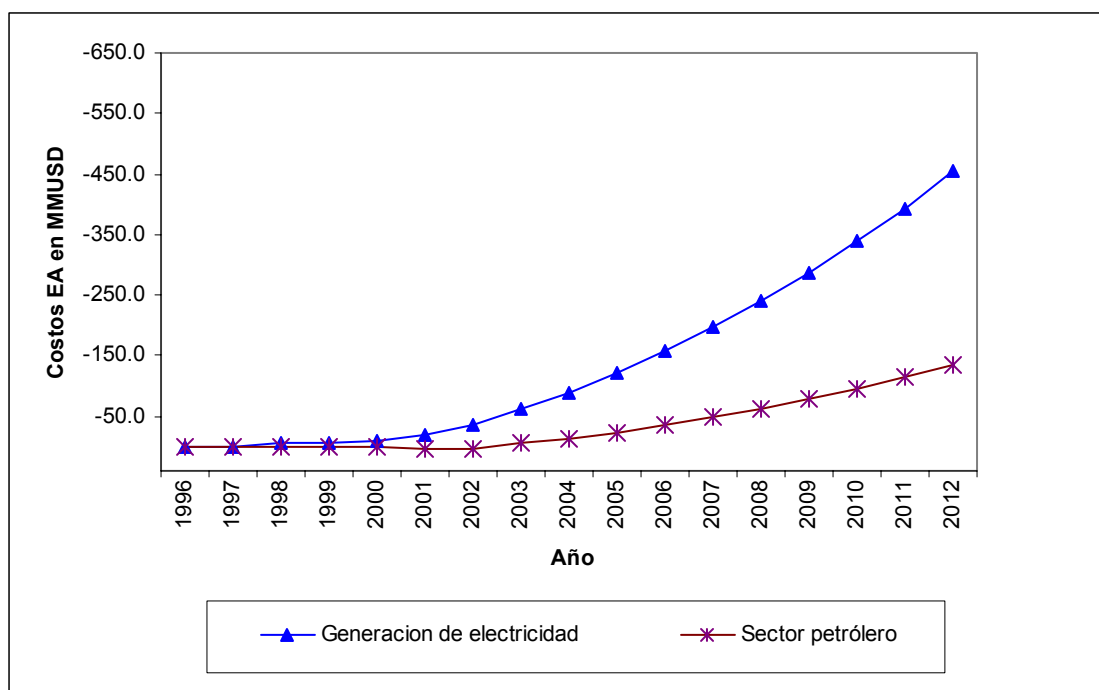
**Cuadro 37. Costo de las Externalidades Ambientales en la Demanda Energética Intermedia (Escenario SENER) (MMM USD)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Generación de electricidad	67.7	76.9	81.3	84.3	90.2	87.6	83.5	81.2	82.5	83.8	84.6	85.1	88.9	92.6	96.1	97.7	100
cp no asoc	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
cp diesel	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.1	1.4	1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4
cp combustóleo	5.9	6.7	7	7.2	6.5	7.3	6.1	15.4	14.9	14.3	13.4	12.5	11.5	10.6	9.6	9.6	9.5
cp gas licuado	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
cp kerosines	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
cp gas seco	4.3	5.3	5.5	4.8	5	4.2	4.1	3.4	3.7	4.1	4.6	5.1	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4
cp gasolinas	0.6	0.2	1.3	1.5	1.4	1.2	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1	1
cp coque	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
cp asociado	1.3	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2
No aprovechada no asociado	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
No aprovechada gas asociado	2.8	2.5	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.3	2.2	2.5	2.5	2.7	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7
Total	85	95.2	101.3	103.5	108.9	105.6	99.8	106.2	107.2	108.9	109.4	109.8	113.1	116	118.5	120.2	122.4

**Cuadro 38. Diferencia en los Costos de Externalidades Ambientales en la Demanda Energética Intermedia entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMM USD)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Generacion de electricidad	0.0	-1.0	-5.3	-6.7	-9.4	-18.0	-36.1	-61.6	-89.4	-120.9	-157.3	-197.4	-240.5	-287.4	-338.4	-394.1	-454.6
cp no asoc	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
cp diesel	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6
cp combustoleo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.7	-10.4	-21.3	-33.4	-47.1	-62.4	-79.4	-98.0	-118.2	-139.1	-160.8
cp gas licuado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4
cp kerosines	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0	-1.1	-1.2
cp gas seco	0.0	0.5	-0.2	0.3	1.5	2.7	4.4	6.0	7.7	9.7	12.0	14.7	17.5	20.2	22.8	25.3	27.6
cp gasolinas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
cp coque	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
cp asociado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No aprovechada no asociado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
No aprovechada gas asociado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	0.0	-0.7	-5.5	-6.4	-7.9	-15.5	-32.5	-66.2	-103.2	-145.0	-192.9	-245.8	-303.3	-366.3	-435.3	-509.8	-590.0

**Figura 24. Diferencia en los Costos de Externalidades Ambientales en la Demanda Energética Intermedia entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMM USD)**



### 3.4.2.3 Costos Externalidades Ambientales Demanda Total

En general para la demanda energética total, en el escenario SENER, los costos de las externalidades ambientales alcanzarían 290.8 MMM USD en el 2012, aumentando en un 43% durante el periodo 1996-2012 (**Cuadro 39**). Los costos acumulados de las externalidades en este lapso son de 4142 MMM USD, aportando la demanda energética final el 56% y la demanda intermedia el restante 44%. A diferencia del escenario tendencial BAU, donde la demanda energética intermedia aporta el 51% de los costos mientras que la demanda energética final el 49%, de un total de 4741.3 MMM USD. En el **cuadro 40 y figura 25** se presentan las reducciones, en los costos acumulados de las externalidades ambientales, que representan la política del uso de GN en relación con el escenario tendencial. Esta reducción acumulada es de 599.3 MMM USD, equivalente a un 14.47%, la cual sería un ahorro significativo si los costos por externalidades ambientales se internalizaran en el sector energético.

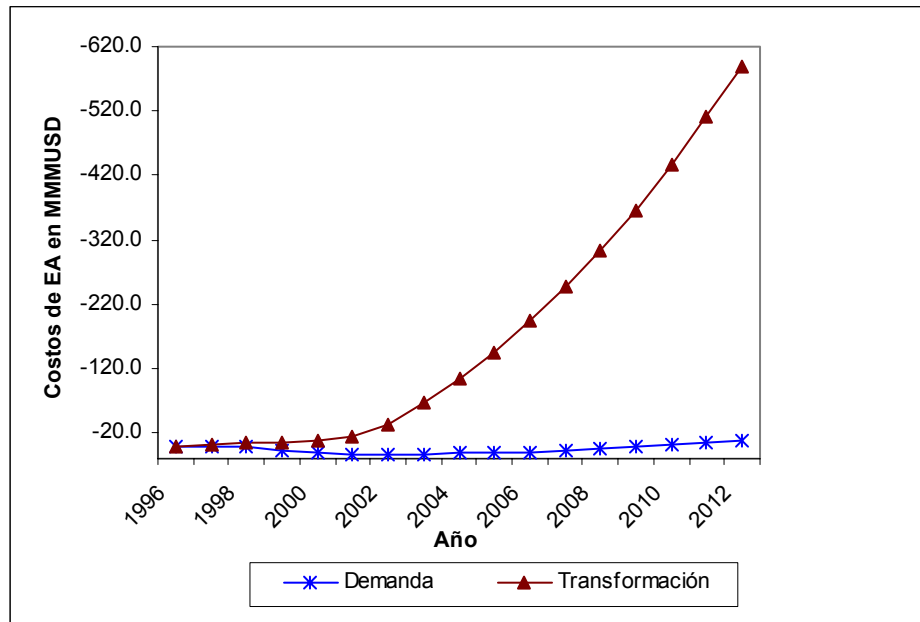
**Cuadro 39. Emisiones de GEI en la Demanda Energética Total (Escenario SENER) (MMton)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Demanda	118.3	121.5	124.6	124.6	126	118.9	118.8	123.5	128.4	133.2	138	143.2	148.3	153.4	158.5	163.4	168.4
Transformación	85	95.2	101.3	103.5	108.9	105.6	99.8	106.2	107.2	108.9	109.4	109.8	113.1	116	118.5	120.2	122.4
Total	203.3	216.7	225.8	228.1	234.9	224.5	218.6	229.7	235.6	242.1	247.4	253	261.4	269.4	277	283.6	290.8

**Cuadro 40. Diferencia en los Costos Acumulados de las Externalidades Ambientales en la Demanda Energética Total entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMM USD)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Demanda	0.0	0.9	2.1	7.9	11.7	12.4	12.7	12.5	11.9	10.8	9.3	7.4	5.0	2.2	-1.0	-4.9	-9.3
Transformación	0.0	-0.7	-5.5	-6.4	-7.9	-15.5	-32.5	-66.2	-103.2	-145.0	-192.9	-245.8	-303.3	-366.3	-435.3	-509.8	-590.0
Total	0.0	0.2	-3.4	1.5	3.8	-3.1	-19.8	-53.7	-91.3	-134.2	-183.6	-238.4	-298.3	-364.1	-436.3	-514.7	-599.3

**Figura 25. Diferencia en los Costos Acumulados de las Externalidades Ambientales en la Demanda Energética Total entre Escenarios Ambientales en la Demanda Energética Total entre Escenarios (SENER vs BAU) (MMM USD)**



#### 3.4.2.4 Balanza comercial

La diferencias en los escenarios entre las importaciones y exportaciones de gas natural y petrolíferos, **cuadro 41**, hace que la balanza comercial sea muy sensible a los precios del gas natural. Por ejemplo, en el 2012, para un precio de GN de 3 USD/MMBTU, el déficit comercial del escenario SENER sería de 4148 MMUSD y el del escenario BAU de 8325 MMUSD. Mientras que si el precio del GN subiera a 9 USD/MMBTU<sup>14</sup>, en SENER se tendría un déficit de 9308 MMUSD y en BAU sería de 5187 MMUSD. Para un precio aproximado de 6 USD/MMBTU se tendría aproximadamente el mismo déficit en los dos escenarios y sería cerca de 6746 MMUSD.



Así, la volatilidad del precio del gas natural influye de manera importante en la sustentabilidad económica de la política energética actual basada en el uso extendido del gas natural.

**Cuadro 41. Importaciones y Exportaciones de GN y Petrolíferos de Ambos Escenarios para el 2012 (PJ)**

	Gas licuado	Gasolinas y naftas	Kerosinas	Diesel	Combustóleo	Gas seco	Total
<b>SENER</b>							
Importaciones	78	171	0	3	75	860	1,187
Exportaciones	-5	-2	-52	-17	0	0	-76
<b>BAU</b>							
Importaciones	180	183	0	48	1850	0	2,261
Exportaciones	0	0	-50	0	0	-523	-573

### **3.5 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA PARA MÉXICO**

Los cálculos de los indicadores de sustentabilidad energética comprenden el período 1996 – 2012, tanto a nivel regional como nacional, esto con el objeto de mostrar el comportamiento histórico en el período 1996 – 2002 y las proyecciones de la Secretaría de Energía para el período 2003 – 2012 en el escenario SENER, y lo que hubiera sido en todo el plazo de tiempo si la política energética hubiese tomado los parámetros del escenario BAU. Sin embargo, debido a limitaciones en la información disponible, a nivel regional, no fue posible la cobertura de todos los indicadores mencionados, por lo que se obtuvieron cálculos solo para la productividad energética, cobertura eléctrica, cobertura de necesidades energéticas básicas y pureza relativa del uso de energía. Mientras que a escala nacional si se obtuvieron cálculos para todos los indicadores.

---

<sup>14</sup> Valor pico alcanzado para el precio del gas natural en marzo de 2003. De hecho este disparo del precio del GN dio lugar a una modificación en el cálculo de las tarifas eléctricas por parte de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y la Secretaría de Energía.

El producto interno bruto, el crecimiento poblacional (cuya proyección al 2012 fue tomada de la proyección de la CONAPO al 2031), el porcentaje de hogares con servicio de energía eléctrica (cuya proyección se hizo tomando la información del INEGI para los años 1995 y 2000 y luego tomando la misma tasa de crecimiento durante este periodo para el restante) y la producción de energéticos se mantuvieron iguales para los cálculos en ambos escenarios, lo cual hace que la productividad energética y la cobertura eléctrica sean iguales para los dos escenarios a nivel regional y nacional, y el alcance de recursos fósiles a escala nacional.

### **3.5.1 Análisis Regional**

#### **3.5.1.1 Región sur-sureste**

Si observamos el comportamiento de cada indicador durante el periodo de análisis, **figuras 26 y 27**, podemos decir que: la productividad energética (igual en ambos escenarios), comienza en un nivel de sustentabilidad medio bajo, en 1999 alcanza un nivel medio, luego tiene un crecimiento dentro de este mismo nivel hasta 2002 y comienza a disminuir muy lentamente hasta 2012, pero manteniéndose en un nivel medio. Esto puede indicar que existe un amplio margen para con la misma cantidad de energía consumida, generar una mayor cantidad de producto regional, pero también hay que tener en cuenta el efecto de la economía informal que al no estar contabilizada en el PIB, ejerce un sesgo significativo en el cálculo de este indicador.

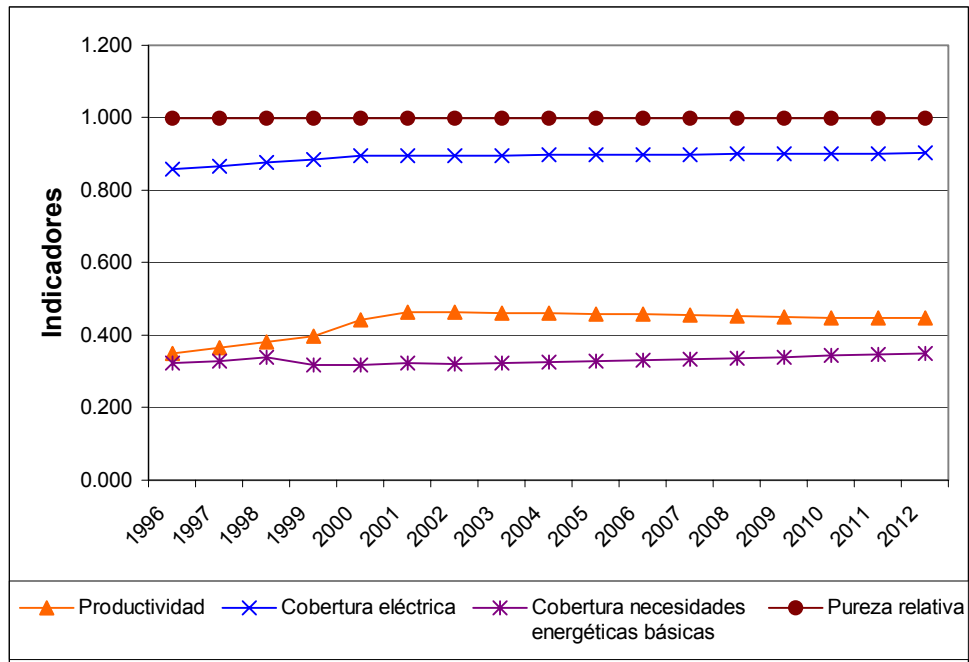
La cobertura eléctrica se encuentra en un nivel de sustentabilidad alto (igual en ambos escenarios), alcanzando un 90% en 2012, sin embargo es la región que tiene el nivel más bajo de cobertura eléctrica de todas las regiones del país, esto se puede explicar porque en México como en otros países de Latinoamérica y el caribe, el sector rural es el que se encuentra más afectado por el problema de falta

de energía eléctrica y en esta región hay un gran porcentaje del sector rural del país.

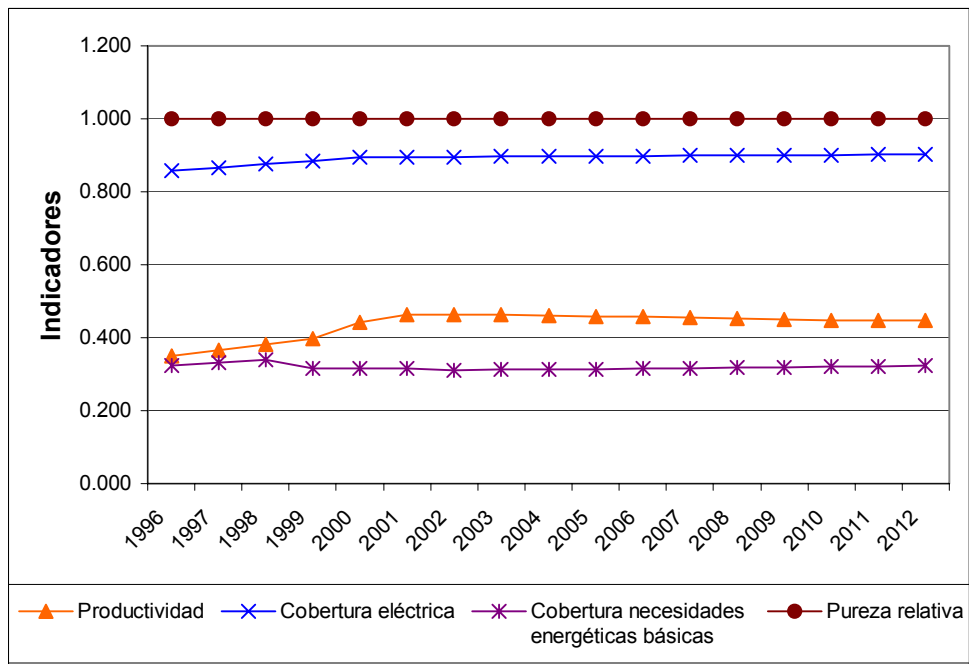
La cobertura de necesidades energéticas básicas presenta un nivel de sustentabilidad medio bajo para los dos escenarios, principalmente porque en esta región no todas las familias tienen acceso a los diferentes energéticos, especialmente al gas natural, contribuyendo a que haya un alto consumo de leña de aproximadamente 58% del consumo total residencial, cuya eficiencia de transformación de energía final entregada en energía útil es bastante bajo comparado con otros energéticos. Sin embargo en el escenario SENER el indicador es de 0.350 en 2012 mientras que en el BAU es de 0.324, mostrando una tendencia al crecimiento más alta en el primer escenario.

La pureza relativa del uso de la energía, sin llegar a ser igual, presenta un nivel de sustentabilidad alto en los dos escenarios, de hecho el más alto de todas las regiones del país, esto quiere decir que de acuerdo a los parámetros establecidos para calcular este indicador los niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente son bajos con respecto al consumo energético de la región. En este sentido, a pesar que el indicador nos da la unidad para ambos escenarios, se podría decir que el escenario SENER es más sustentable que el BAU, pues produce menos cantidad de emisiones de efecto invernadero. También podemos agregar, que por el contrario al indicador de cobertura de necesidades energéticas básicas, en esta región el hecho de tener un alto consumo de leña favorece al indicador de pureza relativa, pues la leña produce menos emisiones al ambiente que otros energéticos.

**Figura 26. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Sur-Sureste (Escenario SENER)**



**Figura 27. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Sur-Sureste (Escenario BAU)**



### 3.5.1.2 Región noreste

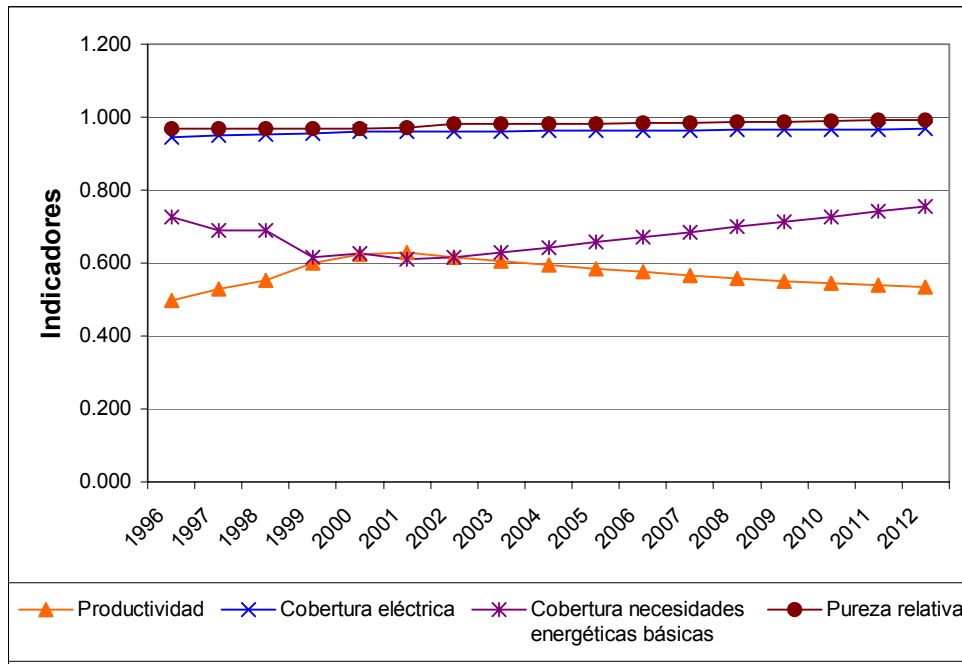
Durante el periodo de estudio, **figuras 28 y 29**, se observa que la productividad energética (igual en ambos escenarios), arranca en un nivel de sustentabilidad medio, alcanzando un nivel medio alto de 1999 a 2003 para luego volver a un nivel medio y manteniendo una tasa de decrecimiento baja pero constante, lo que nos dice que de acuerdo a las proyecciones de consumo energético y de PIB, se estaría consumiendo cada vez un poco más de energía para producir cierta cantidad de producto regional.

La cobertura eléctrica, al igual que la región sur-sureste, se encuentra en un nivel de sustentabilidad alto (igual en ambos escenarios), consiguiendo un 96.7% de cobertura en 2012, pero aún así habría un 3.3% de comunidades, especialmente rurales que carecerían del servicio de energía eléctrica.

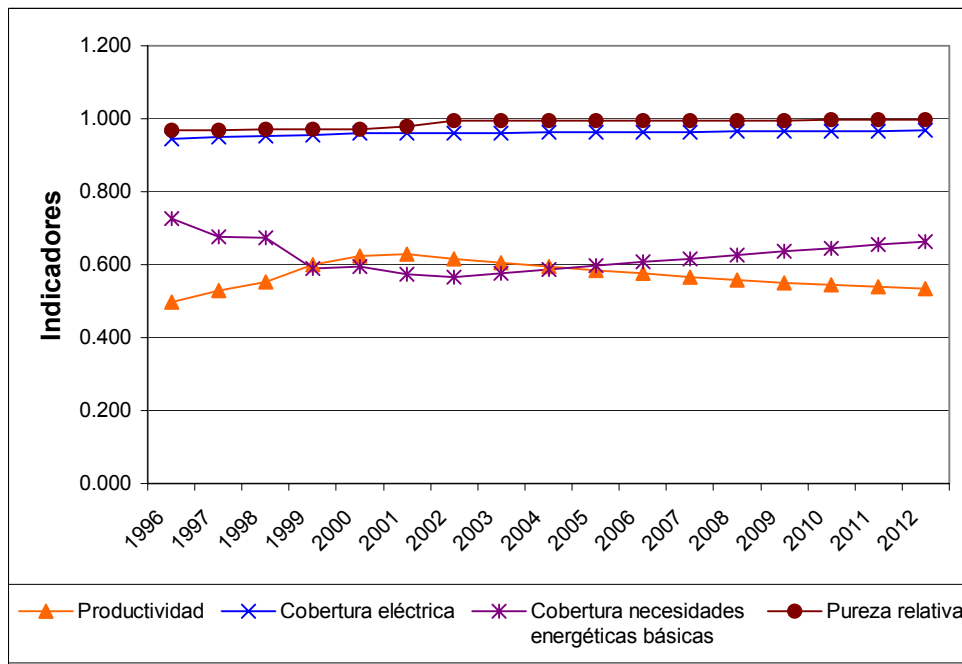
La cobertura de necesidades energéticas básicas, a diferencia de la región sur-sureste, presenta un nivel de sustentabilidad alto para el primer año en los dos escenarios para luego, en el escenario SENER, bajar a un nivel medio alto hasta 2008 y a partir de este año volver a un nivel alto de sustentabilidad. Esto muestra que, según las proyecciones de consumo de energía y de cantidad de habitantes a nivel regional, cada vez más familias tendrán acceso a los diferentes energéticos. Mientras que en el escenario BAU, se alcanzan valores de sustentabilidad medio en el periodo 1999 – 2004, para luego tomar valores de sustentabilidad media alta sin llegar a la alta como el escenario SENER.

La pureza relativa del uso de la energía presenta un nivel de sustentabilidad alto en los dos escenarios, alcanzando en el 2012 un 99.2% en el escenario SENER y un 99.7% en el escenario BAU. Aquí podemos notar que el escenario tendencial es más sustentable que el de la política energética actual, pero recordemos que esto es debido a la mezcla de combustibles utilizada en los escenarios la cual nos da una cantidad menor de emisiones en el escenario tendencial.

**Figura 28. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Noreste (Escenario SENER)**



**Figura 29. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Noreste (Escenario BAU)**



### 3.5.1.3 Región centro

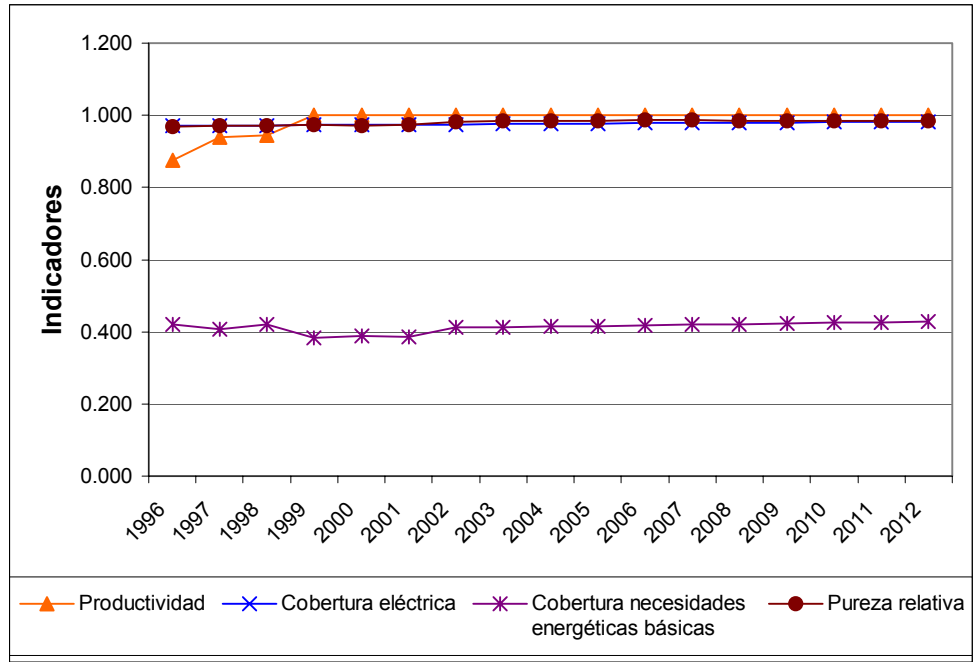
En las **figuras 30 y 31**, se observa que la productividad energética (igual en ambos escenarios), indica un nivel de sustentabilidad alto, iniciando con un valor de 0.876 y alcanzando la unidad en 1999, para mantenerse en este nivel hasta el final del período de estudio. Lo que nos dice que en esta región por cada unidad de energía consumida se está generando una unidad de producto, es decir se está aprovechando de manera sustentable el recurso energético, de hecho es la región de más alta sustentabilidad en este indicador.

De igual forma que las dos regiones anteriores, la cobertura eléctrica en esta región, se encuentra en un nivel de sustentabilidad alto (igual en ambos escenarios), obteniendo un 98.2% de cobertura en 2012, siendo el más alto de todas las regiones del país. Sin embargo habría un 1.8% de comunidades marginales que carecerían del servicio de energía eléctrica.

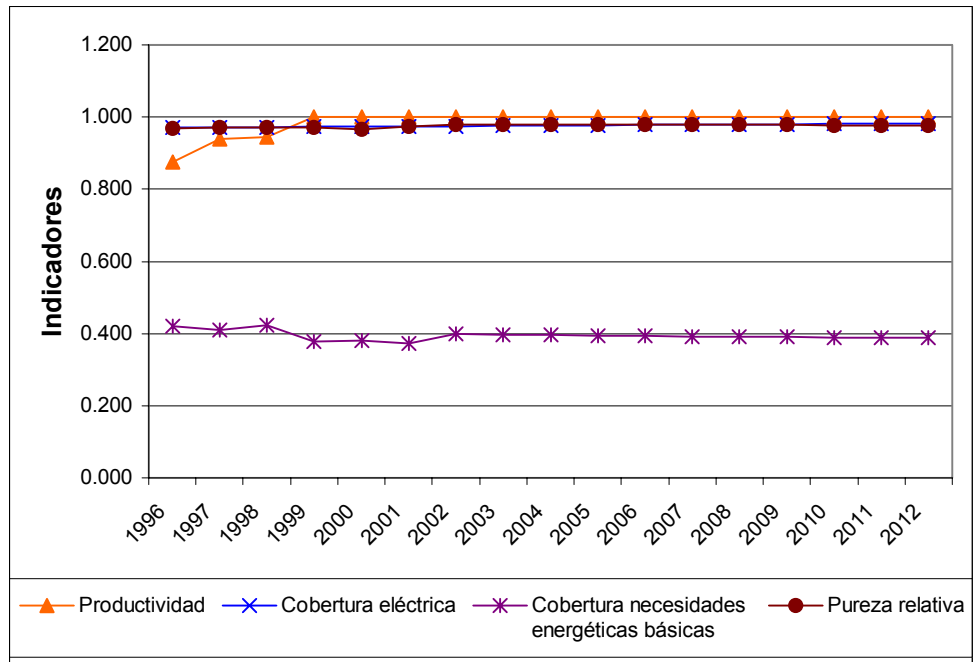
La cobertura de necesidades energéticas básicas presenta un nivel de sustentabilidad medio, en el escenario SENER, con unas pequeñas variaciones de 1999 a 2001 hacia el nivel medio bajo, pero luego tomando una curva con una tasa de crecimiento baja dentro del nivel medio, esto nos muestra que a pesar que la región centro tiene una alta productividad, aún hay hogares que no tienen acceso a los energéticos que necesitan para cubrir sus necesidades básicas. Mientras que en el escenario BAU, inicia en un nivel de sustentabilidad medio pero en 1998 desciende al nivel medio, manteniendo una tasa muy baja de decrecimiento hasta el final del período.

La pureza relativa del uso de la energía presenta un nivel de sustentabilidad alto en los dos escenarios, alcanzando en el 2012 un 98.4% en el escenario SENER y un 97.7% en el escenario BAU. Esto nos muestra que a pesar de tener un gran consumo energético en la región, el nivel de emisiones de CO2 equivalente es bajo con respecto a este.

**Figura 30. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Centro (Escenario SENER)**



**Figura 31. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Centro (Escenario BAU)**





#### 3.5.1.4 Región centro-occidente

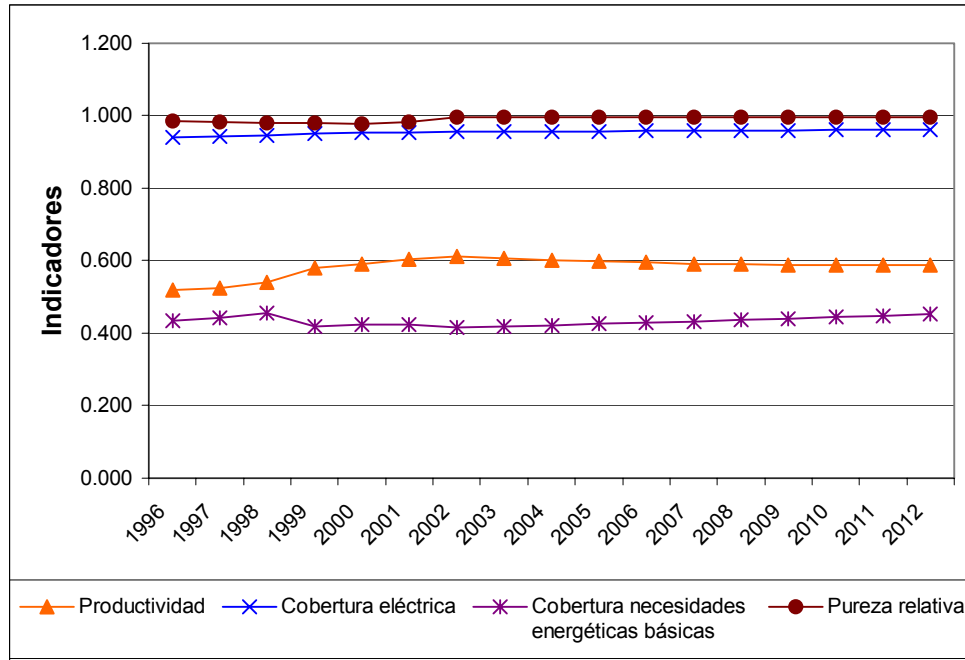
Para esta región, en las **figuras 32 y 33**, podemos ver que la productividad energética (igual en ambos escenarios), indica un nivel de sustentabilidad medio, arrancando con una productividad de 51.8 %, alcanzando el 61.1% en 2002, para luego llegar a 58.7% en 2012. Lo que nos dice que de acuerdo a las proyecciones de consumo energético y de PIB, a partir de 2002 se estaría consumiendo cada vez un poco más de energía para producir cierta cantidad de producto regional.

De igual manera que las regiones anteriores, la cobertura eléctrica en esta región, se encuentra en un nivel de sustentabilidad alto (igual en ambos escenarios), obteniendo un 96.2% de cobertura en 2012. Pese a esto, habría un 3.8% de hogares que carecerían del servicio de energía eléctrica.

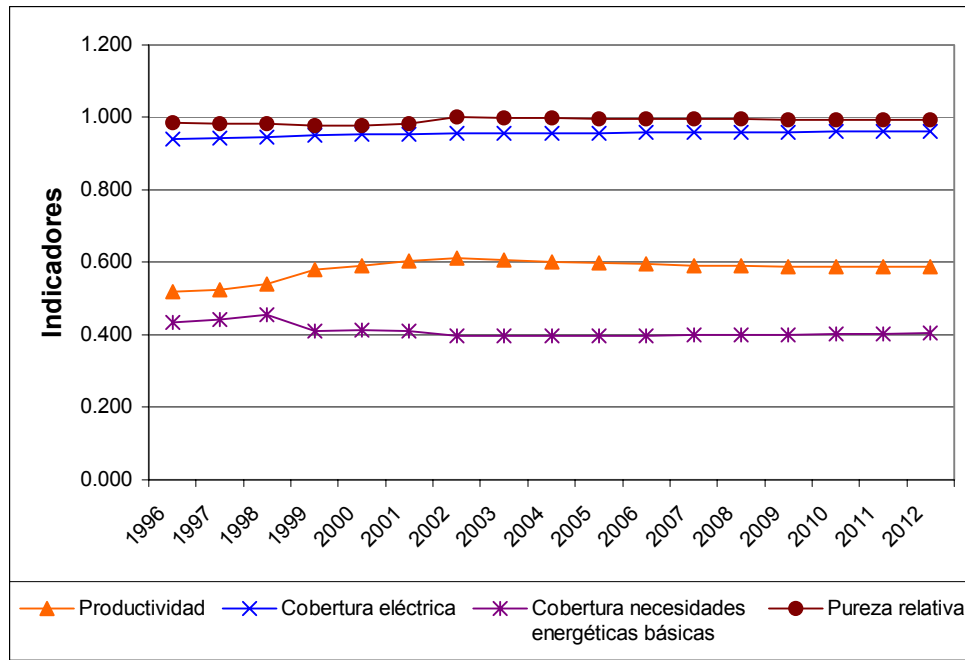
El comportamiento del indicador de cobertura de necesidades energéticas básicas en esta región es bastante parecido al de la región centro, presentando un nivel de sustentabilidad medio en el escenario SENER, con una tasa de crecimiento baja que lo mantiene en el mismo nivel hasta el final del período. Esto nos muestra que aún hay hogares que no tienen acceso a los energéticos que necesitan para cubrir sus necesidades básicas. Mientras que en el escenario BAU se mantiene un nivel de sustentabilidad medio durante todo el periodo, con algunas variaciones muy cercanas al nivel de sustentabilidad medio bajo.

La pureza relativa del uso de la energía presenta un nivel de sustentabilidad alto en los dos escenarios, alcanzando en el 2012 un 99.6% en el escenario SENER y un 99.3% en el escenario BAU. Esto nos indica que a pesar de tener un gran consumo energético en la región, el nivel de emisiones de CO2 equivalente es bajo con respecto a este.

**Figura 32. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Centro-Occidente (Escenario SENER)**



**Figura 33. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Centro-Occidente (Escenario BAU)**



### 3.5.1.5 Región noroeste

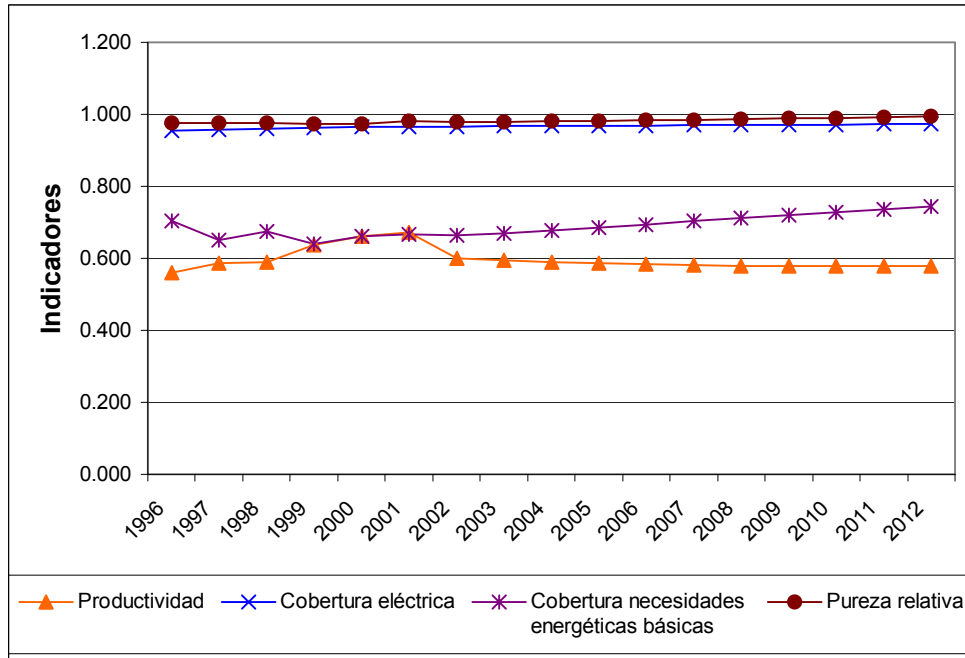
Finalmente para la región noroeste, en las **figuras 34 y 35**, podemos señalar que la productividad energética (igual en ambos escenarios), indica un nivel de sustentabilidad medio, arrancando con una productividad de 55.9 %, alcanzando un nivel medio alto de 67.2% en 2001, para luego llegar a 57.9% en 2012. Lo que nos dice que de acuerdo a las proyecciones de consumo energético y de PIB, a partir de 2001 se estaría consumiendo cada vez un poco más de energía para producir una determinada cantidad de producto regional.

Sin ser la excepción, la cobertura eléctrica en esta región, se encuentra en un nivel de sustentabilidad alto (igual en ambos escenarios), obteniendo un 97.3% de cobertura en 2012. No obstante, habría un 2.7% de familias que carecerían del servicio de energía eléctrica.

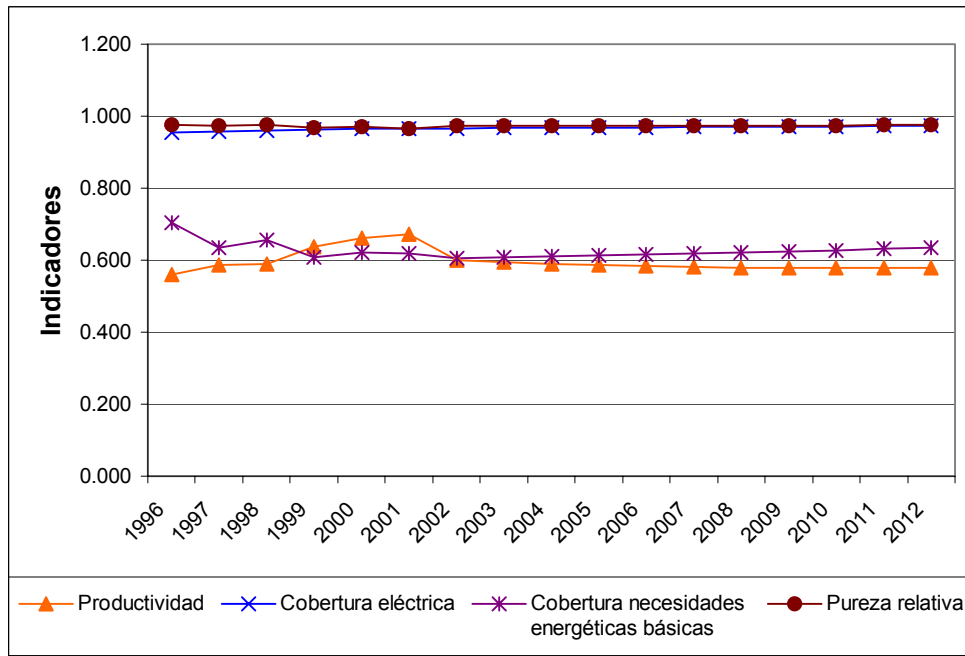
De forma similar a la región noreste, la cobertura de necesidades energéticas básicas en esta región, presenta un nivel de sustentabilidad alto para el primer año en los dos escenarios, para luego en el escenario SENER, bajar a un nivel medio alto hasta 2006 y a partir de este año volver a un nivel alto de sustentabilidad. Esto muestra que, según las proyecciones de consumo de energía y de cantidad de habitantes a nivel regional, cada vez más familias tendrán acceso a los diferentes energéticos. Mientras que en el escenario BAU, se mantienen valores de sustentabilidad media alta, con algunas variaciones, sin llegar a un nivel sustentabilidad alto como el escenario SENER.

Finalmente, la pureza relativa del uso de la energía presenta un nivel de sustentabilidad alto en los dos escenarios, alcanzando en el 2012 un 99.3% en el escenario SENER y un 97.5% en el escenario BAU. Esto quiere decir, que de acuerdo a los parámetros establecidos para calcular este indicador los niveles de emisiones de CO2 equivalente son bajos con respecto al consumo energético de la región.

**Figura 34. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Noroeste (Escenario SENER)**



**Figura 35. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad Región Noroeste (Escenario BAU)**

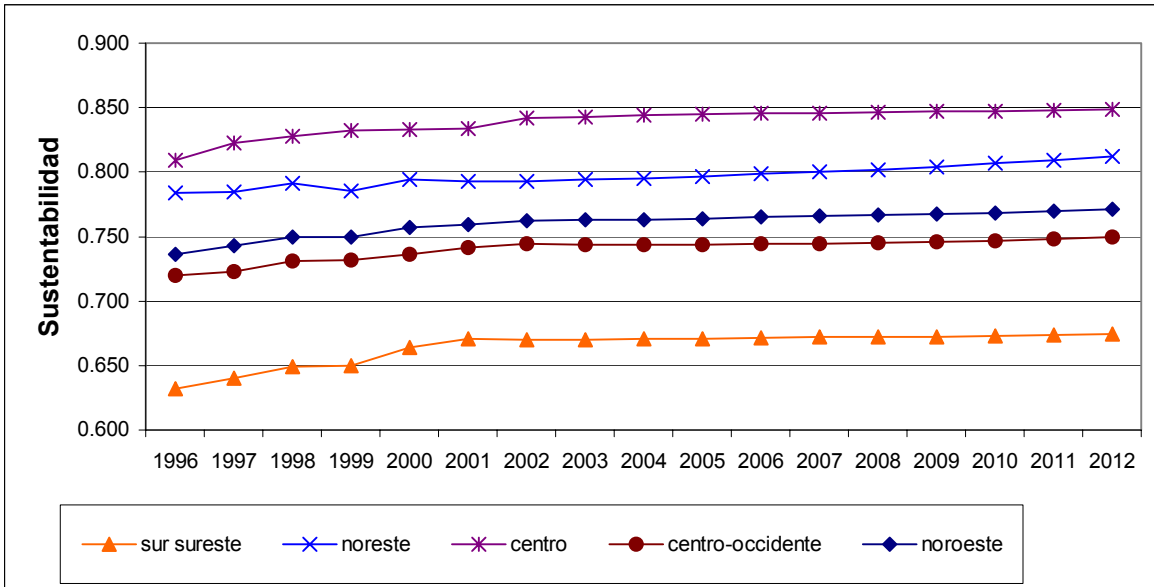


### 3.5.1.6 Sustentabilidad Regional

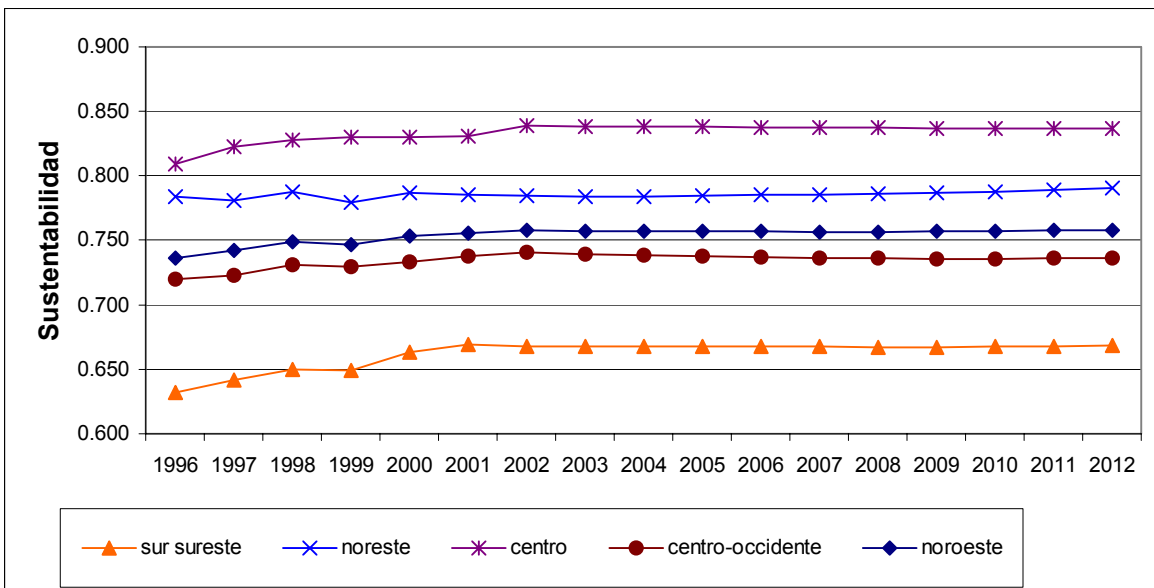
En general si observamos el comportamiento tendencial de la sustentabilidad regional para los dos escenarios, **figuras 36 y 37**, podemos decir que: la región más sustentable es la región centro seguida de la noreste, noroeste, centro-occidente y por último la región sur-sureste, con: 84.9%; 81.2%; 77.1%; 74.9% y 67.5%, respectivamente en el escenario SENER, y 83.7%; 79.1%; 75.8%; 73.6% y 66.8% en el BAU. A pesar de ser la menos sustentable, la región sur-sureste se encuentra en un nivel medio alto de sustentabilidad, pero las demás regiones están en el nivel de sustentabilidad alto, con diferente grado de sustentabilidad por así decirlo.

Los indicadores que más influyen para que la región sur-sureste sea la menos sustentable son: la productividad energética y la cobertura de necesidades energéticas básicas. Lo cual indica que debe contemplarse dentro de los planes energéticos de esta región, una mejora en la eficiencia energética y de productividad. Y cubrir el déficit en el consumo de energía útil residencial, principalmente con programas de sustitución del uso de la leña cuya eficiencia de transformación es muy baja.

**Figura 36. Evolución de la Sustentabilidad Regional (Escenario SENER)**



**Figura 37. Evolución de la Sustentabilidad Regional (Escenario BAU)**



### 3.5.2 Análisis Nacional

El comportamiento de los indicadores de desarrollo sustentable energético para México, **figuras 38 y 39**, es el siguiente:

La autarquía energética, que se entiende como la satisfacción de las necesidades energéticas mediante las fuentes internas, se encuentra en un nivel alto de sustentabilidad en los dos escenarios. Sin embargo, comienza con un valor de 91.0% hasta llegar a 85.4% en el escenario SENER y hasta 78.3% en el BAU. Aunque, presenta algunas variaciones, la tendencia es a ir decreciendo particularmente a partir de 2007 en el escenario SENER y de 2005 en el BAU. Esto nos dice, que a pesar que el programa de energía actual tiene como objetivo prioritario incrementar la oferta interna y sustituir las importaciones de petrolíferos, si se mantienen los niveles de producción e importaciones dadas en los escenarios, llegará el momento en que se vuelva poco sustentable este indicador, creando dependencia y vulnerabilidad de la economía nacional frente a cambios en los precios y/o disponibilidad de productos energéticos.

El indicador de robustez frente a cambios externos, que tiene como objetivo medir la vulnerabilidad de la economía respecto a los cambios en el mercado energético exterior, muestra una alta sustentabilidad en los dos escenarios e iniciando el período de análisis con un valor de 91.3% hasta llegar a un valor 96.3% en el escenario SENER y de 94.5% en el BAU. No obstante que este indicador muestre una alta sustentabilidad, es importante señalar que aproximadamente una tercera parte de los ingresos del gobierno federal provienen de PEMEX.

Con lo anterior, se puede decir que en México existe una dependencia económica importante del petróleo, que podría volver vulnerable la economía frente a los mercados internacionales. Lo cual nos hace pensar que este indicador puede alcanzar niveles no sustentables, pues con el ritmo de disminución de las reservas petroleras, actual y el proyectado según los escenarios, aunado a la falta de

recursos de PEMEX para invertir en exploración y explotación de nuevos yacimientos, el nivel de exportaciones disminuiría en el largo plazo e inclusive en el mediano plazo y por consiguiente afectaría el desarrollo económico del país.

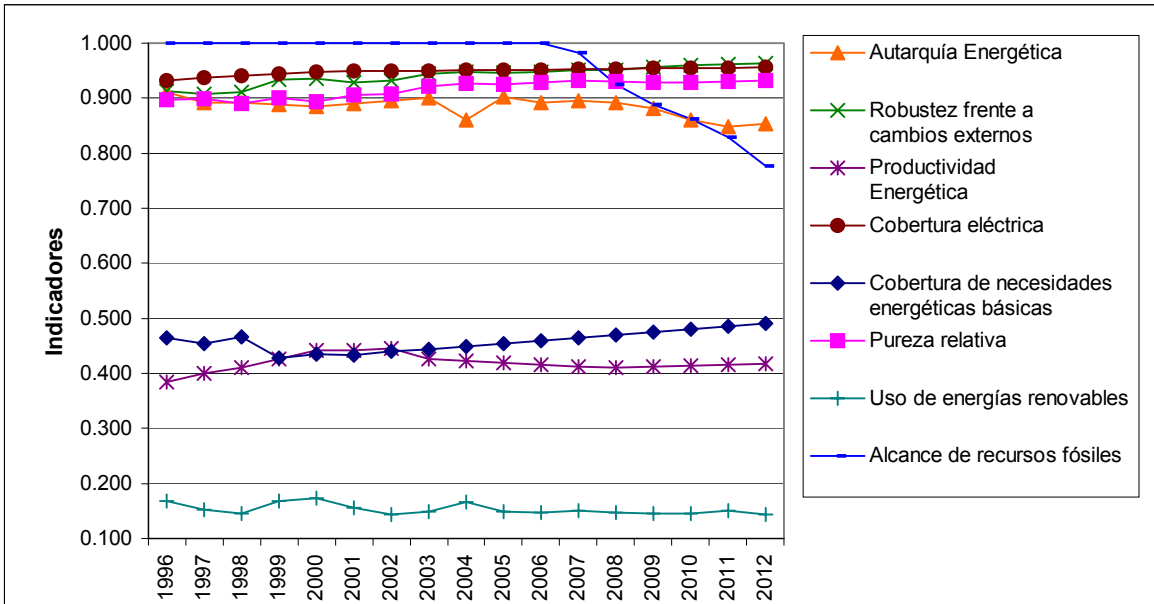
La productividad energética (igual en ambos escenarios), que mide el producto interno bruto generado por unidad de energía consumida, comienza en un nivel de sustentabilidad medio bajo de 38.4% y llega hasta un nivel medio de 41.7%. Esto puede indicar que existe un amplio margen para que con la misma cantidad de energía consumida, se pueda generar una mayor cantidad de producto regional, pero también hay que tener en cuenta el efecto de la economía informal que al no estar contabilizada en el PIB, ejerce un sesgo significativo en el cálculo de este indicador, pues el indicador podría alcanzar un nivel más alto.

La cobertura eléctrica (igual en ambos escenarios), que mide el porcentaje de hogares electrificados, se encuentra en un nivel de sustentabilidad alto, iniciando con un 93.3% de cobertura y alcanzando un 95.6% en 2012. No obstante, el porcentaje restante está compuesto por el sector rural y por hogares marginales en las ciudades, los cuales por constitución, en México, deberían tener acceso al servicio.

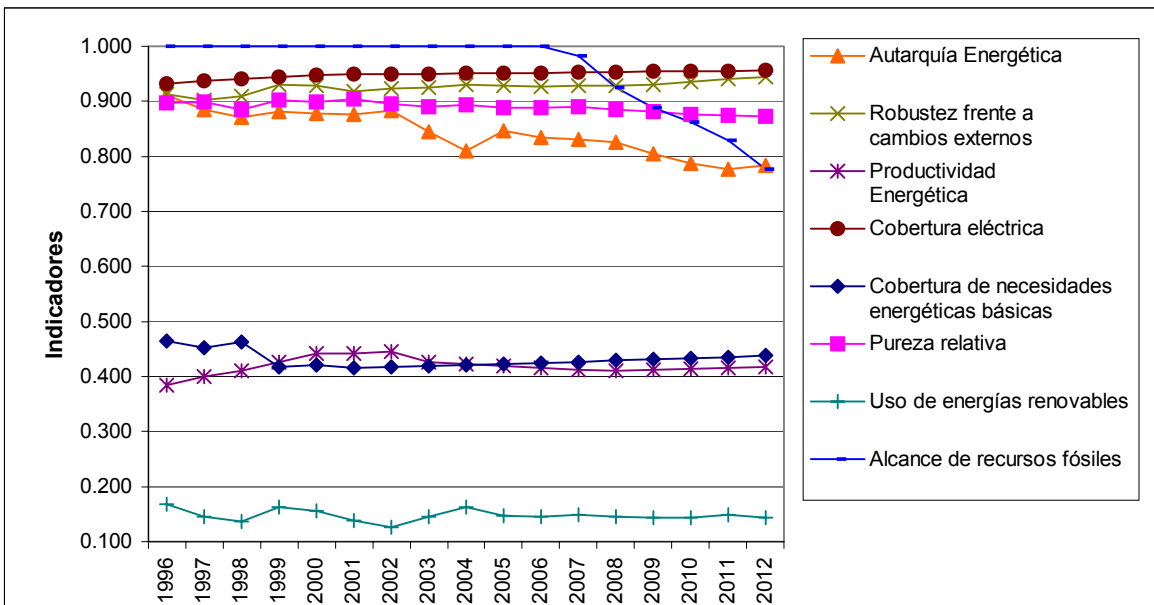
La cobertura de necesidades energéticas básicas, que mide el consumo de energía útil en el sector residencial, presenta un nivel de sustentabilidad medio para los dos escenarios. Inicia con un valor de sustentabilidad de 46.5%, hasta llegar a un valor de 49% en el escenario SENER y a un valor de 43.8% en el BAU. Esto nos muestra que aún hay hogares que no tienen acceso a los energéticos que necesitan para cubrir sus necesidades básicas. Además es susceptible de que este indicador pueda elevarse, si se implementan programas de sustitución de combustibles con bajo poder de transformación, como lo es la leña que en México representa aproximadamente el 33% del consumo energético residencial.



**Figura 38. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad en México (Escenario SENER)**



**Figura 39. Evolución de los Indicadores de Sustentabilidad en México (Escenario BAU)**



La pureza relativa del uso de la energía, que mide la relación entre las emisiones de bióxido de carbono y el consumo energético. Es decir, evalúa la eficiencia ambiental de la energía usada por todos los sectores y/o actividades vinculadas al abastecimiento de energía. Presenta un nivel de sustentabilidad alto en los dos escenarios, iniciando el período con un 89.6% de sustentabilidad y alcanzando en el 2012 un 93.3% en el escenario SENER y un 87.2% en el escenario BAU. Es importante resaltar que en este indicador al tener en cuenta toda la demanda de energía a nivel intermedio y final nos muestra una tasa de crecimiento positiva para el escenario SENER y una tasa de crecimiento negativa en el escenario BAU. De igual forma, podemos decir, que de acuerdo a los parámetros establecidos para calcular este indicador los niveles de emisiones de CO2 equivalente son bajos con respecto al consumo energético nacional y por supuesto que el primer escenario es más sustentable que el segundo.

El uso de energías renovables, registra la participación de la energía renovable en la oferta energética. Hay una pequeña diferencia entre escenarios, debida a la diferencia de consumo del bagazo de caña. Este indicador presenta un nivel de sustentabilidad bajo en los dos escenarios, inicia con un valor de 16.8% y termina en 2012 con un valor de 14.4% para el escenario SENER y de 14.3% para el BAU. Como se ve, tiene una tasa de crecimiento negativa en los dos escenarios, lo cual refleja los lineamientos de política energética en cuanto a la diversificación de fuentes de energía. Aunado a esto que, la principal fuente de energía renovable en México es la hidroenergía, aportando aproximadamente el 71% en 2012, la cual tiene un gran impacto ambiental.

El alcance de recursos fósiles, que mide la relación entre las reservas de hidrocarburos y su nivel de producción. Este indicador es igual para ambos escenarios y presenta un nivel de sustentabilidad alto, manteniendo un valor de sustentabilidad del 100% durante la mayor parte del período, de 1996 a 2006, disminuyendo a partir de este período hasta llegar al 77.6 % de sustentabilidad en 2012. Por lo tanto, si se continúa con este comportamiento, el nivel de

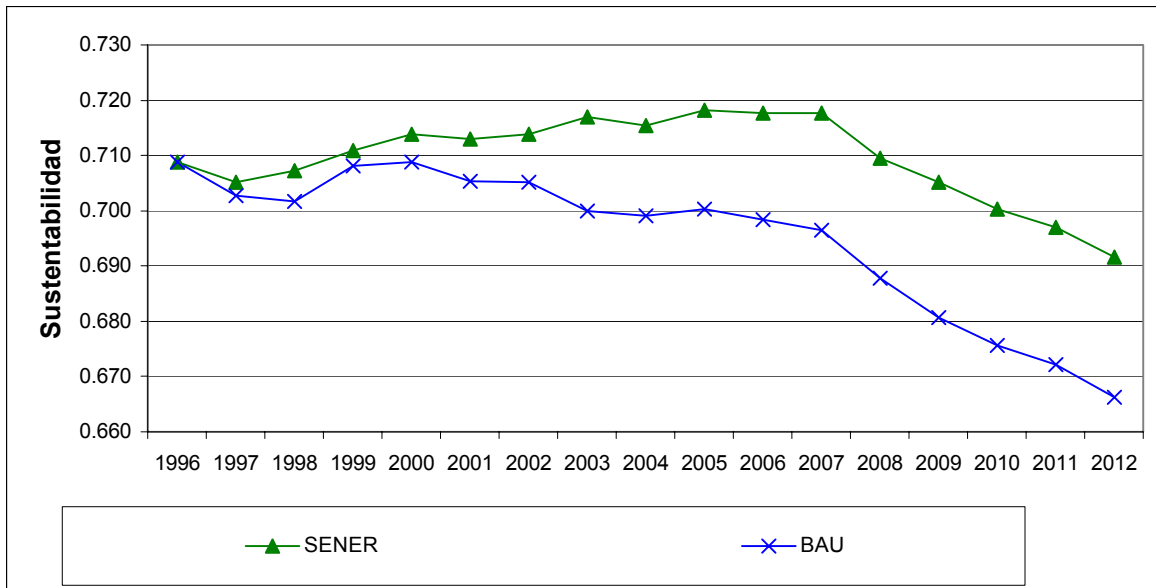
sustentabilidad sería cada vez mas bajo hasta caer en la insustentabilidad, posiblemente en el mediano plazo.

Por último, en la **figura 40**, podemos observar el comportamiento tendencial de la sustentabilidad energética para los dos escenarios. Donde se puede apreciar que durante todo el período de análisis el escenario SENER es más sustentable que el BAU. Sin embargo, los dos arrancan con un nivel de sustentabilidad alto (70.9% de sustentabilidad), que va disminuyendo hasta bajar a un nivel medio alto, llegando en 2012 a 69.2% en el escenario SENER y 66.6% en el BAU. Tal comportamiento, haría que en el largo plazo se llegara a niveles de sustentabilidad bajos, es decir a niveles no sustentables.

Los indicadores de sustentabilidad que más influyen para que haya este nivel de sustentabilidad, son: el uso de energías renovables, la productividad energética y la cobertura de necesidades energéticas básicas. No obstante, son el alcance de recursos fósiles y la autarquía energética los que hacen que decrezca rápidamente al final del período.

Esto se explica en parte por el aumento en la explotación del petróleo y la falta de financiamiento en exploración, lo cual hace que la relación reservas/producción disminuya, afectando el alcance de recursos fósiles. También por el aumento de importación del gas natural en un escenario y del combustóleo en el otro, afectando la autarquía energética.

**Figura 40. Evolución de la Sustentabilidad Nacional**



### 3.6 Conclusiones Capítulo 3

A escala nacional los indicadores referentes a la dimensión económica, muestran diferencias significativas entre ellos, pues mientras los dos primeros (autarquía energética y robustez frente a cambios externos) tienen un nivel alto de sustentabilidad, el tercero (productividad energética), presenta un nivel medio. Sin embargo, el primero no refleja posibles cambios en los precios y/o disponibilidad de productos energéticos tales como el gas natural, que podrían crear dependencia y/o vulnerabilidad de la economía nacional. El segundo, no manifiesta la dependencia de las finanzas públicas frente al sector petrolero. Y el tercero no cuantifica el papel de la economía informal, lo cual los haría menos o más sustentables según sea el caso.

En la dimensión social, el primer indicador (cobertura eléctrica) presenta un nivel alto de sustentabilidad, mientras el segundo (cobertura de necesidades energéticas básicas) tiene un nivel medio. Por un lado, se refleja la preocupación y los esfuerzos del gobierno y de las paraestatales (CFE y LFC) tendientes a

mejorar la infraestructura eléctrica. Y por otro, la falta de incentivos para que en el sector residencial se utilicen energéticos con alta eficiencia de transformación e igualmente la necesidad de fortalecer los programas de sensibilización en el ahorro y uso eficiente de la energía.

Por último, en la dimensión ambiental y de recursos naturales, tenemos la pureza relativa del uso de la energía (con tasa de crecimiento positiva en el escenario SENER y negativa en el BAU) y el alcance de recursos fósiles en un nivel de sustentabilidad alto, y el uso de energías renovables en un nivel bajo. El primero, refleja la alta participación de fuentes energéticas con pocas emisiones de bióxido de carbono, especialmente el uso de la leña en el sector residencial y en el caso del escenario SENER el incremento en el uso del gas natural. Para el segundo, se evidencia la disminución del indicador lo que significa que la tasa de reposición de reservas es menor a la tasa de explotación. Y finalmente, el tercero, muestra la necesidad de incrementar el uso de fuentes de energía renovables, pues la participación de estas en la oferta energética es muy baja.

A nivel regional, a pesar que la sustentabilidad energética se calculó con base en solo cuatro indicadores (productividad energética, cobertura eléctrica, cobertura de necesidades energéticas básicas y pureza relativa del uso de energía), los resultados obtenidos reflejan la realidad energética de las regiones en las tres dimensiones del desarrollo sustentable, pues la región más sustentable es la centro y la menos sustentable es la sur-sureste, con ello mostrando la cantidad y la calidad de la inversión en las regiones.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

La política energética basada en la promoción del uso del gas natural en la demanda energética intermedia y final, en particular en los sectores eléctrico, transporte y residencial, lleva sin lugar a dudas a una reducción importante en las emisiones al ambiente y en las externalidades asociadas a éstas. Contribuyendo con ello a disminuir el impacto en la salud de las personas y disminuir el impacto a nuestro entorno natural

Comparativamente con la política basada en el uso de combustóleo para las mismas aplicaciones, se pudieron mostrar las ventajas en términos de sustentabilidad del uso del gas natural. Hasta este punto podemos responder afirmativamente a la pregunta planteada en la introducción de este trabajo. Es posible afirmar que la decisión tomada en materia de política energética al considerar al gas natural como una opción más adecuada para el desarrollo nacional que el combustóleo representó una mejoría en cuanto a sustentabilidad.

Sin embargo, dadas las condiciones actuales de funcionamiento del esquema de producción y consumo de energéticos en México, lo anterior no implica que estemos caminando hacia un desarrollo verdaderamente sustentable.

De hecho como se muestra en este trabajo la tendencia es hacia una marcada disminución de la sustentabilidad, pasando de un nivel alto (70.9%), que va disminuyendo hasta bajar a un nivel medio alto, llegando en 2012 a 69.2% en el escenario SENER y 66.6% en el escenario BAU.

Esto se explica en parte por el aumento en la plataforma de explotación de crudo y la falta de financiamiento en exploración, lo cual hace que la relación reservas/producción disminuya, afectando el alcance de recursos fósiles. También por el aumento de importación del gas natural en un escenario y del combustóleo en el otro, afectando en ambos la autarquía energética.

Los resultados de nuestro trabajo confirman las dos hipótesis planteadas. Por un lado, se hace evidente la necesidad de retomar el concepto de diversificación energética como principio rector de la política energética nacional. Como se demostró en esta tesis, tanto la dependencia del gas natural como la del combustóleo provocan una tendencia a la baja de la sustentabilidad del sector energético nacional. Ninguno de ellos permitiría a México alcanzar la sustentabilidad de su desarrollo.

Un ejemplo de lo ineficiente que es depender de un solo combustible en términos de sustentabilidad lo vemos al constatar con nuestro modelo que variaciones al alza del precio del gas natural, por encima de 6 USD/MM BTU beneficiarían económicamente el escenario del uso de combustóleo. Si bien esta situación se puede justificar en aras de la eficiencia económica, un regreso al uso del combustóleo como en la realidad se está dando en México tanto en el sector eléctrico, como en el sector industrial, no toma en cuenta ni el desempeño ambiental ni los costos de las externalidades negativas provocadas.

En segundo lugar pudimos demostrar que los indicadores de sustentabilidad que más influyen para poder lograr un nivel elevado de sustentabilidad, son: el uso de energías renovables, la productividad energética y la cobertura de necesidades energéticas básicas.

Ambos resultados reafirman la necesidad de implementar políticas energéticas tendientes a la diversificación energética evitando la dependencia de un solo combustible, por más ventajas que este pueda ofrecer. Dicha diversificación requiere lograr un uso racional y eficiente de la energía y una utilización más balanceada de todas las fuentes de energía primaria, en especial de aquellas que son altamente vulnerables a cambios en los precios.

Debe hacerse especial énfasis en la posible sustitución de fuentes energéticas no renovables por fuentes renovables, tales como la solar, la eólica, la proveniente de

la biomasa, la geotérmica y otras lo cual se traduce en seguridad y en menos dependencia lo cual incidirá positivamente en la sustentabilidad. Lo anterior debe acompañarse de medidas que fomenten una mayor eficiencia energética en la transmisión, el transporte y el uso final de energéticos, que podrían hacer disminuir de forma considerable la tasa de crecimiento en el consumo energético.

Otro aporte interesante de nuestro trabajo es la diferenciación de los resultados de sustentabilidad entre las diferentes regiones del país. A pesar de que la sustentabilidad energética se calculó con base en solo cuatro indicadores (productividad energética, cobertura eléctrica, cobertura de necesidades energéticas básicas y pureza relativa del uso de energía), podemos afirmar que los resultados obtenidos reflejan la realidad energética de las regiones en las tres dimensiones del desarrollo sustentable, pues la región más sustentable es la centro y la menos sustentable es la sur-sureste, lo cual coincide con el estado de desarrollo de estas regiones.

Si bien la falta de sustentabilidad en el largo plazo de la política actual se explica por diversos factores como lo hemos mostrado en este trabajo, consideramos que el principal es el desfase entre los planes de desarrollo de la industria petrolera con los de la política energética en cuanto al uso del gas natural. Esto nos lleva a poner en evidencia no solo la necesidad de retomar el concepto de diversificación energética como ya lo explicamos anteriormente, sino también a plantear la urgencia de definir políticas energéticas integrales que tomen en cuenta de manera transversal e interdependiente a todos los sectores involucrados. Lo anterior permitirá más fácilmente cumplir con el principio de sustentabilidad, que plantea la necesidad de tomar en cuenta la compleja interrelación entre los aspectos social, ambiental y económico.

Bajo esta perspectiva de integralidad y sustentabilidad las recomendaciones concretas que derivan de este trabajo son:



- Disminuir el nivel de exportación de crudo de manera tal que no vulnere la sustentabilidad de las reservas y a su vez tener una política de exploración acorde a las necesidades nacionales.
- Disminuir la quema de gas natural y a su vez invertir en exploración y explotación de este, con el consiguiente incremento de la producción interna y así disminuir el nivel de importaciones.
- En resumen, aumentar la capacidad de producción de petrolíferos incluyendo combustóleo de mejor calidad.
- Fomentar el uso racional y eficiente de la energía (ahorro) en todos los sectores consumidores, por ejemplo: programas educativos de ahorro de energía donde se incentive el uso de bombillas ahorradoras de energía, el uso del transporte público e incluso promover industrias que produzcan mayor valor agregado con menor consumo energético, etc.
- En todo caso, diversificar la canasta de generación de energía eléctrica y obviamente sus tecnologías de generación, de manera tal que no se generen altos niveles de emisión al ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

Amulka K. R, Williams. Johansson, T (1997). *La energía después de Río: Perspectivas y Retos*. PNUD. Nueva York. E.U.A.

Awerbuch, S. (2004). *Portfolio-Based Electricity Generation Planning: Implications for Renewables and Energy Security*. Partnership REEEP and UNEP and special advisor of IIE. Paris.

Böhringer, C. (1998), *The synthesis of Bottom-up and Top-down in Energy Policy Modeling*, Energy Economics, pp. 233-248.

Boville, D. (1998), *Mitigación de Gases de Efecto Invernadero: Estudio de caso Argentina*, Instituto de Economía Energética (Asociado a fundación bariloche).  
<http://www.uccee.org/EconomicsGHG/conferences/boville.doc>

CEPAL/OLADE/GTZ, (2001). *Retos y Posibles Soluciones para el Sector Energético Mexicano*. México.

Coviello, M. H. Altomonte (2003). *Sustentabilidad Energética en América Latina y el Caribe: El aporte de las Fuentes Renovables*. CEPAL/GTZ. Chile.

Hernández, M. P. Macías (2004). *Energía y Desarrollo Sustentable en México: Diagnóstico y Propuesta*. IISEN. México

Energy Information Administration (Official Energy Statistics from the U.S. Government) (2003). <http://www.eia.doe.gov>.

Garibaldi, J.A. (2002). *Experiencias Mexicanas con los Modelos Bottom-up*, Secretaría de Energía.

Godet, M. (1995). *De la Anticipación a la Acción: Manual de prospectiva y estrategia*. Alfaomega, Marcombo.

Gómez, C.M. (2002). *Crecimiento Económico y Desarrollo Sostenible*. Universidad de Alcalá. España.

Guajardo, J.C. (2001). *Conceptualización y Elementos de Discusión Entorno al Desarrollo Sustentable en Chile y Su Sector Minero*. Chile.

International Energy Agency, IEA (2001). *Toward a Sustainable Energy Future*. Francia.

International Energy Agency, IEA (2003). *Key World Energy Statistics*. Francia.

International Energy Agency, IEA. Secretaría de Energía de México, SENER (2002). *World Energy Outlook: Mexico Energy Outlook*. Francia.

Instituto Nacional de Ecología, INE. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (1994-1998)*. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática, INEGI. Instituto Nacional de Ecología, INE (2004). *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México*. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática, INEGI (2004). México.  
[URL://www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

Melgar, E.M. (2003), *Externalidades Ambientales asociadas a las emisiones provenientes de fuentes fijas (presentación)*, IMP.

Petróleos Mexicanos, PEMEX (2004). *Anuario Estadístico 2003*. México.

Pistonesi, H., H. Altomonte, H. Suding y F. Figueroa (1997). *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Enfoques para la Política Energética*. OLADE/CEPAL/GTZ, Quito, Ecuador.

Pistonesi, H., V. Rodríguez-Padilla, C. Chávez, (2000). *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Guía para la Formulación de Políticas Energéticas*. OLADE/CEPAL/GTZ, Quito, Ecuador.

Rodríguez-Padilla, V. (2001). *The Mexican Energy Sector at the Crossroads*. UNAM. México.

Rodríguez-Padilla, V. (2003). *Política Energética en los Países en Desarrollo, ¿qué finalidades y modalidades de la intervención de los poderes públicos en economías cada vez más liberalizadas y globalizadas?*. Coloquio Internacional “Energía, Reformas Institucionales y Desarrollo en América Latina”, UNAM. México.

Shah, R. (2004). *Assessment of Sustainability Indicators: Indicators of Sustainable Development - recent developments and activities*. Department of Economic and Social Affairs, New York.

Salgado, R. H, Altomonte (2001). *Indicadores de sustentabilidad 1990-1999*. OLADE/CEPAL/GTZ. Santiago de Chile.

Secretaría de Energía, SENER (2003). *Balance Nacional de energía 2002*. México.

Secretaría de Energía, SENER (2003). *Prospectiva del Mercado de Gas Licuado del Petróleo 2003-2012*. México.

Secretaría de Energía, SENER (2003). *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2003-2012*. México.

Secretaría de Energía, SENER (2003). *Prospectiva de Petrolíferos 2003-2012*. México.

Secretaría de Energía, SENER (2003). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2003-2012*. México.

Van Der Heijden, K. (2000), *Escenarios: El Arte de Prevenir el Futuro*. Panorama.

Vegara, C. (2001). *Las Distintas Concepciones de la Sostenibilidad Económica: Los Problemas Centrales*. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.

Viqueira, J. (2003). *¿Reorganización o Desorganización de la Industria Eléctrica Mexicana?*. Coloquio Internacional “Energía, Reformas Institucionales y Desarrollo en América Latina”, UNAM. México.