



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN  
MÉXICO**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A:  
SERGIO MORA PÉREZ**

**Director de Tesis: Dra. Claudia Sheinbaum Pardo**



**CIUDAD UNIVERSITARIA, D.F., 2011**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **DEDICADO A:**

*Mi madre Consuelo que con su incondicional apoyo y cariño he conseguido llegar hasta aquí, a mi padre Germán que con su ejemplo y esfuerzo he logrado realizarme y a mis hermanas Claudia, Mireya y Ana Lilia por su grata compañía en todos estos años.*

# **AGRADECIMIENTOS**

*Un especial agradecimiento a la Dra. Claudia Sheinbaum Pardo, que por sus grandes enseñanzas, su confianza y apoyo me sirvieron de guía, para la realización de este trabajo.*

*A mis padres por su gran esfuerzo y cariño recíproco, he logrado realizarme como persona y como profesional, además, agradezco a mis hermanas por sus consejos y apoyo.*

*A la UNAM, esta máxima casa de estudios que me ha servido en mi desarrollo profesional, a la Facultad de Ingeniería por el conocimiento obtenido durante mi estancia en ella y al Instituto de Ingeniería por el apoyo otorgado durante la realización de este trabajo.*

*A los profesores que fungieron como sinodales, por sus consejos y aportaciones que hicieron de éste, un mejor trabajo.*

*A mis amigos y compañeros por la amena convivencia que tuve durante los años de carrera.*

# ÍNDICE

CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 2.....	3
METODOLOGÍA.....	3
2.1 Emisiones de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	3
2.2 Metodología de índices de cambio .....	5
CAPÍTULO 3.....	11
IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA 1990-2008 .....	11
3.1 Actividad.....	11
3.2 Estructura del PIB manufacturero.....	13
3.3 Actividad por rama industrial.....	14
3.3.1 Siderúrgica.....	14
3.3.2 Química Básica .....	16
3.3.3 Azúcar .....	17
3.3.4 Petroquímica .....	19
3.3.5. Cemento .....	21
3.3.6 Celulosa y papel.....	23
3.3.7 Vidrio .....	24
3.3.8 Cervecera y de Malta.....	27
3.3.9 Fertilizantes .....	28
3.3.10 Aguas envasadas .....	30
3.3.11 Automotriz.....	31
3.3.12 Hule .....	33
3.3.13 Aluminio .....	34
3.3.14 Tabaco .....	36
3.3.15 Otras industrias .....	38
CAPÍTULO 4.....	39
ENERGÍA CONSUMIDA Y EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN MÉXICO 1990-2008 .....	39
4.1 Consumo y fuentes de energía: aspecto general .....	39
4.2 Energía final consumida en la industria manufacturera mexicana .....	41
4.3 Emisiones de CO <sub>2</sub> asociadas al consumo de energía de la industria manufacturera mexicana.....	44
4.4 Energía consumida y emisiones de CO <sub>2</sub> por sub-sector industrial.....	46
4.4.1 Siderúrgica.....	46
4.4.2 Química básica.....	47
4.4.3 Azúcar .....	48
4.4.4 Petroquímica .....	49
4.4.5 Cemento .....	50
4.4.6 Celulosa y papel.....	51

4.4.7 Vidrio .....	52
4.4.8 Cerveza y malta .....	53
4.4.9 Fertilizantes .....	54
4.4.10 Aguas envasadas .....	55
4.4.11 Automotriz.....	56
4.4.12 Hule .....	57
4.4.13 Aluminio .....	58
4.4.14 Tabaco .....	59
4.4.15 Otras Industrias .....	60
4.5 Intensidad energética.....	61
4.6 Contenido de carbono en el consumo de energía .....	64
CAPÍTULO 5.....	66
RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	66
5.1 Resultados agregados para el consumo de energía y emisiones de CO <sub>2</sub> .....	66
5.2 Resultados por rama industrial .....	69
5.2.1 Siderúrgica.....	69
5.2.2 Química básica.....	69
5.2.3 Azúcar .....	69
5.2.4 Petroquímica .....	70
5.2.5 Cemento .....	70
5.2.6 Celulosa y Papel.....	70
5.2.7 Vidrio .....	70
5.2.8 Cerveza y Malta .....	71
5.2.9 Fertilizantes .....	71
5.2.10 Aguas envasadas .....	71
5.2.11 Automotriz.....	71
5.2.12 Hule .....	71
5.2.13 Aluminio .....	72
5.2.14 Tabaco .....	72
5.2.15 Otras industrias .....	72
5.3 Conclusiones.....	72
REFERENCIAS.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Factores de emisión de CO <sub>2</sub> , incluyendo fracción oxidable (tCO <sub>2</sub> /TJ) .....	4
Tabla 2.2 Factor de emisión electricidad .....	5
Tabla 3.1. Porcentaje que ocupó cada sub-sector dentro de la industria manufacturera..	13
Tabla 3.2 Producción de Pemex petroquímica .....	21
Tabla 3.3 Balanza comercial de productos de celulosa y papel en 2008 (millones de dólares) .....	24
Tabla 4.1 Contribución de los diferentes sub-sectores al consumo de energía final de la industria manufacturera .....	43
Tabla 4.2 Intensidad energética (GJ/pesos de 1993) .....	62
Tabla 4.3 Contenido de carbono en el consumo de energía tCO <sub>2</sub> /GJ .....	65
Tabla 5.1. Cambios en el consumo final de energía de la industria manufacturera mexicana .....	67
Tabla 5.2. Cambios porcentuales en el consumo final de energía .....	67
Tabla 5.3. Cambios en las emisiones de CO <sub>2</sub> de la industria manufacturera mexicana .....	68
Tabla 5.4. Cambios porcentuales en las emisiones de CO <sub>2</sub> . .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.3.1. Comportamiento del PIB de la industria manufacturera nacional. ....	11
Fig. 3.2. Porcentaje del PIB manufacturero. ....	12
Fig.3.3. Crecimiento del PIB para ciertas ramas respecto de 1990 .....	12
Fig. 3.4. Comportamiento del PIB de la industria manufacturera nacional por sub-sector.	14
Fig. 3.5. Participación en el PIB manufacturero de la industria siderúrgica.....	14
Fig. 3.6 Crecimiento anual del PIB manufacturero nacional y del PIB de la industria siderúrgica .....	15
Fig. 3.7. Fabricación de acero. ....	15
Fig. 3.8. Participación en el PIB manufacturero de la industria química.....	16
Fig. 3.9. Tasa de crecimiento anual PIB de la industria de la Química básica y PIB Manufacturero .....	17
Fig. 3.10. Producción en la industria de la química básica. ....	17
Fig. 3.11. Participación en el PIB manufacturero de la industria azucarera.....	18
Fig. 3.12. Tasa de crecimiento anual (PIB Azucarera y PIB Manufacturero) .....	18
Fig. 3.13. Producción de azúcar. ....	19
Fig. 3.14. Elaboración de productos petroquímicos .....	19
Fig.3.15. Participación en el PIB manufacturero de la industria petroquímica .....	20
Fig.3.16. Tasa de crecimiento anual PIB Petroquímica y PIB Manufacturero .....	20
Fig.3.17. Tasa de crecimiento anual (PIB Cementera y PIB Manufacturero) .....	21
Fig.3.18. Participación en el PIB manufacturero de la industria cementera. ....	22
Fig. 3.19. Fabricación de productos del cemento.....	22
Fig.3.20. Participación en el PIB manufacturero de la industria de la celulosa y el papel. .	23

Fig.3.21. Tasa de crecimiento anual del PIB de la industria de la Celulosa y papel y del PIB Manufacturero. ....	23
Fig. 3.22. Fabricación de celulosa química. ....	24
Fig.3.23. Participación en el PIB manufacturero de la industria del vidrio. ....	25
Fig. 3.24. Tasa de crecimiento anual del PIB de la industria del Vidrio y el PIB Manufacturero. .....	25
Fig. 3.25. Fabricación de envases y ampollitas de vidrio.....	26
Fig.3.26. Fabricación de vidrio, cristal inastillable y fibras de vidrio .....	26
Fig. 3.27. Tasa de crecimiento anual (PIB Cervecera y PIB Manufacturero) .....	27
Fig. 3.28. Participación en el PIB manufacturero de la industria de la malta y la cerveza..	27
Fig. 3.29. Fabricación de cerveza.....	28
Fig. 3.30. Elaboración de malta .....	28
Fig.3.31. Fabricación de abonos y fertilizantes.....	29
Fig.3.32. Participación en el PIB manufacturero de la industria de fertilizantes. ....	29
Fig.3.33. Tasa de crecimiento anual del PIB Fertilizantes y PIB Manufacturero .....	30
Fig. 3.34. Participación en el PIB manufacturero de la industria del tabaco.....	30
Fig. 3.35. Tasa de crecimiento anual PIB Aguas envasadas y PIB Manufacturero.....	31
Fig. 3.36. Elaboración de refrescos, aguas minerales y purificadas .....	31
Fig.3.37. Participación en el PIB manufacturero de la industria automotriz.....	32
Fig.3.38. Tasa de crecimiento anual PIB Automotriz y PIB Manufacturero .....	32
Fig. 3.39. Fabricación de automóviles, autobuses y camiones.....	33
Fig. 3.40. Participación en el PIB manufacturero de la industria del hule.....	33
Fig. 3.41. Tasa de crecimiento anual PIB Hule y PIB Manufacturero.....	34
Fig. 3.42. Producción de productos de hule (piezas y pares) .....	34
Fig.3. 43. Participación en el PIB manufacturero de la industria del aluminio.....	35
Fig. 3.44. Tasa de crecimiento anual PIB Aluminio y PIB Manufacturero .....	35
Fig. 3.45. Producción de aluminio y productos de aluminio. ....	36
Fig. 3.46. Participación en el PIB manufacturero de la industria del tabaco.....	36
Fig. 3.47. Tasa de crecimiento anual (PIB Tabacalera y PIB Manufacturero).....	37
Fig. 3.48. Fabricación de cigarros .....	37
Fig.3.49. Participación en el PIB manufacturero de "otras industrias" .....	38
Fig. 4.1 Estructura general y flujos energéticos del balance Nacional de Energía. ....	40
Fig. 4.2 Energía final consumida en México (PJ).....	41
Fig. 4.3 Energía consumida en la industria manufacturera por sub-sector de mayor consumo .....	42
Fig. 4.4 Energía consumida en la industria manufacturera por sub-sector de menor consumo .....	42
Fig. 4.5 Porcentajes de participación de los combustibles en la industria manufacturera en 1990 y 2008 .....	43
Fig. 4.6 Consumo de combustibles en la industria manufacturera .....	44
Fig. 4.7 Emisiones de CO <sub>2</sub> asociadas al consumo de energía de sub-sectores de alto consumo de energía.....	45
Fig. 4.8 Emisiones de CO <sub>2</sub> asociadas al consumo de energía de sub-sectores de bajo consumo de energía.....	45
Fig. 4.9. Energía consumida por combustible en la industria siderúrgica .....	46
Fig. 4.10. Energía final consumida en la industria de la química básica.....	47
Fig. 4.11. Energía consumida por combustible en la industria de la química básica. ....	47
Fig. 4.12. Energía final consumida en la industria del azúcar.....	48

Fig. 4.13. Energía consumida por combustible en la industria azucarera .....	48
Fig. 4.14. Energía final consumida por combustible en la industria petroquímica .....	49
Fig. 4.15. Energía consumida en la industria petroquímica.....	49
Fig. 4.16. Energía final consumida en la industria del cemento .....	50
Fig. 4.17. Energía consumida por combustible en la industria del cemento.....	50
Fig. 4.18. Energía final consumida en la industria de celulosa y papel.....	51
Fig. 4.19. Energía consumida por combustible en la industria de celulosa y papel .....	51
Fig. 4.20. Energía final consumida en la industria del vidrio .....	52
Fig. 4.21. Energía consumida por combustible en la industria del vidrio.....	52
Fig. 4.22. Energía final consumida en la industria de cerveza y malta .....	53
Fig. 4.23. Energía consumida por combustible en la industria de cerveza y malta.....	53
Fig. 4.24. Energía final consumida en la industria de cerveza y malta .....	54
Fig. 4.25. Energía consumida por combustible en la industria de fertilizantes.....	54
Fig. 4.26. Energía final consumida en la industria de aguas envasadas .....	55
Fig. 4.27. Energía consumida por combustible en la industria de aguas envasadas .....	55
Fig. 4.28. Energía final consumida en la industria automotriz .....	56
Fig. 4.29. Energía consumida por combustible en la industria automotriz .....	56
Fig. 4.30. Energía final consumida en la industria del hule .....	57
Fig. 4.31. Energía consumida por combustible en la industria del hule .....	57
Fig. 4.32. Energía final consumida en la industria del aluminio .....	58
Fig. 4.33. Energía consumida por combustible en la industria del aluminio .....	58
Fig. 4.34. Energía final consumida en la industria del tabaco .....	59
Fig. 4.35. Energía consumida por combustible en la industria del tabaco .....	59
Fig. 4.36. Energía final consumida en otras industrias .....	60
Fig. 4.37. Energía consumida por combustible en las otras industrias .....	60
Fig. 4.38. Intensidad energética de industrias más intensivas [GJ/pesos de 1993]. .....	62
Fig. 4.39. Intensidad energética de industrias menos intensivas.....	63
Fig. 4.40. Intensidad energética del sector manufacturero. ....	63
Fig. 4.41. Contenido de carbono en el consumo de energía del sector manufacturero. ....	64
Fig. 4.42. Contenido de carbono en el consumo de energía de las ramas más intensivas	64
Fig. 4.43. Contenido de carbono en el consumo de energía de las ramas menos intensivas	65

# CAPÍTULO 1.

## INTRODUCCIÓN

Esta tesis presenta un análisis del consumo de energía y de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la industria manufacturera mexicana entre 1990 y 2008. En este periodo, el consumo de energía de este sector creció en 20% (de 1040.8 PJ a 1252.7 PJ) y las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentaron en 27% (de 80.0 Tg a 101.6 Tg). Sin embargo, en el mismo periodo, el Producto Interno Bruto (PIB) de la industria manufacturera mexicana aumentó en 62% (de 205.5 a 333.5 miles de millones de pesos de 1993).

Estos datos muestran que la riqueza generada por la industria manufacturera nacional creció a una tasa mayor que el consumo de energía y las emisiones asociadas de CO<sub>2</sub>, y que las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentaron más que el consumo de energía, por lo que, esta tesis pretende encontrar que cambios ocurrieron en cada uno de los subsectores o ramas de mayor consumo de energía de la industria manufacturera, que puedan explicar este comportamiento. Para ello, se utiliza una metodología llamada Log mean Divisia aditiva, que cuantifica los cambios en la actividad (PIB de todo el sector) la estructura (cambios en la participación de las diferentes ramas industriales en el PIB del sector manufacturero), la intensidad energética (Energía entre PIB para cada rama) y el contenido de carbono en el consumo de energía (emisiones de CO<sub>2</sub> entre consumo de energía final). Para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de combustibles fósiles se utiliza la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC).

Los resultados muestran que la disminución en el consumo de energía por PIB de todo el sector se debe a mejoras en la eficiencia, cambios en la producción y también a la caída en la producción de diferentes ramas intensivas en el uso de la energía como la petroquímica o los fertilizantes.

Asimismo, la caída en la intensidad energética para diversas ramas, no siempre puede explicarse por cambios tecnológicos. Muchas veces, ésta se debe a cambios en el tipo de productos que se fabrican. Por ejemplo, en la industria de la celulosa y el papel dejó de fabricarse celulosa y esto disminuyó la intensidad energética de la rama industrial.

La razón de estudiar la industria manufacturera es porque ésta es esencial para el desarrollo económico y tecnológico de un país, ya que, por sus actividades orientadas hacia los mercados del exterior, es un importante generador de exportaciones y de divisas. Los productos que se fabrican en esta industria son diversos y están presentes en todas las actividades cotidianas de una sociedad. En términos simples, la industria manufacturera es la transformación de materiales primarios en bienes de mayor valor; en virtud de la satisfacción de un consumidor, empleando para ello, máquinas, herramientas y mano de obra. El término puede referirse a una gama de la actividad humana, desde la artesanía a la alta tecnología, pero es más comúnmente aplicado a la producción industrial, en el que las materias primas se transforman en productos acabados a gran escala. Tales productos acabados pueden ser utilizados para la fabricación de otros productos más complejos, como electrodomésticos o automóviles, o se venden a los mayoristas, quienes a su vez venden a los minoristas, que luego venden a los usuarios finales – los "consumidores".

Así entonces, la industria manufacturera fabrica, productos químicos, acero, cemento, plásticos, aparatos electrónicos, textiles, etc., es decir su producción es demasiado heterogénea.

La situación actual coloca a las manufacturas como el principal motor económico mundial, en países como Estados Unidos, generan alrededor del 20% del PIB, además de que encadenan todas las actividades productivas de un país y son palanca de desarrollo tecnológico. Los principales países manufactureros son: China, Rusia, India, E.U.A., además de México y Brasil que son los principales países manufactureros de América Latina.

La industria manufacturera se encuentra inmersa en la categoría de industrias secundarias, según la clasificación establecida por el “International Standard Industrial Classification” (ISIC), elaborado por Naciones Unidas. Sin embargo, debido a que este trabajo analiza el consumo de energía y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de la industria manufacturera nacional, se desagrega el Producto Interno Bruto (PIB) manufacturero acorde con la división que presenta el Balance Nacional de Energía (SENER, 2009). De acuerdo con esta fuente de información, la industria manufacturera se divide en las siguientes ramas: siderurgia, química básica, azúcar, petroquímica básica, cemento, celulosa y papel, vidrio, cerveza y malta, fertilizantes, aguas envasadas, automotriz, hule, aluminio, tabaco y otras. De las cuales la mayor parte de estas industrias se concentran en capitales privados.

Estas ramas representan gran parte de las actividades económicas del país, puesto que en 1990 contribuyeron en su conjunto con el 19.5% del PIB nacional y el 76.3% del PIB industrial, en el año 2008 la contribución al PIB nacional cayó al posicionarse con el 18.8%, no así el PIB industrial puesto que este creció ligeramente hasta alcanzar el 77.5%.

Bajo esta perspectiva, la industria manufacturera mexicana se expandió gradualmente a lo largo del periodo en estudio, creciendo su actividad a razón de 2.8%. Dado que otras actividades económicas crecieron de manera acelerada la aportación al PIB nacional de la industria manufacturera fue menor en 2008 con relación a 1990.

En el aspecto tecnológico aunque México no se caracteriza por ser uno de los principales países generadores de tecnología, de cierta manera la industria manufacturera ha permeado el uso de esta tecnología e inherentemente la necesidad de personal capacitado para su aplicación, lo que lo hace una potencia manufacturera.

Esta tesis se divide en cinco capítulos. Después de la introducción, el Capítulo 2 presenta la metodología utilizada para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> y el índice de cambio Log mean Divisia. Posteriormente en el capítulo 3 se expone un panorama económico general de la industria manufacturera mexicana, analizando el PIB de cada rama industrial y sus cambios en la producción física. En el capítulo 4 se analiza la tendencia de consumo de energía final acompañado de las emisiones de CO<sub>2</sub>, tal análisis incluye una descripción de consumo energético por combustible para cada una de las ramas consideradas en este trabajo y finalmente una descripción detallada de la intensidad energética para identificar las ramas industriales que lograron una disminución en este indicador. En este capítulo se presenta también la variación en el contenido de carbono en el consumo de energía para cada rama o subsector.

Una vez aplicada la metodología, en el capítulo 5 se analizaran y mostraran los resultados obtenidos y las conclusiones.

# CAPÍTULO 2.

## METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la metodología utilizada para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como la metodología de índices de cambio Divisia, que permite aislar la importancia de los impactos en la actividad, la estructura, la intensidad energética y el contenido de carbono en el consumo de energía.

### 2.1 Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

La quema de combustibles fósiles, es decir, carbón y sus derivados, petróleo y sus derivados y gas natural, produce emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que es el principal gas de efecto invernadero.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> están determinadas por el contenido de carbono en el combustible debido a que prácticamente todo el combustible que se quema, con excepción del que no se oxida (factor de oxidación), se convierte de CO<sub>2</sub>. Por ello, el PICC recomienda utilizar el factor de emisión en gramos de CO<sub>2</sub> por energía (joule).

Para calcular dichas emisiones, se utiliza la metodología del PICC (1996), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CO_2 t = \sum_j E_{jt} * FE_j \quad (1)$$

Donde:

CO<sub>2</sub> t = Emisiones de CO<sub>2</sub> en el año t

E<sub>jt</sub> = Consumo del combustible j en el año t

FE<sub>j</sub> = Factor de emisión del combustible j en gramos de CO<sub>2</sub>

Y donde el FE<sub>j</sub> está dado por:

$$FE_j = FE_{cj} * FO_j * (44/12) \quad (2)$$

Donde:

FE<sub>cj</sub> = Factor de emisión en gramos de carbono

FO<sub>j</sub> = Factor de oxidación del combustible j

(44/12), es el peso molecular del dióxido de carbono entre la masa atómica del carbono

Los factores de emisión y oxidación provienen de la metodología del PICC (1996). De acuerdo con la misma, los factores de emisión para los combustibles utilizados en el sector manufacturero mexicano (incluyendo el factor de oxidación y su multiplicación por peso molecular) se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Factores de emisión de CO<sub>2</sub>, incluyendo fracción oxidable (Toneladas de CO<sub>2</sub>/Tera Joules)

Carbón	92.708
Consensados	62.751
Coque carbón	92.708
Coque petróleo	99.825
GLP	62.436
Diesel	73.326
Combustóleo	76.593
Gas natural	55.820

Fuente: PICC, 1996

Por otro lado, las emisiones por consumo de electricidad son aquellas que se producen al momento de la generación. Para estimar las emisiones producidas por cada kWh (o su equivalente en joules) de consumo de electricidad, se calcula un factor de emisión eléctrico.

El factor de emisión eléctrico resulta de dividir las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por el consumo de combustibles fósiles del sector eléctrico nacional en determinado año, entre la generación bruta de energía eléctrica de ese año.

Es posible hacer esta suposición, ya que el sistema eléctrico nacional está interconectado (con excepción de la península de Baja California) y esto supone que la electricidad que se consume en el norte utiliza en promedio los mismos combustibles de la electricidad que se consume en el centro o en el sur del país. La Tabla 4.2 muestra el consumo de combustibles, la generación (en joules), las emisiones de CO<sub>2</sub> y el factor de emisión en tCO<sub>2</sub>/TJ de 1990 a 2008.

De esta forma, las emisiones producidas por el consumo de electricidad pueden calcularse con la ecuación (1), pero para cada año el factor de emisión varía de acuerdo con la Tabla 4.2.

Tabla 2.2 Factor de emisión electricidad

	Carbón	Combustóleo	Diesel	Gas natural	Emisiones de CO2	Generación bruta	Factor de emisión electricidad
	PJ	PJ	PJ	PJ	Tg de CO <sub>2</sub>	PJ	Ton. de CO <sub>2</sub> /Tera Joules
1990	76.0	659.4	15.6	143.7	66.7	411.3	162.23
1991	78.5	665.8	17.2	168.9	69.0	426.1	161.83
1992	81.4	656.4	12.3	156.6	67.5	438.0	154.06
1993	103.3	665.6	11.7	153.4	70.0	455.6	153.58
1994	128.3	794.1	13.3	180.1	83.7	495.1	169.14
1995	140.1	696.5	10.4	185.4	77.5	512.4	151.15
1996	170.5	718.9	9.5	191.4	82.3	546.8	150.43
1997	171.5	823.1	13.3	207.9	91.5	581.0	157.54
1998	176.1	903.7	19.4	246.2	100.7	615.5	163.61
1999	178.7	887.5	17.5	273.0	101.1	651.3	155.18
2000	183.1	954.6	25.1	333.4	110.5	693.9	159.29
2001	227.0	915.2	18.6	400.4	114.9	710.0	161.76
2002	264.1	787.6	15.2	529.0	115.4	724.5	159.35
2003	308.0	677.9	29.6	611.7	116.8	733.4	159.23
2004	236.1	636.3	14.7	656.8	108.4	751.1	144.27
2005	327.5	624.5	13.7	632.0	114.5	788.3	145.22
2006	317.1	501.4	14.4	775.7	112.2	810.3	138.42
2007	314.3	475.3	8.4	860.9	114.2	837.2	136.42
2008	216.6	440.4	10.4	917.0	105.8	849.1	124.56

Elaboración propia con base en Sistema de Información Energética, Secretaría de Energía y factores de emisión del PICC.

## 2.2 Metodología de índices de cambio

La metodología de índices de cambio es una técnica que permite descomponer el consumo de energía y las emisiones en los factores de actividad, estructura, intensidad y contenido de carbono en el consumo de energía.

Se puede establecer que el consumo de energía puede explicarse por tres efectos. El de la actividad, la estructura y la intensidad energética. En este caso se utilizaron unidades basadas en valores económicos, por lo que la actividad se asocia con el valor de producción generado en toda la industria manufacturera (PIB manufacturero), la estructura se refiere al porcentaje que representa cada rama industrial dentro de la industria manufacturera con respecto al PIB y la intensidad energética significa el consumo de energía por valor de producción (PIB).

Así pues, el consumo de energía se puede calcular de la siguiente manera:

$$E_T = \sum_i A_T S_{iT} I_{iT} \quad (3)$$

Donde:

$E_T$  = Consumo de energía en el año  $t$

$A_T$  = PIB de la industria manufacturera en el año  $T$

$S_{iT}$  = Porcentaje que representa la rama industrial  $i$  en relación al PIB manufacturero en el año  $T$

$I_{iT}$  = Consumo de energía por unidad de producción de la rama industrial  $i$  en el año  $T$

Y el cambio en el consumo de energía entre 1990 y 2008 puede expresarse de forma aditiva como:

$$\Delta E = E_{2008} - E_{1990}$$

Por otro lado las emisiones de  $CO_2$  pueden expresarse como la actividad, la estructura, la intensidad energética y el contenido de carbono en las emisiones:

$$CO_2 T = \sum_i A_T S_{iT} I_{iT} CC_{iT} \quad (4)$$

Donde:

$$CC_{iT} = CO_{2iT} / E_{iT} \quad (5)$$

Ahora bien, es importante saber que tanto peso tuvo cada efecto en los cambios en el consumo de energía y las emisiones entre 1990 y 2008. Para ello, se utiliza la metodología de los índices de cambio.

El análisis de descomposición de índices es un área de estudio que ha ganado importancia en los últimos 25 años como herramienta de apoyo en la política energética y medioambiental. Se ha utilizado esta metodología para explicar el comportamiento de la demanda de energía cuantificando la contribución relativa de los impactos derivados del cambio estructural y la intensidad energética. Las ventajas de este procedimiento son su simplicidad y flexibilidad, al usar como base teórica la teoría de los números índices (Marrero y Ramos-Real, 2008).

Se parte de la definición de una función de comportamiento que especifica una variable de carácter agregado y que ha de descomponerse en función de un número de elementos predefinidos. A partir de esta función de comportamiento, se utilizan diferentes métodos para cuantificar los impactos de variaciones en estos componentes sobre el agregado total. La forma concreta en que se realizan dichas descomposiciones dependen de la teoría específica que se utilice (Laspeyres, Paasche, Divisia, etc.).

Los dos procedimientos más utilizados para realizar la descomposición son el de Laspeyres y el de Divisia. El índice de Laspeyres mide la variación con respecto al tiempo de un conjunto de elementos utilizando como ponderadores los valores de un año base. El índice de Divisia es una suma ponderada de tasas de crecimiento logarítmicas, donde los ponderadores son los porcentajes de participación de cada componente. En términos elementales, los métodos basados en el índice de Laspeyres se basan en el concepto de porcentajes de variación mientras que los basados en el índice de Divisia se sustentan en variaciones logarítmicas. Törnqvist et al (1985) utilizó por primera vez la tasa de cambio logarítmico y

señaló que era un indicador simétrico y aditivo mientras que los porcentajes ordinarios no cumplían con estas propiedades (Marrero y Ramos-Real, 2008).

En los años 80 se utilizó ampliamente el índice de Laspeyres mientras que los índices de Divisia comenzaron a ganar terreno en los años 90. En los últimos años numerosos estudios utilizaban los dos métodos y comparaban los resultados. Desde el punto de vista teórico, los índices de Laspeyres, aunque son más fáciles de entender desde el punto de vista intuitivo, presentan algunos defectos entre los cuales destaca que queda un residuo por explicar fruto de la interacción entre los factores explicativos. En algunos casos, estos residuos podían ser varias veces superiores que la cantidad explicada de la variable agregada analizada.

Por su parte, los índices de Divisia presentan una serie de ventajas ya que el peso de cada factor puede cambiar en el tiempo así como obtener una descomposición aditiva de la tasa de crecimiento de cada factor. Sin embargo, tienen el inconveniente de que existirán tantos índices como métodos de ponderación se utilicen para las tasas de crecimiento cuando se tienen datos discretos en diferentes momentos del tiempo. Ang y Pandiyan (1997) propusieron una versión refinada del método de Divisia que solventaba el problema de los residuos y, de esta forma, suponía una descomposición perfecta de los efectos (Log Mean Divisia Index, LMDI.) La solución se basa en la definición de los ponderadores a través del uso de la media logarítmica de los pesos (los “shares”). Los resultados pueden presentarse a partir de una descomposición aditiva o multiplicativa que se relacionan entre ellas a través de una fórmula sencilla, por lo cual son equivalentes (Marrero y Ramos-Real, 2008).

Este método ha sido empleado principalmente a partir del año 2000 en numerosos estudios. Ang (2000) presenta un sumario de los diferentes métodos utilizados por investigadores y algunas agencias nacionales y organismos internacionales de la energía. La conclusión de este estudio es que LMDI es el método más recomendable, en su forma aditiva y multiplicativa, tanto por sus propiedades teóricas como por su facilidad para su uso y en la interpretación de los resultados.

El índice Divisia fue introducido precisamente por Divisia (1973). Si se deriva el logaritmo de la energía respecto al tiempo (es decir, el teorema del crecimiento instantáneo) se obtiene:

$$\frac{d \ln(E_T)}{dt} = \sum w_i [(d \ln A_{iT} / dt) + (d \ln(S_{iT}) / dt) + (d \ln I_{iT} / dt)] \quad (6)$$

Donde  $w_i = E_{iT}/E_t$  es la proporción del sector  $i$  del consumo de energía.

Integrando desde el tiempo 0 al tiempo T (en este caso, año inicial y año final), la ecuación queda como:

$$E_t = \int_0^T \sum (d \ln(A_{it}) / dt) + \int_0^T \sum (d \ln(S_{it}) / dt) + \int_0^T \sum (d \ln(I_{it}) / dt) \quad (7)$$

Aplicando la exponencial, puede ser aplicado en forma de multiplicación como el cambio “D” en la energía  $D_{tot} = D_{actividad} * D_{estructura} * D_{intensidad}$ ; o en su forma aditiva  $E_t - E_0 = \Delta_{Act} + \Delta_{Estr} + \Delta_{Int}$

$$D_{Act} = \int_0^T d \ln(A_{it}) dt \quad (8)$$

$$D_{Est} = \int_0^T d \ln(S_{it}) dt \quad (9)$$

$$D_{Int} = \int_0^T d \ln(I_{it}) dt \quad (10)$$

Como los datos son discretos entonces se aplica un promedio al logaritmo, de tal forma que como el promedio de un número logarítmico es  $L(x, y) = (y - x) / \ln\left(\frac{y}{x}\right)$  entonces:

$$\Delta_{Act} = \sum [L(E_T, E_0)] \left[ \ln \left( \frac{A_T}{A_0} \right) \right] \quad (11)$$

$$\Delta_{Estr} = \sum [L(E_T, E_0)] \left[ \ln \left( \frac{S_{iT}}{S_{i0}} \right) \right] \quad (12)$$

$$\Delta_{Int} = \sum [L(E_T, E_0)] \left[ \ln \left( \frac{I_{iT}}{I_{i0}} \right) \right] \quad (13)$$

Para el CO<sub>2</sub>,

$$\Delta_{Act} = \sum [L(CO_{2iT}, CO_{2i0})] \left[ \ln \left( \frac{A_T}{A_0} \right) \right] \quad (14)$$

$$\Delta_{Estr} = \sum [L(CO_{2iT}, CO_{2i0})] \left[ \ln \left( \frac{S_{iT}}{S_{i0}} \right) \right] \quad (15)$$

$$\Delta_{Int} = \sum [L(CO_{2iT}, CO_{2i0})] \left[ \ln \left( \frac{I_{iT}}{I_{i0}} \right) \right] \quad (16)$$

$$\Delta_{C.C} = \sum [L(CO_{2iT}, CO_{2i0})] \left[ \ln \left( \frac{CO_{2iT}/E_{iT}}{CO_{2i0}/E_{i0}} \right) \right] \quad (17)$$

La aplicación de esta metodología puede interpretarse de la siguiente forma:

El cambio en la actividad  $\Delta_{Act}$  dirá como hubiese cambiado el consumo de energía o las emisiones si la estructura del PIB, la intensidad y la estructura de los combustibles se hubieran mantenido constantes en su valor de 1990 y sólo hubiera variado la producción.

Por su parte, el efecto estructura  $\Delta_{Estr}$  dirá cómo hubiese variado el consumo de energía si sólo hubiese cambiado la estructura del PIB y los demás factores se hubiesen mantenido constantes. Y así sucesivamente con las demás variables.

El índice Log Mean Divisia descompone perfectamente en las variables establecidas, de tal manera que no hay residuos que interpretar.

A continuación se ejemplifica la aplicación de esta metodología únicamente para la industria siderúrgica. Así pues, para los cambios en la actividad, estructura e intensidad de la industria siderúrgica se parte de las ecuaciones (11), (12) y (13), sin considerar las sumatorias, puesto que es sólo una industria, por lo que las ecuaciones quedan de la siguiente forma:

$$\Delta_{Act,Siderurgia} = [L(E_T, E_0)] \left[ \ln \left( \frac{A_T}{A_0} \right) \right] \quad (18)$$

$$\Delta_{Estr,Siderurgia} = [L(E_T, E_0)] \left[ \ln \left( \frac{S_T}{S_0} \right) \right] \quad (19)$$

$$\Delta_{Int,Siderurgia} = [L(E_T, E_0)] \left[ \ln \left( \frac{I_T}{I_0} \right) \right] \quad (20)$$

Donde:

$$L(E_T, E_0) = (E_{2008} - E_{1990}) / \ln\left(\frac{E_{1990}}{E_{2008}}\right), \quad \ln\left(\frac{A_T}{A_0}\right) = \ln\left(\frac{A_{2008}}{A_{1990}}\right), \quad \ln\left(\frac{S_{iT}}{S_{i0}}\right) = \ln\left(\frac{S_{2008}}{S_{1990}}\right) \text{ y } \ln\left(\frac{I_T}{I_0}\right) = \ln\left(\frac{I_{2008}}{I_{1990}}\right)$$

Sustituyendo

$$L(E_{2008}, E_{1990}) = \frac{273.29 - 194.676}{\ln\left(\frac{194.676}{273.29}\right)} = 231.765$$

$$\ln\left(\frac{A_{2008}}{A_{1990}}\right) = \ln\left(\frac{333.525}{205.524}\right) = 0.484$$

$$\ln\left(\frac{S_{2008}}{S_{1990}}\right) = \ln\left(\frac{0.0372}{0.0318}\right) = 0.156$$

$$\ln\left(\frac{I_{2008}}{I_{1990}}\right) = \ln\left(\frac{22.016}{29.769}\right) = -0.302$$

Sustituyendo en las ecuaciones (18), (19) y (20) se obtienen los siguientes resultados:

$$\Delta_{Act, Siderurgia} = (231.765)(0.484), \quad \Delta_{Act, Siderurgia} = \mathbf{112.210}$$

$$\Delta_{Estr, Siderurgia} = (231.765)(0.156), \quad \Delta_{Estr, Siderurgia} = \mathbf{36.334}$$

$$\Delta_{Int, Siderurgia} = (231.765)(0.157), \quad \Delta_{Estr, Siderurgia} = \mathbf{-69.930}$$

Para los cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la actividad, estructura, intensidad y contenido de carbono en los combustibles (C.C), se aplica un procedimiento semejante de tal forma que se tiene las siguientes ecuaciones:

$$\Delta_{Act} = [L(CO_{2T}, CO_{20})][\ln\left(\frac{A_T}{A_0}\right)] \quad (21)$$

$$\Delta_{Estr} = [L(CO_{2T}, CO_{20})][\ln\left(\frac{S_{iT}}{S_{i0}}\right)] \quad (22)$$

$$\Delta_{Int} = [L(CO_{2T}, CO_{20})][\ln\left(\frac{I_T}{I_{i0}}\right)] \quad (23)$$

$$\Delta_{C.C} = [L(CO_{2T}, CO_{20})][\ln\left(\frac{CO_{2iT}/E_{iT}}{CO_{2i0}/E_{i0}}\right)] \quad (24)$$

$$L(CO_{2T}, CO_{20}) = (CO_{2,2008} - CO_{2,1990}) / \ln\left(\frac{CO_{2,1990}}{CO_{2,2008}}\right), \quad \ln\left(\frac{A_T}{A_0}\right) = \ln\left(\frac{A_{2008}}{A_{1990}}\right), \quad \ln\left(\frac{S_{iT}}{S_{i0}}\right) = \ln\left(\frac{S_{2008}}{S_{1990}}\right),$$

$$\ln\left(\frac{I_T}{I_0}\right) = \ln\left(\frac{I_{2008}}{I_{1990}}\right) \text{ y } \ln\left(\frac{CO_{2iT}/E_{iT}}{CO_{2i0}/E_{i0}}\right) = \ln\left(\frac{CO_{2,2008}/E_{2008}}{CO_{2,1990}/E_{1990}}\right)$$

Sustituyendo

$$L(CO_{2T}, CO_{20}) = \frac{21.027 - 16.657}{\ln\left(\frac{16.657}{21.027}\right)} = 18.757$$

$$\ln\left(\frac{A_{2008}}{A_{1990}}\right) = \ln\left(\frac{333.525}{205.524}\right) = 0.484$$

$$\ln\left(\frac{S_{2008}}{S_{1990}}\right) = \ln\left(\frac{0.0372}{0.0318}\right) = 0.156$$

$$\ln\left(\frac{I_{2008}}{I_{1990}}\right) = \ln\left(\frac{22.016}{29.769}\right) = -0.302$$

$$\ln\left(\frac{C.C_{2008}}{C.C_{1990}}\right) = \ln\left(\frac{0.0769}{0.0855}\right) = -0.106$$

Sustituyendo en las ecuaciones (21), (22) y (23) se obtienen los siguientes resultados:

$$\Delta_{Act,Siderurgia} = (18.757)(0.484) , \quad \Delta_{Act,Siderurgia} = \mathbf{9.081}$$

$$\Delta_{Estr,Siderurgia} = (18.757)(0.156) , \quad \Delta_{Estr,Siderurgia} = \mathbf{2.941}$$

$$\Delta_{Int,Siderurgia} = (18.757)(-0.302) , \quad \Delta_{Int,Siderurgia} = \mathbf{-5.660}$$

$$\Delta_{C.C,Siderurgia} = (18.757)(-0.106) , \quad \Delta_{C.C,Siderurgia} = \mathbf{-1.992}$$

El mismo procedimiento se aplica para cada una de la demás ramas industriales y tales resultados obtenidos, son concentrados en las tablas 5.1 y 5.3 del capítulo 5.

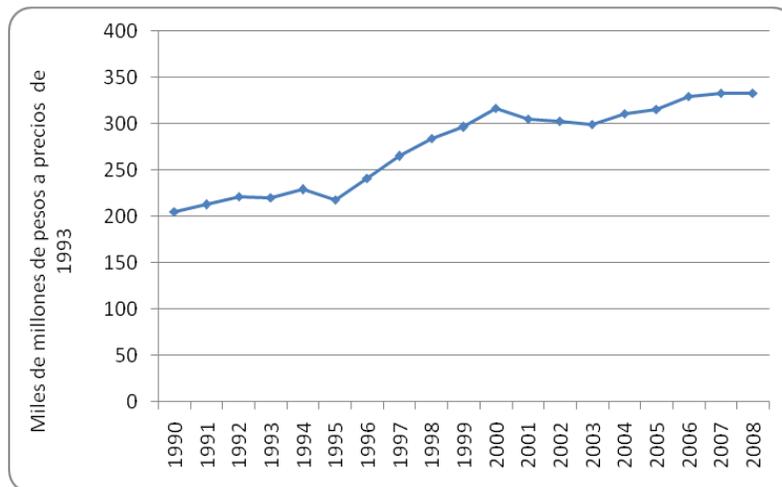
# CAPÍTULO 3.

## IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA 1990-2008

En este capítulo se explica la importancia económica del sector manufacturero en México. Se analizan las tendencias del crecimiento económico del sector en su conjunto, así como de las principales ramas industriales consumidoras de energía. En la primera parte, se examina la actividad medida como el producto interno bruto del sector manufacturero. En la segunda se analiza la estructura, es decir la contribución de las diversas ramas industriales al PIB manufacturero. Finalmente se presenta un breve análisis del PIB por rama industrial, complementado con un análisis de la producción física.

### 3.1 Actividad

Entre 1990 y 2008, el PIB de la industria manufacturera nacional pasó de 205.5 a 333.5 mil millones de pesos constantes de 1993. Es decir, el PIB tuvo un crecimiento del 62.3% en 18 años. Este aumento, sin embargo, no fue constante. Como puede observarse en la Fig. 3.1, la tasa de crecimiento de 1990 a 2000 es mucho mayor que la de 2000 a 2010, presentando una caída en 1995 producto de la crisis económica nacional, y un estancamiento en el periodo de 2001 a 2003, producto también de la falta de crecimiento económico nacional.

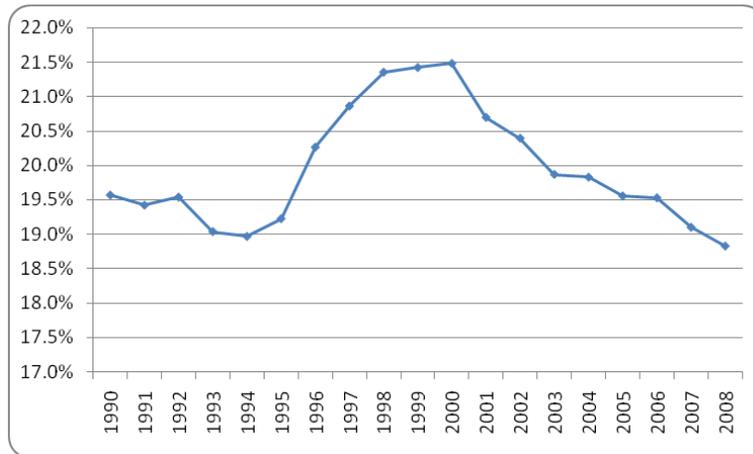


Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig.3.1. Comportamiento del PIB de la industria manufacturera nacional.

El papel que juega la industria manufacturera en México es determinante para el desarrollo económico del país. Este sector representó desde inicios de los noventa, un porcentaje importante del PIB, llegando

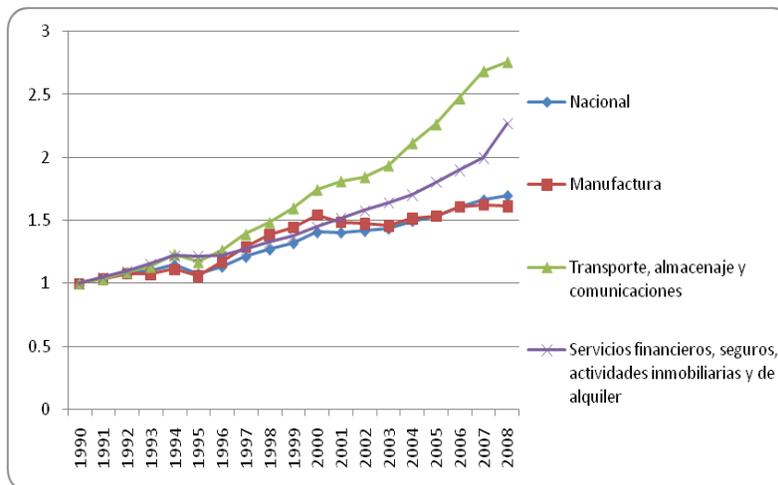
a su máximo en el año 2000. La aportación que dicho sector representó al PIB nacional en 1990 fue del 19.6%, en 2000 llegó a 21.5% y para el año 2008 tuvo un valor de 18.8% (Fig. 3.2).



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.2. Porcentaje del PIB manufacturero.

Esta caída en la proporción que el PIB manufacturero representa en el PIB nacional (de 1999 a 2008) fue producto del crecimiento acelerado de otros sectores que se contabilizan en el PIB, como es el caso del transporte, almacenamiento y telecomunicaciones, así como de los servicios financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler, pero también, de la propia disminución en el crecimiento del sector manufacturero (Fig.3.3).



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig.3.3. Crecimiento del PIB para ciertas ramas respecto de 1990<sup>1</sup>

<sup>1</sup> De 1990 a 2007 se toma en cuenta el PIB a precios de 1993 y para 2008 se calcula con base en el crecimiento 2007 a 2008 del PIB a precios de 2003.

## 3.2 Estructura del PIB manufacturero

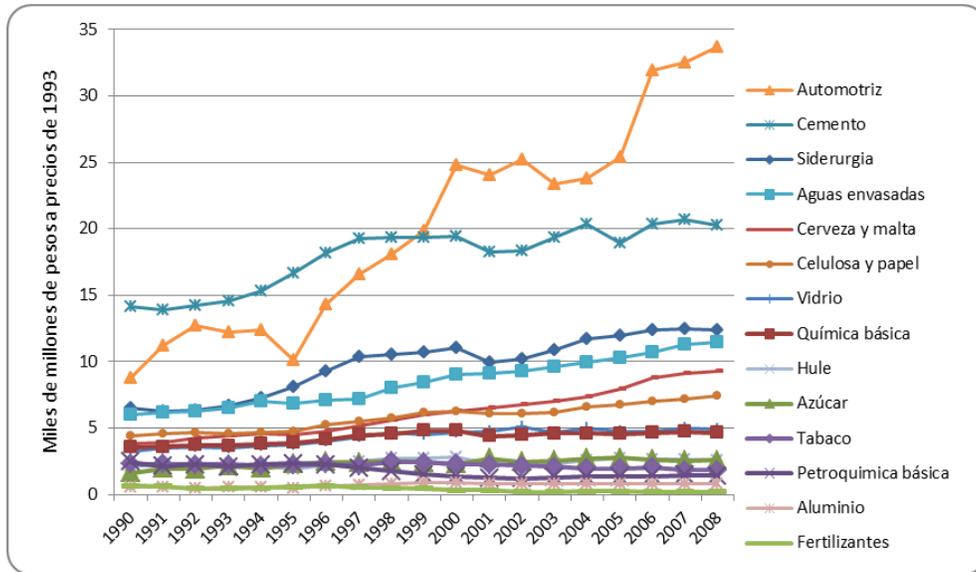
El Banco de Información Económica del INEGI (2010), brinda información estadística del PIB para cada rama o sub-sector. Su contribución al PIB manufacturero o estructura para los años 1990, 2000 y 2008 se muestra en la Tabla 3.1. Como puede observarse, algunas ramas industriales tuvieron cambios significativos. Tal es el caso por ejemplo de la petroquímica que en 1990 representó el 1.2% del PIB manufacturero y para 2008 ésta proporción se redujo a 0.4%, mientras que la industria automotriz pasó de representar el 10.1% del PIB manufacturero en 1990 al 16.9% en 2008.

Tabla 3.1. Porcentaje que ocupó cada sub-sector dentro de la industria manufacturera para diversos años

	1990	2000	2008
Siderurgia	3.2%	3.5%	3.7%
Química básica	1.7%	1.5%	1.4%
Azúcar	0.8%	0.7%	0.8%
Petroquímica básica	1.2%	0.4%	0.4%
Cemento	2.4%	2.1%	2.3%
Celulosa y papel	2.1%	2.0%	2.2%
Vidrio	1.6%	1.5%	1.5%
Cerveza y malta	1.9%	2.0%	2.8%
Fertilizantes	0.3%	0.1%	0.1%
Tabaco	1.1%	0.7%	0.6%
Aguas envasadas	2.9%	2.8%	3.5%
Automotriz	10.1%	14.5%	16.9%
Hule	1.0%	0.9%	0.8%
Aluminio	0.3%	0.3%	0.3%
Otras	69.4%	67.1%	62.9%
Total	100%	100%	100%

Elaboración propia. Datos de INEGI.

Por su parte, la Fig. 3.4 presenta las cantidades en miles de millones de pesos constantes de 1993, que generaron cada sub-sector industrial dentro del periodo en consideración. A continuación se hace un breve análisis de los cambios ocurridos en cada rama industrial.



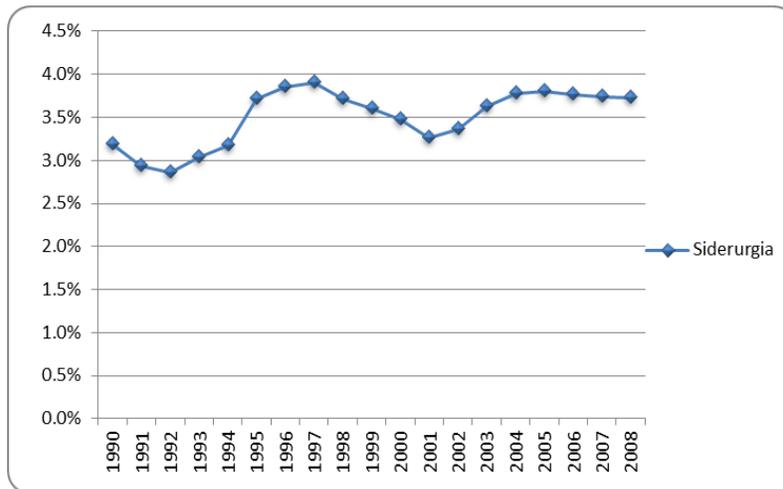
Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.4. Comportamiento del PIB de la industria manufacturera nacional por sub-sector.

### 3.3 Actividad por rama industrial

#### 3.3.1 Siderúrgica

El PIB de la industria siderúrgica tuvo un crecimiento promedio anual de 3.8%, en el periodo de estudio, presentando un decremento en el año 2001, producto de cambios internacionales en el precio del acero, que afectaron la producción nacional, así como la propia disminución del crecimiento económico nacional (Sheinbaum et al., 2010). La participación de la industria siderúrgica en el PIB manufacturero se muestra en la Fig. 3.5.

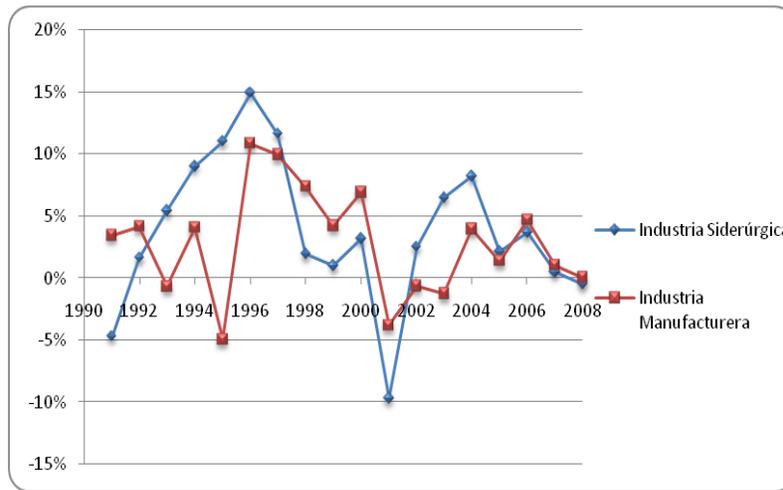


Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.5. Participación en el PIB manufacturero de la industria siderúrgica.

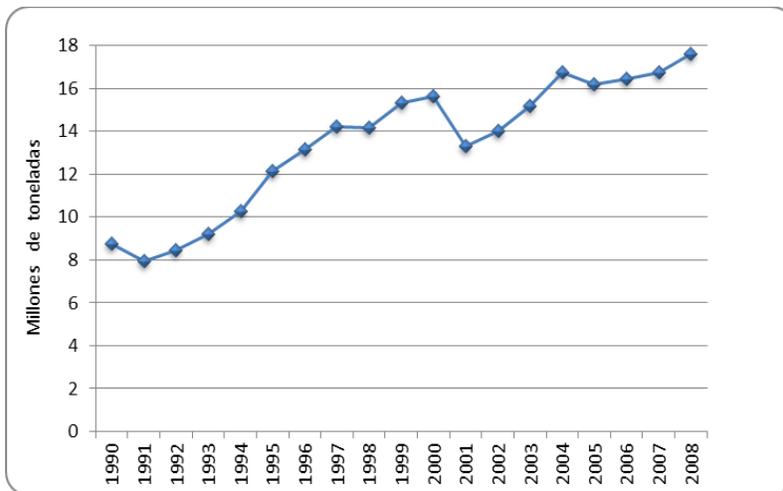
Al comparar las tasas de crecimiento de la industria siderúrgica con la industria manufacturera nacional (Fig. 3.6), se puede observar ciertas similitudes de comportamiento, ya que en 1996 la industria manufacturera alcanzó su más alta tasa de crecimiento con 10.8%, al mismo tiempo que la industria siderúrgica tuvo una tasa de crecimiento de 14.9%. Posteriormente en 2001 ambas tuvieron un decremento importante de 9.7% para la siderúrgica y de 3.8% para la manufacturera. Sin embargo, la industria siderúrgica, a diferencia del agregado manufacturero no resintió la crisis de 1995, debido a que la producción de acero se reorientó a la exportación (Sheinbaum et al., 2010).

La producción de esta industria es una de las que muestran un ascenso en sus niveles, ya que creció a razón de 5.1% en promedio, pasando de 8.7 millones de toneladas de acero crudo en 1990 a 17.2 millones de toneladas en el 2008 (Fig. 3.7).



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.6 Crecimiento anual del PIB manufacturero nacional y del PIB de la industria siderúrgica



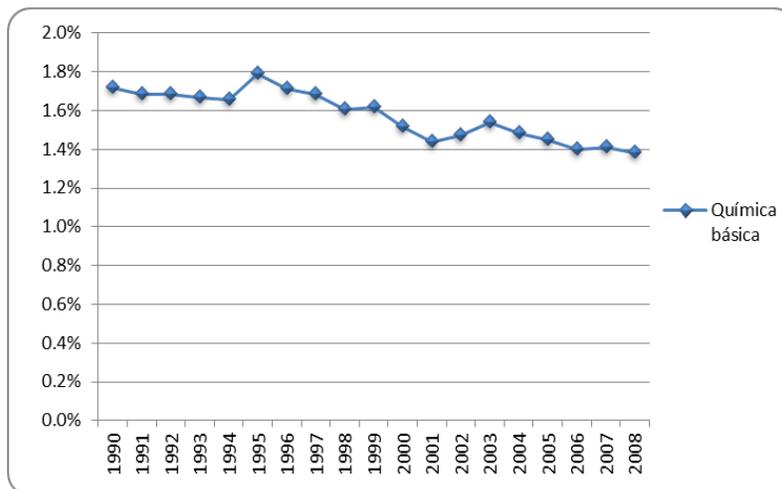
Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.7. Fabricación de acero.

### 3.3.2 Química Básica

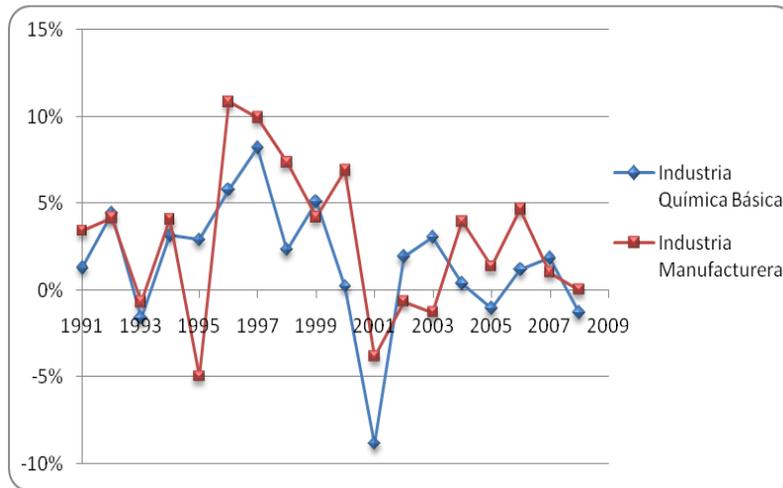
La industria química es uno de los sub-sectores manufactureros más vastos en cuanto productos se refiere. Entre 1990 y 2008, su participación en el PIB manufacturero disminuyó de 1.7% a 1.4% (Fig. 3.8). La Fig. 3.9 muestra la variación anual del PIB manufacturero nacional y el de las industrias de la química básica. En ella se muestra un comportamiento semejante, donde destacan la caída en el PIB de la industria química de los años 1995, 1998, 2001, 2005 y 2008.

La producción de la química básica puede desglosarse en algunos de sus principales productos, los cuales son: la fabricación de colorantes y pigmentos, la fabricación de gases industriales, la fabricación de ácidos, bases, sales y otros productos químicos básicos. La Fig. 3.10 muestra la variación en la fabricación de estos productos a lo largo de 18 años. Como puede observarse, la producción de ácidos, bases, sales y otros productos químicos básicos, dominaba la producción en 1990, la cual fue disminuyendo mientras se incrementaron la fabricación de gases industriales y de colorantes y pigmentos. Estos cambios en la producción tuvieron implicaciones en el consumo de energía como se verá en los siguientes capítulos de esta tesis.



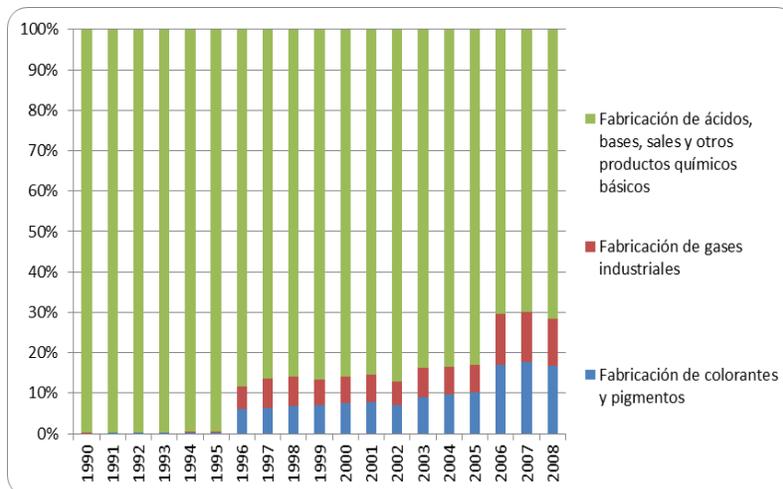
Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.8. Participación en el PIB manufacturero de la industria química.



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.9. Tasa de crecimiento anual PIB de la industria de la Química básica y PIB Manufacturero

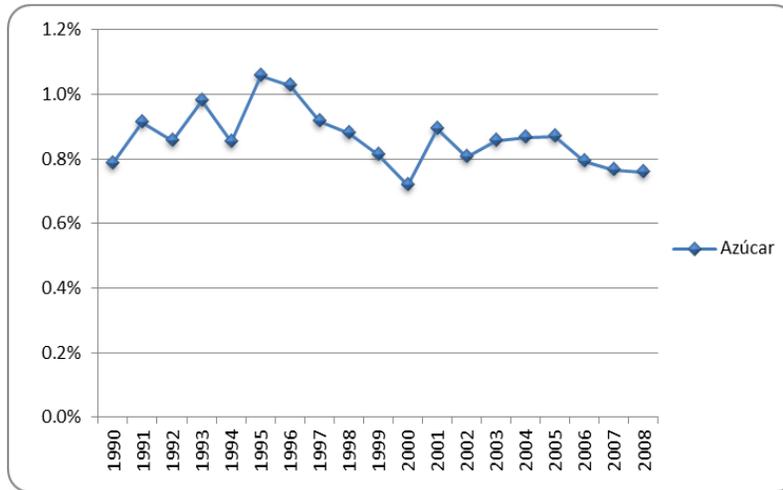


Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.10. Producción en la industria de la química básica.

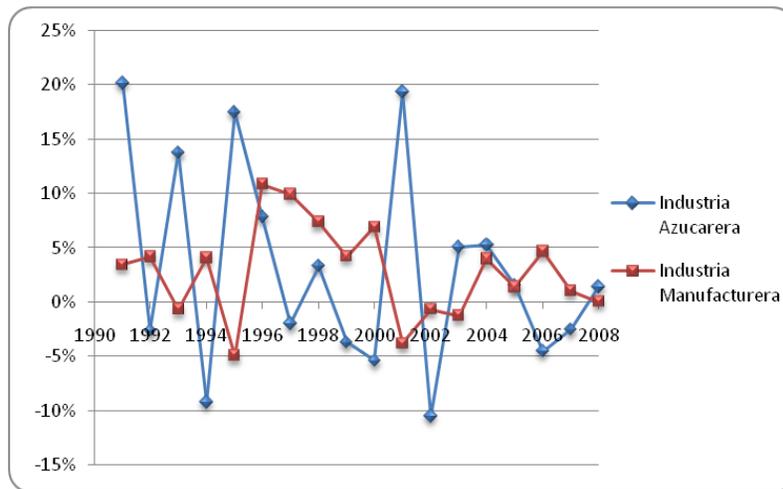
### 3.3.3 Azúcar

La industria azucarera representó en promedio, cerca del 0.78% del PIB manufacturero, sin embargo, ha tenido una gran variación a lo largo del periodo de estudio como se aprecia en las Figs. 3.11 y 3.12. Además de los impactos de la economía nacional, las variaciones han estado sujetas tanto al cambio en los precios de este producto, como a los problemas económicos de esta industria. La industria azucarera nacional pasó de manos estatales a privadas, posteriormente fue rescatada por el gobierno y nuevamente fue vendida a privados.



Elaboración propia. Datos de INEGI.

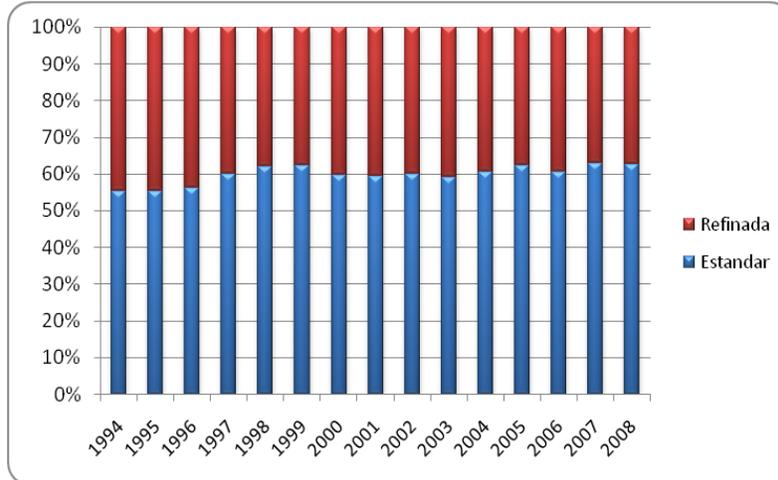
Fig. 3.11. Participación en el PIB manufacturero de la industria azucarera



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.12. Tasa de crecimiento anual (PIB Azucarera y PIB Manufacturero)

Por otro lado, la producción de azúcar estándar frente a la refinada ha ido ganando presencia como se aprecia en la Fig. 3.13. Esto tiene implicaciones en el consumo de energía, como se verá más adelante.

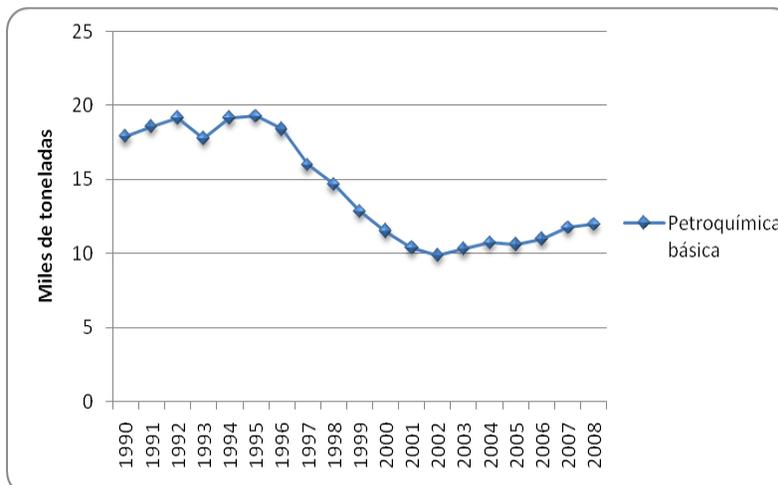


Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.13. Producción de azúcar.

### 3.3.4 Petroquímica

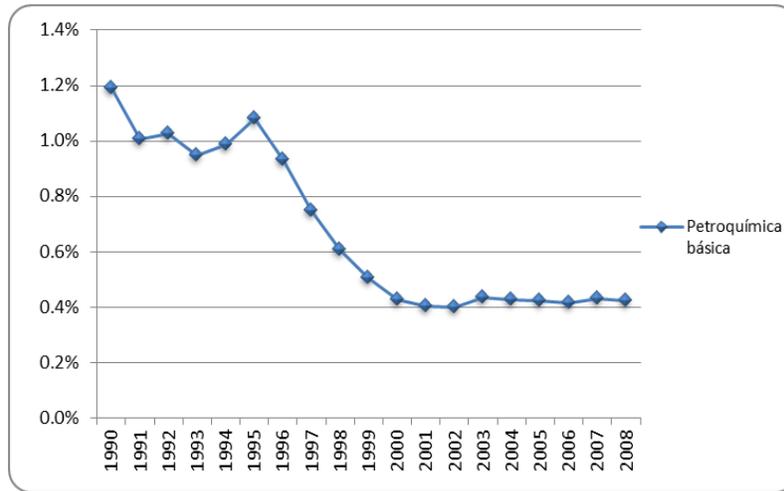
Su importancia es estratégica en el desarrollo industrial de México ya que, con la elaboración de productos básicos, es posible proveer de insumos a 42 de las 73 ramas industriales (Ángeles, 1996; Álvarez, 1991). Este sub-sector tuvo descensos importantes en los niveles de producción, los cuales empezaron en el año de 1995, año en el cual alcanzó su punto de producción más alto con 19,274 toneladas de productos petroquímicos y frenándose hasta el año 2002 con el nivel más bajo de producción que registró con 9,875 toneladas, a partir de ahí fue creciendo paulatinamente hasta llegar a 11,973 toneladas en el 2008, produciendo un tercio menos en comparación a 1990; por lo que tuvo, en promedio, un decremento anual de 2% (Fig. 3.14).



Elaboración propia. Datos de INEGI.

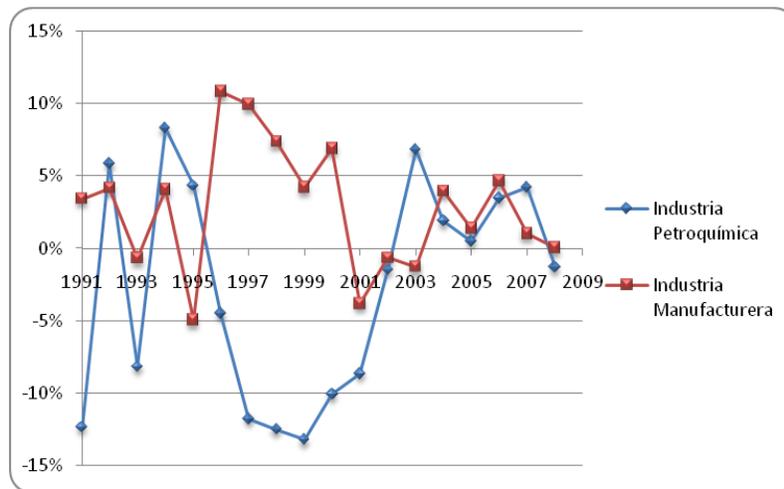
Fig. 3.14. Elaboración de productos petroquímicos

En cuanto a su participación en el PIB manufacturero, éste pasó de 1.19% a 0.42% (Figs. 3.15 y 3.16). El decremento tan pronunciado del PIB de la petroquímica a partir de 1995 fue producto de una disminución de la producción por parte de Pemex. Hasta mediados de los noventa, la producción petroquímica estaba limitada por ley de Pemex. A mediados de los noventa, se realizó un cambio en la Ley reglamentaria del Artículo 27 Constitucional, dividiendo la petroquímica en básica y secundaria y permitiendo a los privados invertir en esta última. Este cambio hizo que disminuyera la producción petroquímica de Pemex, sin embargo, esta no se vio sustituida por inversión privada (Sacristán, 2006).



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig.3.15. Participación en el PIB manufacturero de la industria petroquímica



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig.3.16. Tasa de crecimiento anual PIB Petroquímica y PIB Manufacturero

En Pemex Petroquímica también se presentó un cambio en la producción. Por ejemplo en 1990 el 22.7% de la producción era amoniaco y esta decreció a 11.3% en 2008 (Tabla 3.2).

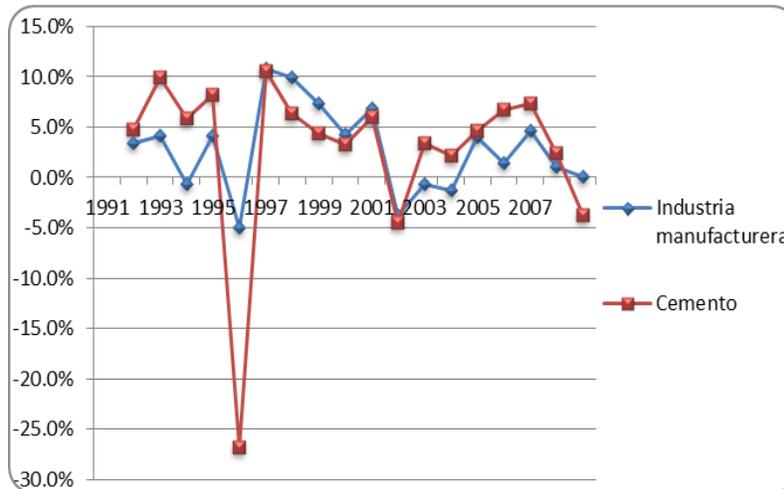
Tabla 3.2 Producción de Pemex petroquímica

Producto	% de la producción de Pemex petroquímica	
	1990	2008
Acetaldehído	1.6%	3.4%
Amoniaco	22.7%	11.3%
Benceno	2.8%	1.3%
Cloruro de vinilo	2.0%	2.0%
Etilbenceno	1.6%	1.7%
Etileno	11.8%	13.4%
Óxido de etileno	2.3%	4.3%
Paraxileno a/	1.9%	-
Polietilenos b/	4.5%	7.3%
Propileno c/	3.1%	4.1%
Tolueno	-	1.9%

Elaboración propia. Datos de Pemex.

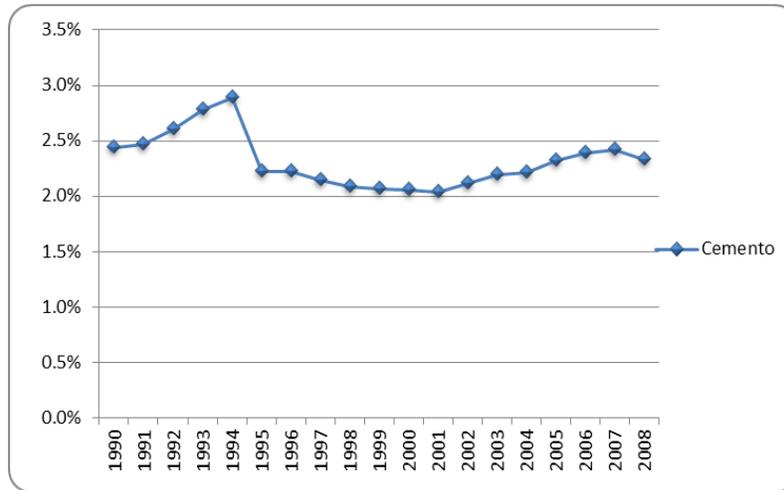
### 3.3.5. Cemento

El desempeño de la industria del cemento se entrelaza con el de la construcción; es una industria muy representativa dentro del sector manufacturero, puesto que en promedio su valor dentro del PIB manufacturero fue de 6.6%. Como se muestra en la Fig. 3.17, la variación anual del PIB de esta industria es muy similar a la variación anual del PIB agregado de la industria manufacturera, aun cuando la caída de 1995 es muy pronunciada en el caso de la industria cementera. La Fig.3.18 muestra la participación de esta rama industrial en el PIB manufacturero para todo el periodo.



Elaboración propia. Datos de INEGI.

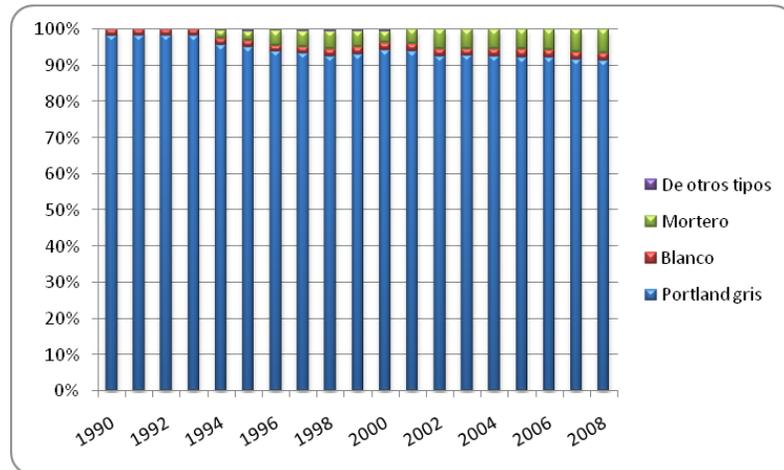
Fig.3.17. Tasa de crecimiento anual (PIB Cementera y PIB Manufacturero)



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig.3.18. Participación en el PIB manufacturero de la industria cementera.

Asimismo, la Fig. 3.19, muestra la variación en la producción de los diferentes tipos de cementos. Como se muestra, el producto más importante es el cemento portland gris, pero en el periodo fue ganando importancia la fabricación del mortero.

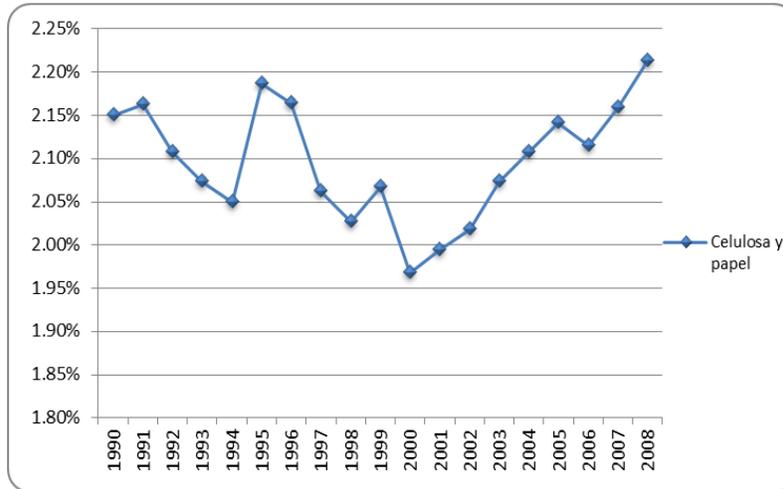


Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.19. Fabricación de productos del cemento

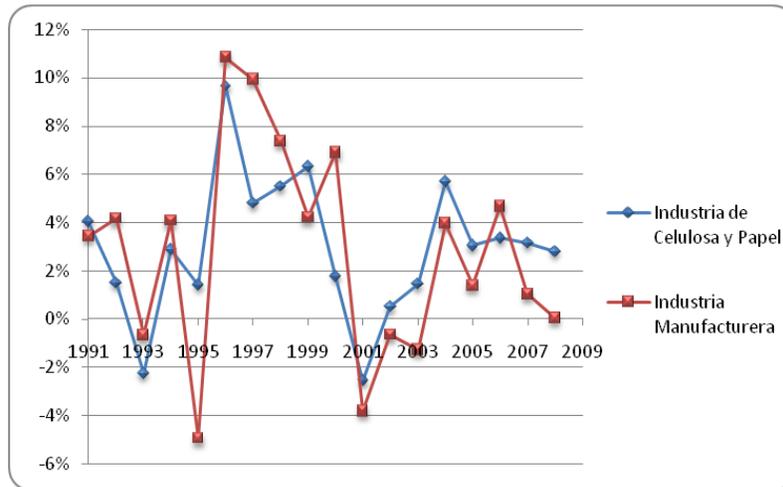
### 3.3.6 Celulosa y papel

La fabricación de celulosa y el papel es diversificada por la cantidad de productos finales de papel. El comportamiento económico de esta industria muestra que en 1990 generó 4,418 millones de pesos de 1993, incrementándose hasta 7,399 millones de pesos de 1993 en 2008; representando en promedio el 2.1% dentro del PIB manufacturero. La Fig.3.20 muestra su participación en el PIB y la 3.21 su variación anual.



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig.3.20. Participación en el PIB manufacturero de la industria de la celulosa y el papel.

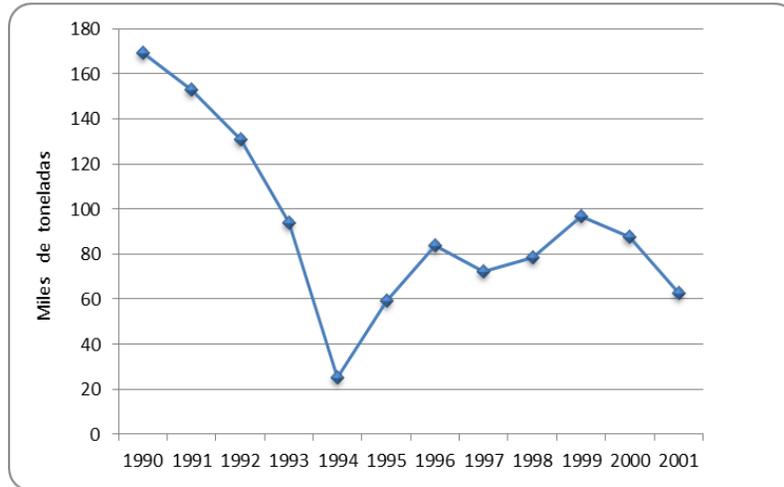


Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig.3.21. Tasa de crecimiento anual del PIB de la industria de la Celulosa y papel y del PIB Manufacturero.

La fabricación de celulosa, materia prima para el papel, fue disminuyendo desde 1990 hasta 2001. La Fig. 3.22 muestra la producción de celulosa de 1990 a 2001 que es la información disponible en INEGI. Esto fue producto de la apertura del libre comercio y con ello del incremento de la importación de celulosa

por parte de Estados Unidos y Canadá. Asimismo, el aumento de reciclaje de papel ha sido fundamental en la producción. Se estima que el uso de estos materiales representa cerca del 85% de su materia prima, mientras que el restante 15% proviene de fibras vírgenes, (de la Madrid, 2010). Sin embargo, tanto la celulosa como el material reciclado provienen principalmente de importaciones. Asimismo, el incremento en la importación de papel también ha impactado a esta rama industrial (Tabla 3.3).



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.22. Fabricación de celulosa química.

Tabla 3.3 Balanza comercial de productos de celulosa y papel en 2008 (millones de dólares)

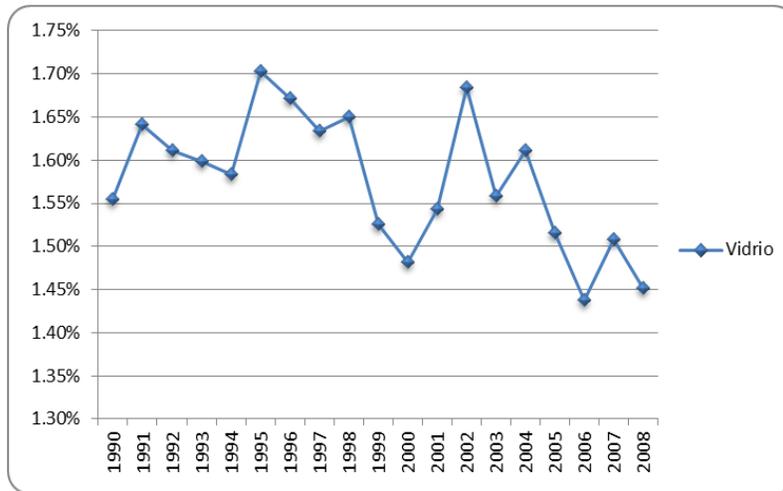
	Exportaciones	Importaciones	Balanza Comercial
Pasta de madera o materias fibrosas	58	1062.5	-1004.5
Papel, cartón y sus manufacturas	1394.5	4778.8	-3384.3

Fuente: De la Madrid, 2010

### 3.3.7 Vidrio

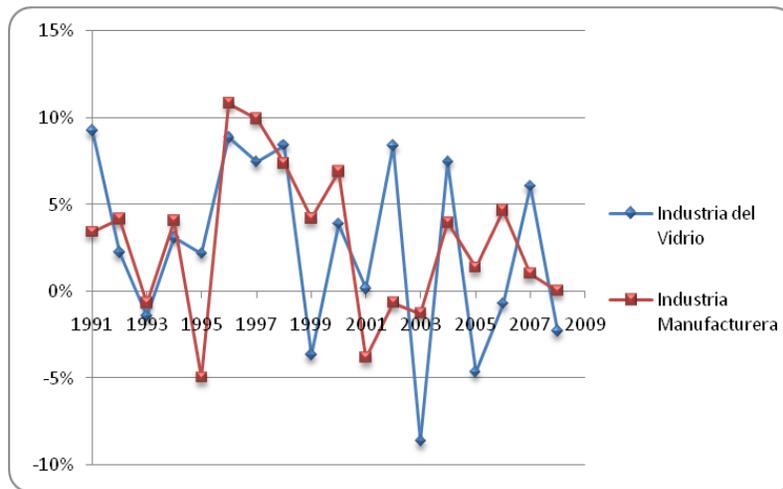
La industria del vidrio ha mantenido una participación promedio del PIB manufacturero del 1.6% (Fig. 3.23). Su variación ha sido similar a la del agregado manufacturero (Fig. 3.24). La industria del vidrio es también una industria diversificada en cuanto a sus productos finales; se puede dividir en cuatro sub-productos:

1. Fabricación de vidrio plano, liso y grabado.
2. Fabricación de cristal inastillable y fibras de vidrio.
3. Fabricación de envases y ampollitas de vidrio.
4. Fabricación de otros artículos de vidrio; incluso cristalería y cristal refractario.



Elaboración propia. Datos de INEGI.

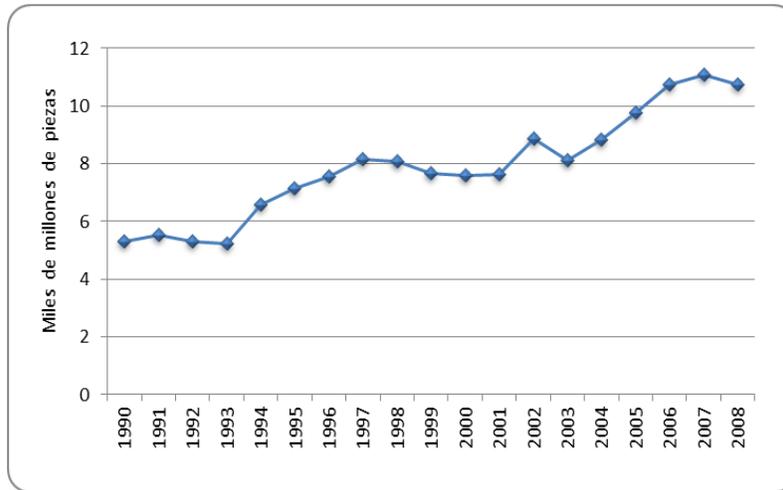
Fig.3.23. Participación en el PIB manufacturero de la industria del vidrio.



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.24. Tasa de crecimiento anual del PIB de la industria del Vidrio y el PIB Manufacturero.

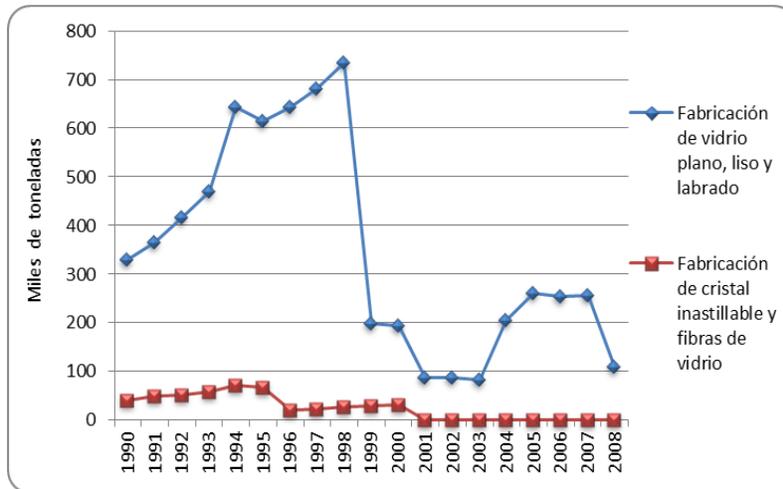
La fabricación de envases y ampollitas de vidrio es la rama más representativa refiriéndose en lo económico y en lo productivo, ya que duplicó su producción de 1990 a 2008 (Fig.3.25).



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.25. Fabricación de envases y ampolletas de vidrio

Por su parte, en la fabricación de vidrio, cristal y fibras de vidrio, se observa un claro descenso (Fig. 3.26).



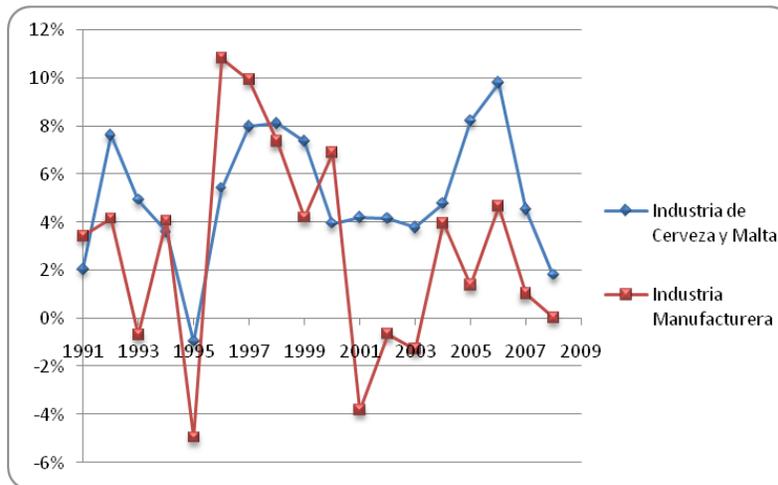
Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.26. Fabricación de vidrio, cristal inastillable y fibras de vidrio

Así entonces, el 2.5% de crecimiento que tuvo en promedio esta industria durante los años de estudio, se le atribuye sin duda a la producción de envases y ampolletas, ya que esta rama representó en promedio el 55% de la producción total de la industria.

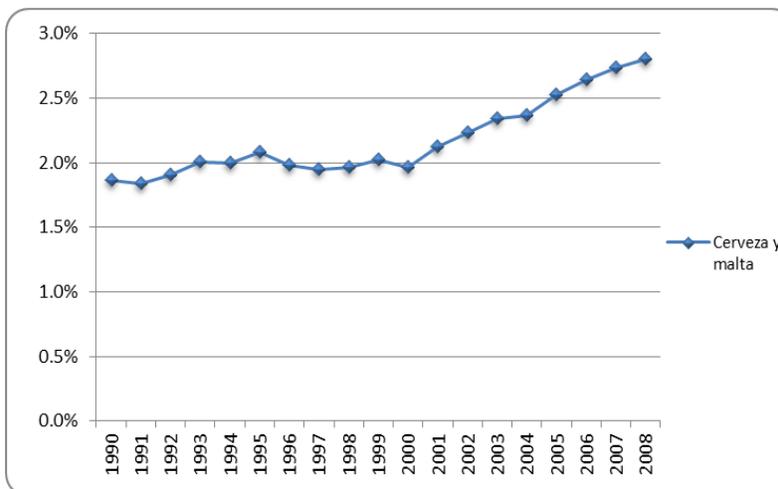
### 3.3.8 Cervecería y de Malta

El desarrollo de la industria cervecera nacional ha generado múltiples beneficios en la economía de México, puesto que encadena a una importante parte de las actividades productivas del país. Durante el periodo en cuestión figuró en el PIB manufacturero con 2.2%, creciendo 5.1% en promedio anual (Fig. 3.27). Su participación en el PIB manufacturero pasó de 1.87% a 2.79% (Fig. 3.28). Llegó a producir poco más del doble comparando la producción de 1990 con la de 2008, siendo este año su punto productivo más alto con 8,195 millones de litros de cerveza y el punto más bajo en 1990 con 3,873 millones de litros de cerveza. La Fig. 3.29 muestra la producción de cerveza y la Fig. 3.30 la producción de malta en unidades físicas.



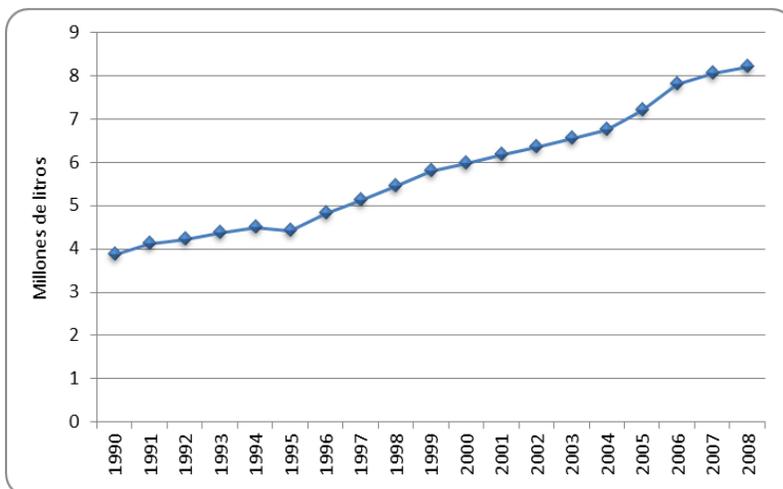
Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.27. Tasa de crecimiento anual (PIB Cervecería y PIB Manufacturero)



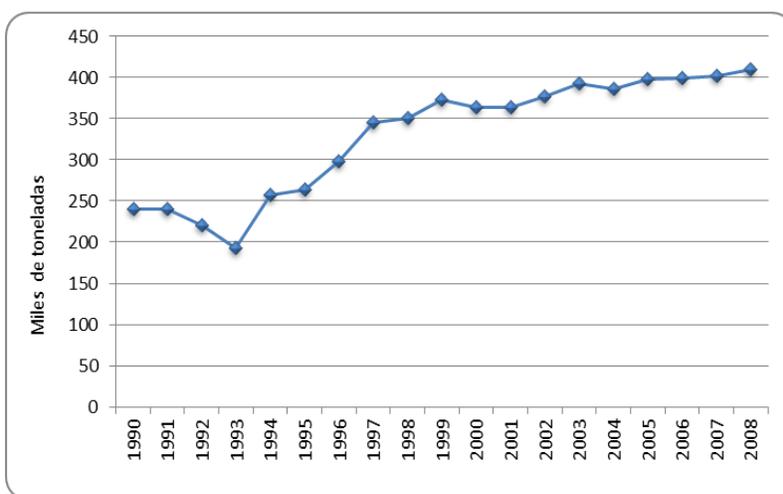
Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.28. Participación en el PIB manufacturero de la industria de la malta y la cerveza



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.29. Fabricación de cerveza

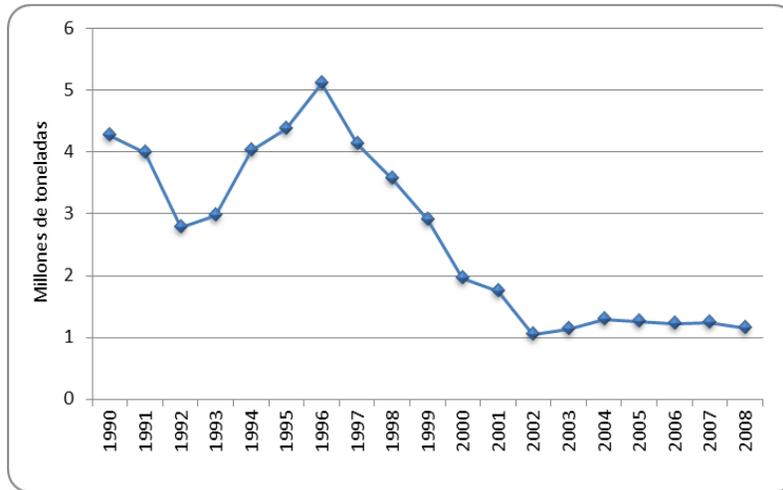


Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.30. Elaboración de malta

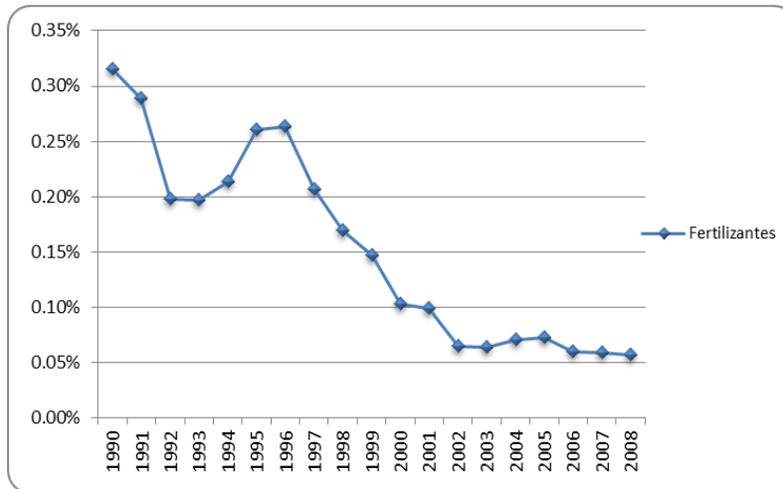
### 3.3.9 Fertilizantes

La industria de los fertilizantes sufrió una fuerte transformación en pocos años. Bajo este panorama y tomando en cuenta los registros de producción durante los años de estudio se puede observar una caída considerable de la producción de fertilizantes, después de 1996, año en el cual alcanzó su nivel más alto con 5,111 millones de toneladas de abonos y fertilizantes, siguiendo su caída hasta el año 2002 con 1,042 millones de toneladas, tal caída implicó un decremento de 5 veces su producción en esos 6 años (Fig. 3.31, 3.32 y 3.33). La caída de la industria de fertilizantes va asociada con la caída de la industria petroquímica, dado que esta última aporta la materia prima para la elaboración de fertilizantes. Por otro lado, la privatización de esta industria a principios de los noventa, llevó finalmente al cierre de casi todas las plantas que operaba Fertimex (Sacristán, 2006)

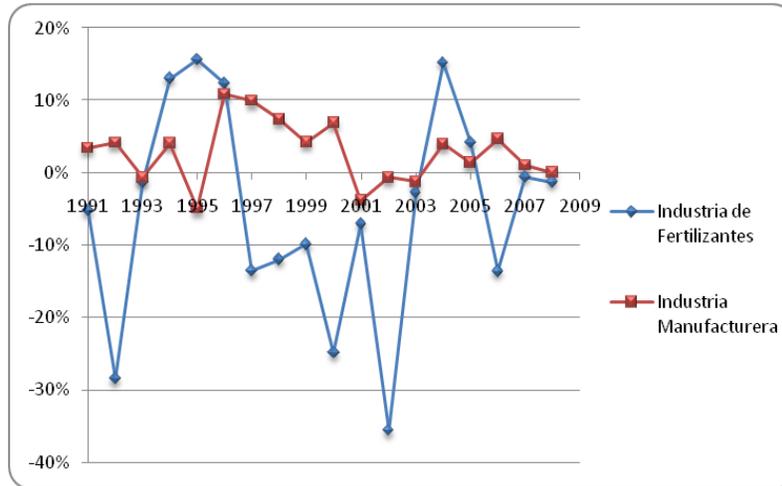


Elaboración propia. Datos de INEGI.  
Fig.3.31. Fabricación de abonos y fertilizantes

Por supuesto, la estructura de esta industria siguió la misma inercia al aportar 0.32% del PIB manufacturero en 1990 hasta llegar a 0.06% en 2008.



Elaboración propia. Datos de INEGI.  
Fig.3.32. Participación en el PIB manufacturero de la industria de fertilizantes.

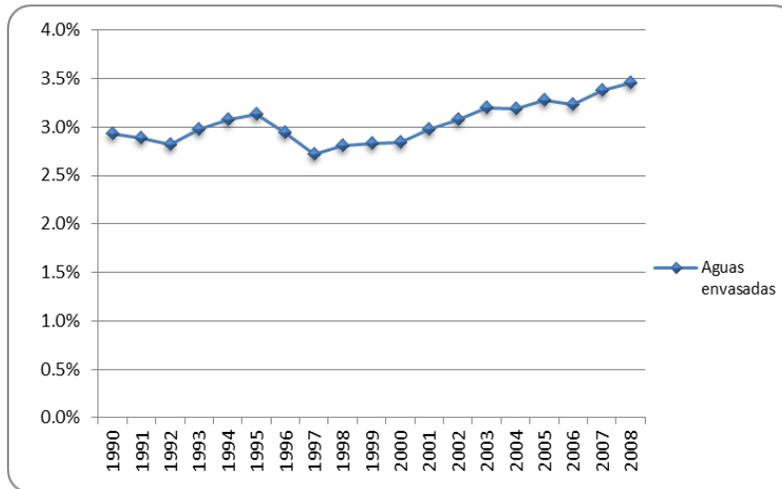


Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig.3.33. Tasa de crecimiento anual del PIB Fertilizantes y PIB Manufacturero

### 3.3.10 Aguas envasadas

Esta industria tuvo un incremento en su participación en el PIB manufacturero de 2.93% a 3.44% de 1990 a 2008 respectivamente (Fig. 3.34). Su tasa de crecimiento anual fue similar al del agregado manufacturero (Fig. 3.35). El crecimiento en la importancia de esta industria tiene que ver con el incremento en su producción, como puede observarse en la Fig. 3.36. En 1990 se produjeron 7,047 millones de litros de refrescos, aguas minerales y purificadas, hasta llegar a 20,991 millones de litros de los mismos productos en 2008, es decir que la producción casi se triplicó.



Elaboración propia. Datos de INEGI.

Fig. 3.34. Participación en el PIB manufacturero de la industria del tabaco

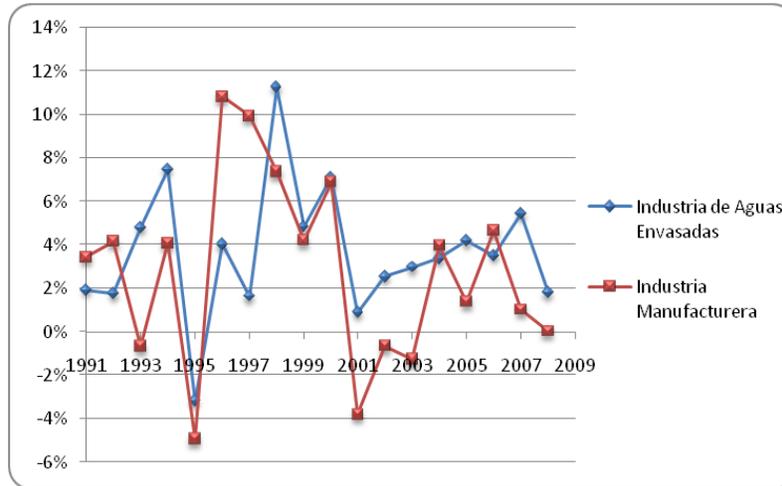
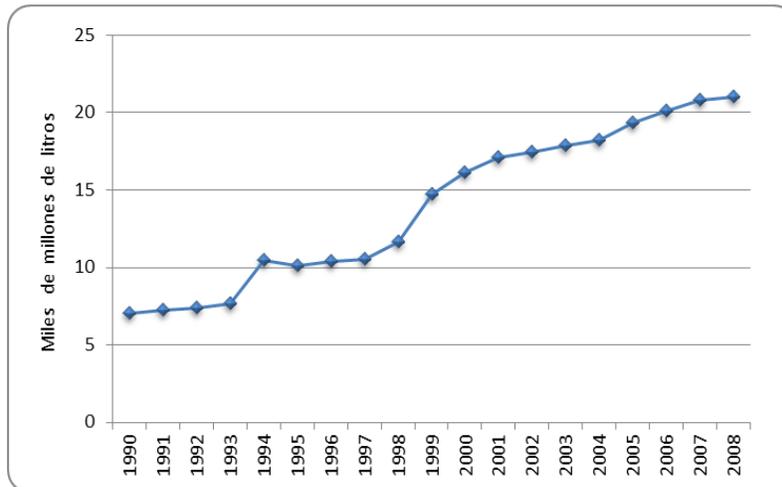


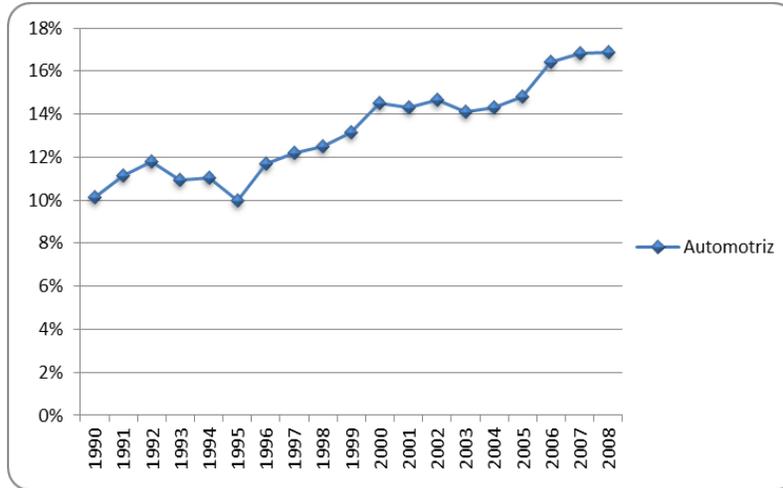
Fig. 3.35. Tasa de crecimiento anual PIB Aguas envasadas y PIB Manufacturero. Elaboración propia. Datos de INEGI.



Elaboración propia. Datos de INEGI.  
Fig. 3.36. Elaboración de refrescos, aguas minerales y purificadas

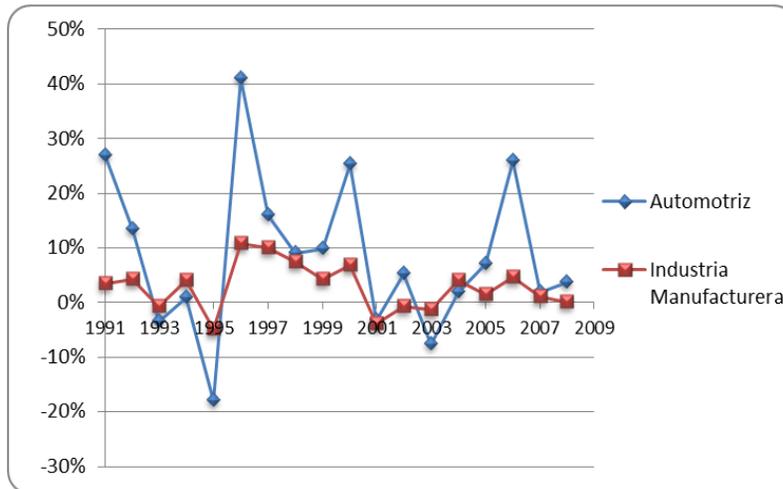
### 3.3.11 Automotriz

La industria automotriz es la que mayor incremento tuvo en su participación en el PIB manufacturero, pasando de 10.11% en 1990 al 16.9% en 2008 (Fig. 3.37), aun cuando su tasa de crecimiento anual tuvo un comportamiento similar al del agregado manufacturero (Fig. 3.38). El incremento está asociado también al aumento en su producción como puede apreciarse en la Fig. 3.39. Aun cuando en los automóviles de 4 cilindros se aprecia una disminución de 2001 a 2006, que afectó el crecimiento del PIB, esto no ocurrió en el automóvil de seis cilindros ni en los camiones de carga. Además de fabricación y armado de vehículos, esta industria incluye la fabricación de chasis y carrocerías.



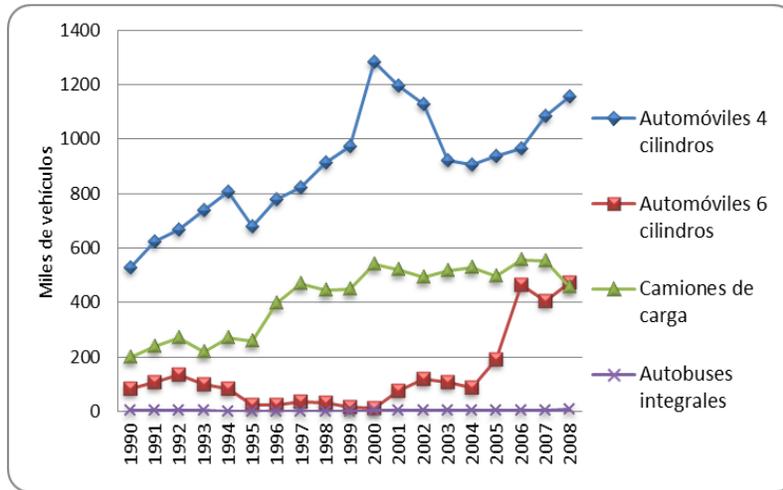
Elaboración propia. Datos INEGI

Fig.3.37. Participación en el PIB manufacturero de la industria automotriz



Elaboración propia. Datos INEGI

Fig.3.38. Tasa de crecimiento anual PIB Automotriz y PIB Manufacturero

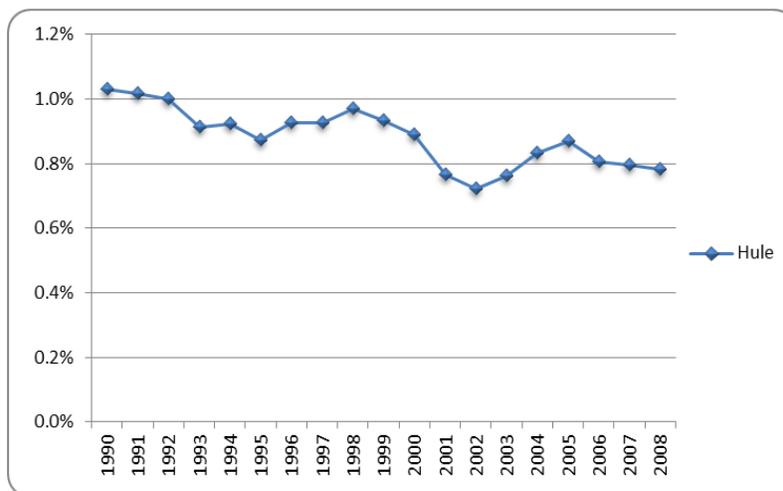


Elaboración propia. Datos INEGI  
 Fig. 3.39. Fabricación de automóviles, autobuses y camiones

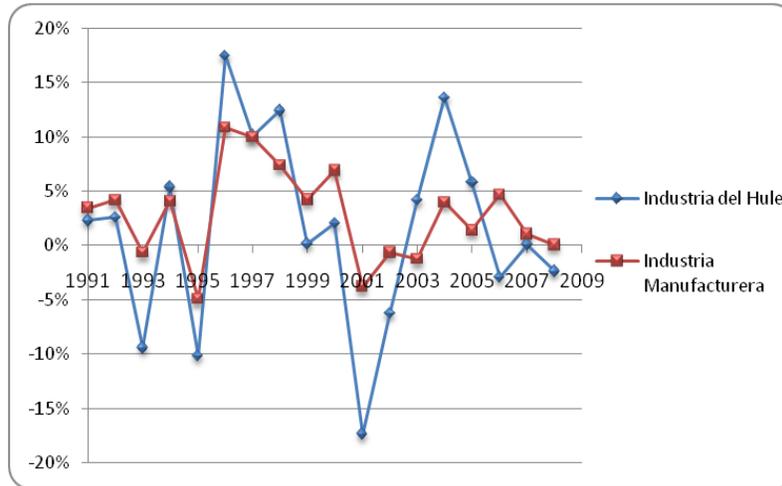
### 3.3.12 Hule

La industria del hule suministra una gran variedad de productos que sirven como insumos y productos de uso a numerosas industrias. Los consumidores más importantes incluyen las industrias de llantas, ensamble de automóviles, plásticos, almacenaje, calzado, muebles y en general todo tipo de equipo y maquinaria (bandas, cámaras, empaques, etc), (Morales,2010).

Su participación en el PIB manufacturero pasó de 1.3% a 0.78% (Fig. 3.40) y su comportamiento anual fue similar al del agregado manufacturero (Fig. 3.41). La industria del hule ha tenido importantes cambios productivos. La producción de llantas disminuyó de forma importante igual que la producción de zapatos, guantes, suelas, tapas y tapones (Fig. 3.42). Nuevamente la disminución de la producción se debe al incremento de las importaciones.

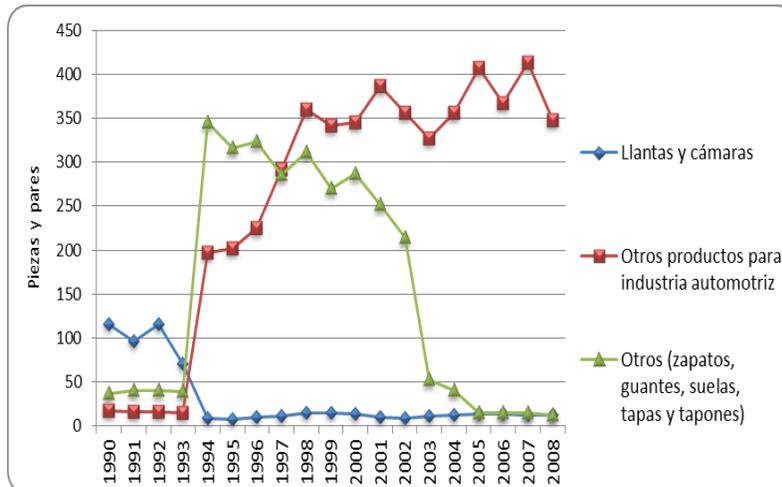


Elaboración propia. Datos INEGI  
 Fig. 3.40. Participación en el PIB manufacturero de la industria del hule



Elaboración propia. Datos INEGI

Fig. 3.41. Tasa de crecimiento anual PIB Hule y PIB Manufacturero

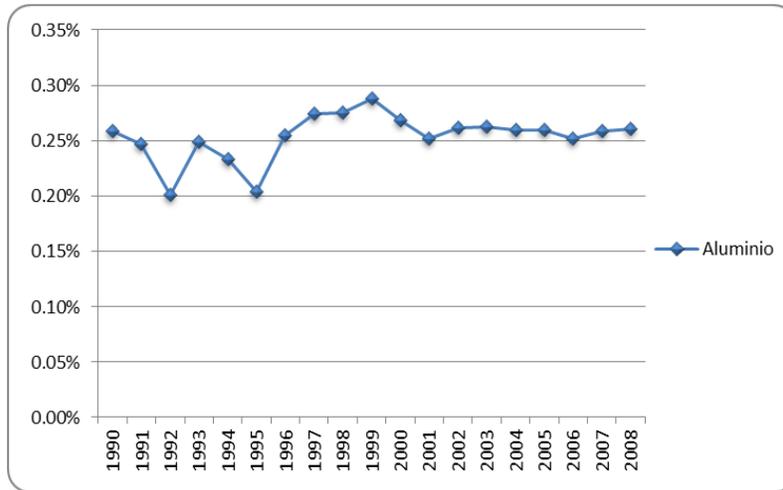


Elaboración propia. Datos INEGI

Fig. 3.42. Producción de productos de hule (piezas y pares)

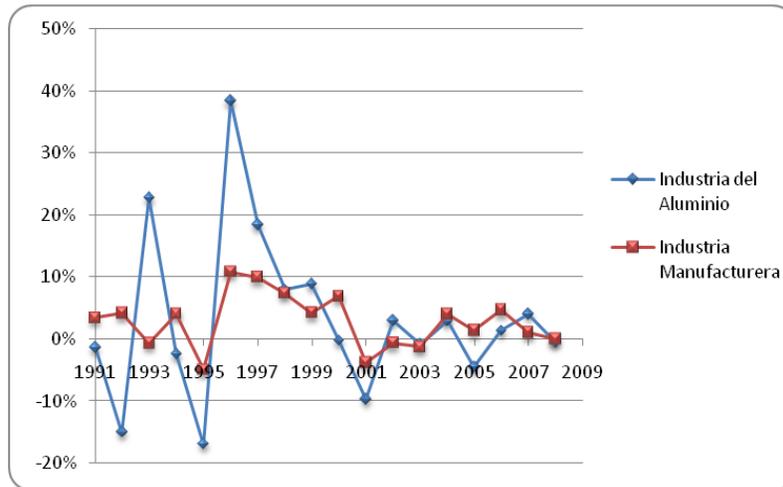
### 3.3.13 Aluminio

La industria del aluminio tuvo una disminución en su participación en el PIB manufacturero en 1992 y en 1995, después, esta industria tuvo un crecimiento entre 1996 y 2000 y posteriormente tuvo una ligera caída. Su participación promedio fue del 0.24% (Fig. 3.43). El comportamiento de la tasa de crecimiento anual ha sido similar a la del agregado manufacturero, aunque con variaciones más pronunciadas (Fig. 3.44). La producción en unidades físicas de productos del aluminio se muestra en la Fig.3.45, que tiene una caída entre 1990 y 1995; después un incremento hasta el año 2000 y posteriormente un decremento. Esta disminución en la producción tiene que ver con la disminución en la producción de la lámina y papel de aluminio, así como de perfiles diversos (INEGI, 2010).



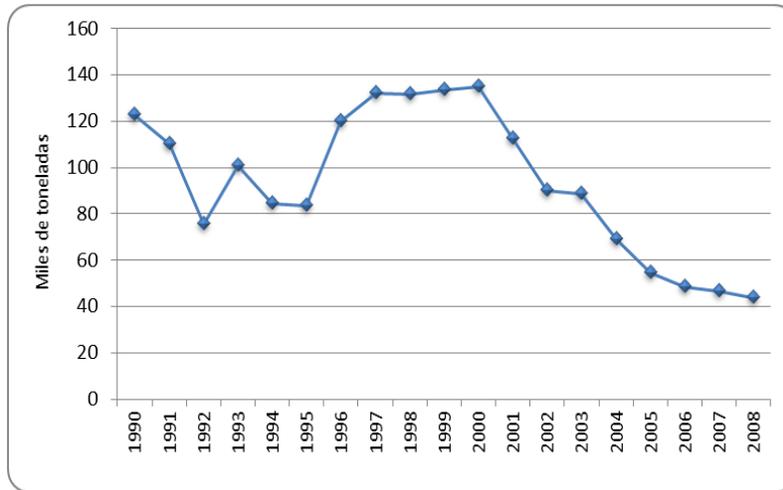
Elaboración propia. Datos INEGI

Fig.3. 43. Participación en el PIB manufacturero de la industria del aluminio



Elaboración propia. Datos INEGI

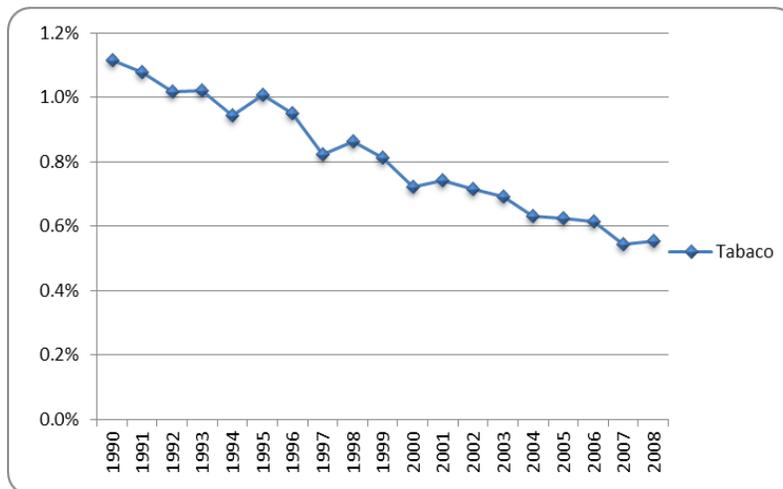
Fig. 3.44. Tasa de crecimiento anual PIB Aluminio y PIB Manufacturero



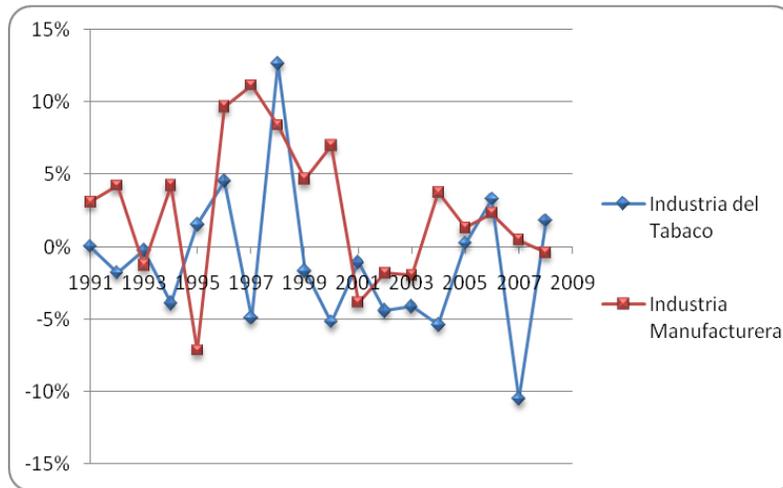
Elaboración propia. Datos INEGI  
 Fig. 3.45. Producción de aluminio y productos de aluminio.

### 3.3.14 Tabaco

La industria del tabaco representó en 1990 el 1.11% del PIB manufacturero y éste cayó a 0.58% en 2008 (Fig.3.46). A diferencia del PIB manufacturero, el PIB del tabaco tuvo mayores variaciones (Fig.3.47). La disminución del PIB de esta rama industrial estuvo asociada a una caída en la producción de cigarros entre 1996 y 2004 (Fig.3.48).

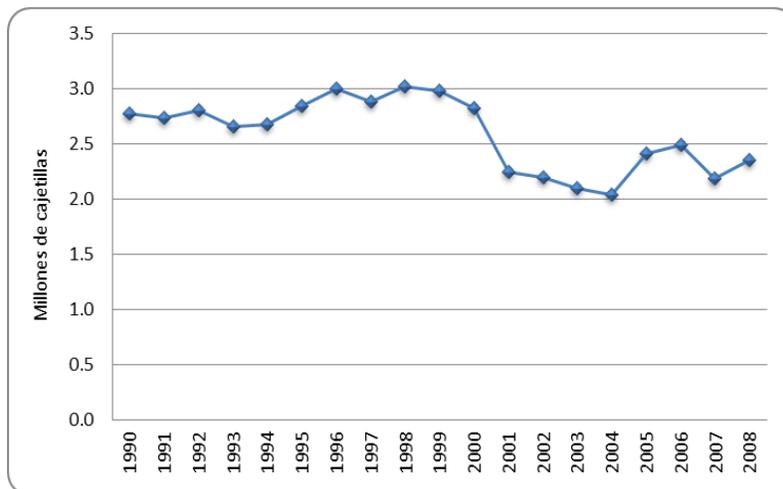


Elaboración propia. Datos INEGI  
 Fig. 3.46. Participación en el PIB manufacturero de la industria del tabaco



Elaboración propia. Datos INEGI

Fig. 3.47. Tasa de crecimiento anual (PIB Tabacalera y PIB Manufacturero)

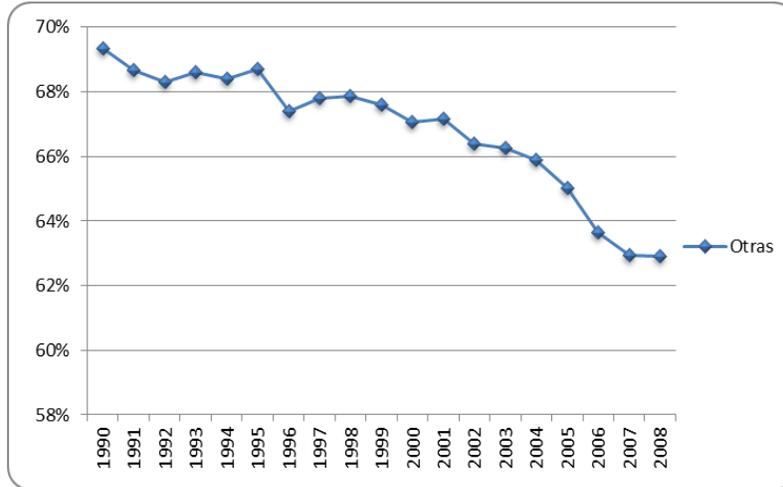


Elaboración propia. Datos INEGI

Fig. 3.48. Fabricación de cigarras

### 3.3.15 Otras industrias

Esta rama incluye a todas aquellas industrias manufactureras que no fueron contabilizadas previamente. Su participación en el PIB manufacturero se redujo de 69.35 a 62.90% como se muestra en la Fig.3.49.



Elaboración propia. Datos INEGI

Fig.3.49. Participación en el PIB manufacturero de "otras industrias"

# CAPÍTULO 4.

## ENERGÍA CONSUMIDA Y EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN MÉXICO 1990-2008

En el presente capítulo se analizan las tendencias del consumo de energía y de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la industria manufacturera mexicana de forma general y para cada una de las ramas o sub-sectores de mayor consumo de energía. Asimismo, se analiza la intensidad energética, es decir el consumo de energía por unidad de producto interno bruto (PIB) para todo el sector y para cada rama industrial o sub-sector. Finalmente se presenta el cambio en la estructura de combustibles a partir del indicador de contenido de carbono en el consumo de energía.

### 4.1 Consumo y fuentes de energía: aspecto general

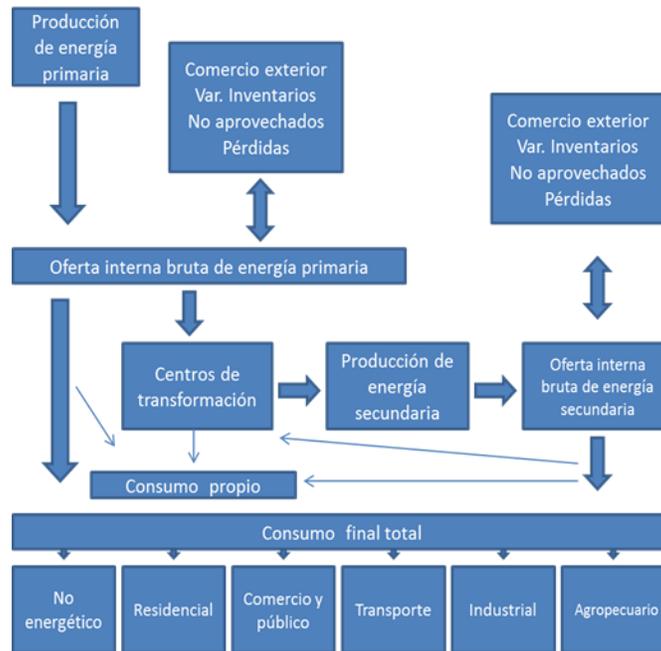
La energía es una materia prima predominante y fundamental para el funcionamiento de las economías industrializadas y en transición (Catalán y Sánchez, 2009).

Sheinbaum (1997) explica que el sistema energético está constituido por diversas cadenas que van desde la explotación de las fuentes primarias hasta el consumo final. Las llamadas fuentes primarias de energía son aquellas que no han sufrido un proceso de transformación y que se encuentran como tales en la naturaleza. Tal es el caso del petróleo, el gas natural, el carbón, la geotermia, el uranio, las caídas de agua, la biomasa, el viento, la energía solar y la mareomotriz.

Una vez que las fuentes de energía primaria son explotadas, existen diversos mecanismos de transformación. El petróleo crudo se transporta hasta las refinerías, en donde es transformado en energía secundaria como la gasolina, el diesel, el combustóleo, el gas licuado de petróleo, las querosines o el combustible para aviones. El carbón puede ser utilizado como tal, o transformado en coque en las plantas de coque. El gas natural, en algunos casos, debe pasar por plantas endulzadoras antes de ir al consumidor final.

Los energéticos secundarios pueden ir directamente al consumidor final (industria, transporte, comercios, servicios y hogares) o pueden, al igual que algunas fuentes primarias, ser utilizados para producir electricidad, vapor para distribución centralizada o pueden ser utilizados como materia prima para algunos procesos (como por ejemplo algunos hidrocarburos para la petroquímica).

La energía final es aquella que utiliza directamente el consumidor final. Tal es el caso de los derivados del petróleo (gasolina, diesel, gas licuado de petróleo (GLP), combustóleo, etc.), del gas natural seco, del bagazo de caña y de la electricidad. La Fig. 4.1 muestra el Balance Nacional de Energía.



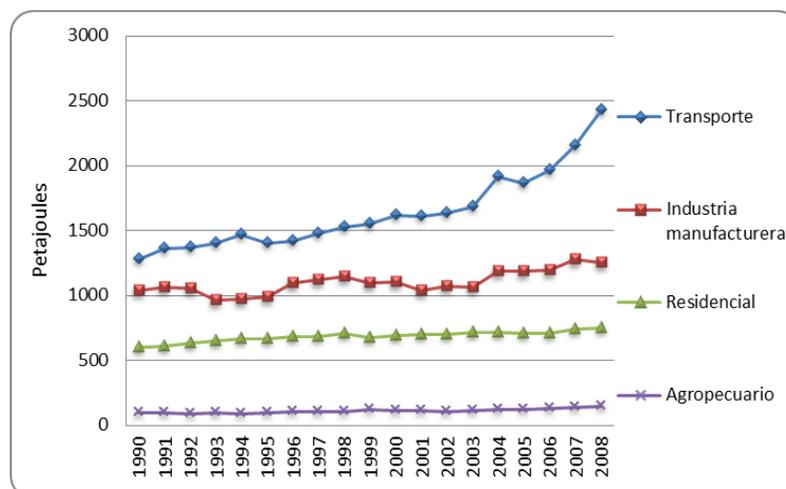
Fuente: Balance de energía 2008, SENER.

Fig. 4.1 Estructura general y flujos energéticos del balance Nacional de Energía.

La energía final para usos energéticos se destina al transporte, a los sectores residencial, comercial y público, al sector agropecuario y a la industria, que a su vez está compuesta por el sector manufacturero, la construcción y la minería.

Entre 1990 y 2008, el consumo final de energía en México creció a una tasa de 2.4% anual. Las tasas de crecimiento anual por sector fueron 3.6% para transporte, 1.3% para el sector residencial, 2.5% para el sector agropecuario, 2.4% para el comercial y público, 2.3% para minería y construcción y 1% para la industria manufacturera (Fig. 4.2).

En 2008, el sector transporte representó el 50.4% del consumo de energía final; siguiendo la industria manufacturera con el 26%, posteriormente el sector residencial con 15.6% y al último los sectores agropecuario y comercial con 3% y 2.6% respectivamente, en el mismo año.



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER.

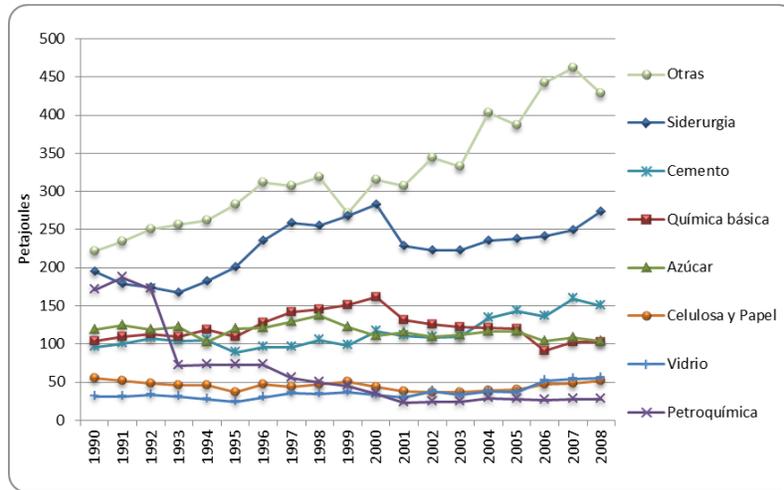
Fig. 4.2 Energía final consumida en México.

## 4.2 Energía final consumida en la industria manufacturera mexicana

La demanda de energía por sub-sector de la industria manufacturera, muestra el notable predominio que tuvo la industria siderúrgica sobre los demás sub-sectores, ya que ocupó el 21.8% del total de consumo de la industria manufacturera en 2008. En ese mismo año, la industria que tuvo el segundo lugar en el consumo de energía fue la del cemento, seguida por la química básica, la fabricación de azúcar, la celulosa y el papel, el vidrio, la petroquímica, cerveza y malta, aguas envasadas, automotriz, hule, aluminio, fertilizantes y tabaco. Las Figs. 4.3 y 4.4 muestran la tendencia del consumo de energía final por sub-sector o rama industrial.

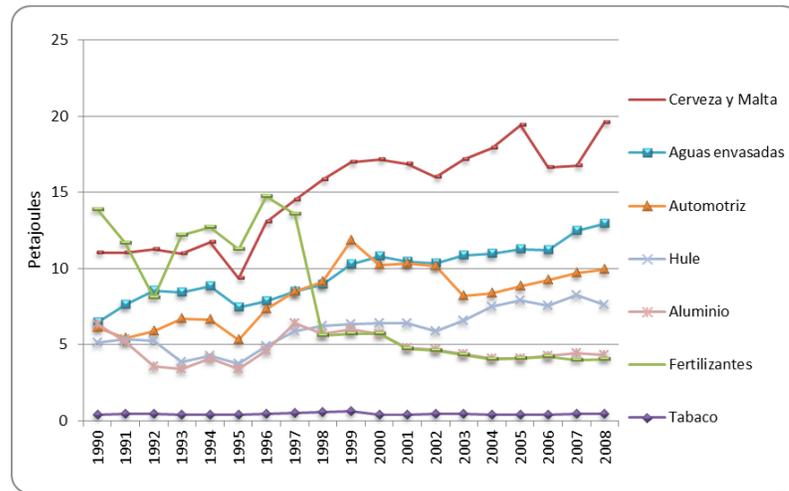
Como puede observarse entre 1990 y 2008, el panorama por sub-sector tuvo importantes cambios. Por ejemplo, la industria petroquímica representaba en 1990 el 16.7% del consumo de energía final de la industria manufacturera mexicana, mientras que en 2008, éste se redujo al 2.2%. La producción de fertilizantes representaba en 1990 el 1.3% del consumo final de energía de su sector y éste se redujo al 0.3%. Esta caída en el consumo de energía estuvo asociada al desplome en la producción de estas ramas, como se explica en el capítulo 3.

A diferencia de estas ramas industriales, la producción de cerveza y malta, aguas envasadas, automotriz y hule, tuvieron un crecimiento importante en el consumo final de energía y por ello en su participación en el consumo final de energía de la industria manufacturera, como se muestra en la Tabla 4.1.



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER.

Fig. 4.3 Energía consumida en la industria manufacturera por sub-sector de mayor consumo



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER.

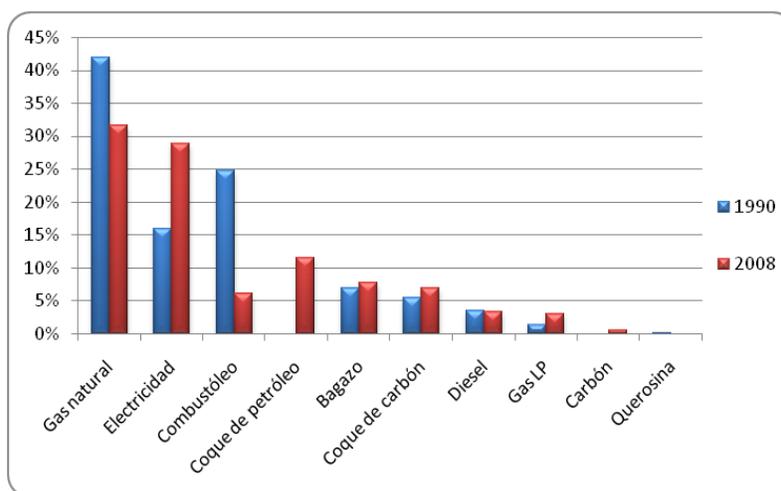
Fig. 4.4 Energía consumida en la industria manufacturera por sub-sector de menor consumo

Tabla 4.1 Contribución de los diferentes sub-sectores al consumo de energía final de la industria manufacturera

	1990	2008
Siderurgia	18.7%	21.8%
Química básica	10.0%	8.2%
Azúcar	11.4%	8.3%
Petroquímica	16.4%	2.2%
Cemento	9.2%	12.0%
Celulosa y papel	5.3%	4.1%
Vidrio	3.0%	4.4%
Cerveza y malta	1.1%	1.6%
Fertilizantes	1.3%	0.3%
Aguas envasadas	0.6%	1.0%
Automotriz	0.6%	0.8%
Hule	0.5%	0.6%
Aluminio	0.6%	0.3%
Tabaco	0.0%	0.0%
Otras	21.3%	34.2%

Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Cada rama industrial requiere diferentes fuentes de energía de acuerdo con los procesos productivos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, tratándose de energía térmica, puede existir sustitución de un combustible por otro con mínimas adecuaciones tecnológicas. Tal es el caso de la sustitución de diesel por combustóleo y viceversa o de estos dos por gas natural. En la industria manufacturera las principales fuentes de energía final utilizadas son el gas natural que representó en 2008 el 31.7%, la electricidad el 28.8%, seguido del coque de petróleo con el 11.6% y el bagazo con el 7.8% (Figs. 4.5 y 4.6).

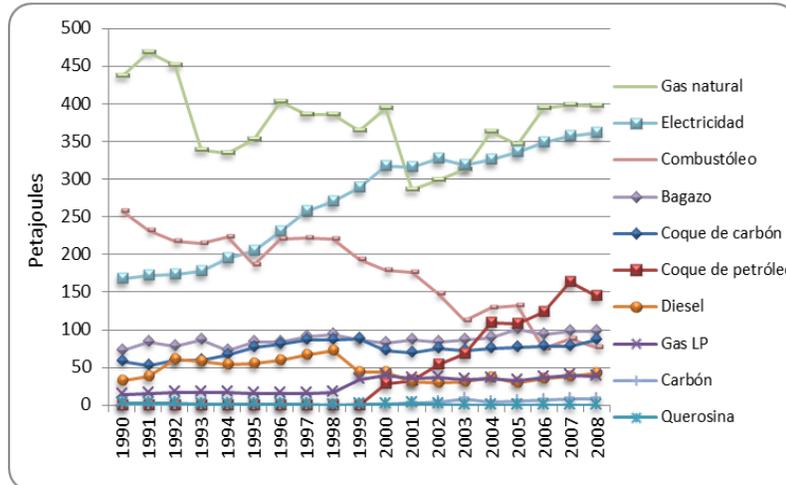


Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.5 Porcentajes de participación de los combustibles en la industria manufacturera en 1990 y 2008

Sin embargo, el combustóleo pasó de ser el segundo combustible más usado en los primeros 4 años de la década de los 90's, al sexto en el 2008. Después del gas natural, la electricidad es la fuente de energía de mayor uso.

Otro combustible es el coque de petróleo que de acuerdo a sus propiedades caloríficas, disponibilidad y bajo costo (Santos y Silva, 2008) fue requerido significativamente desde el año 2000, cuadruplicando su consumo en 8 años y desarrollando la tasa de crecimiento promedio más alta de todos los combustibles empleados en la industria con el 19.3 % anual.



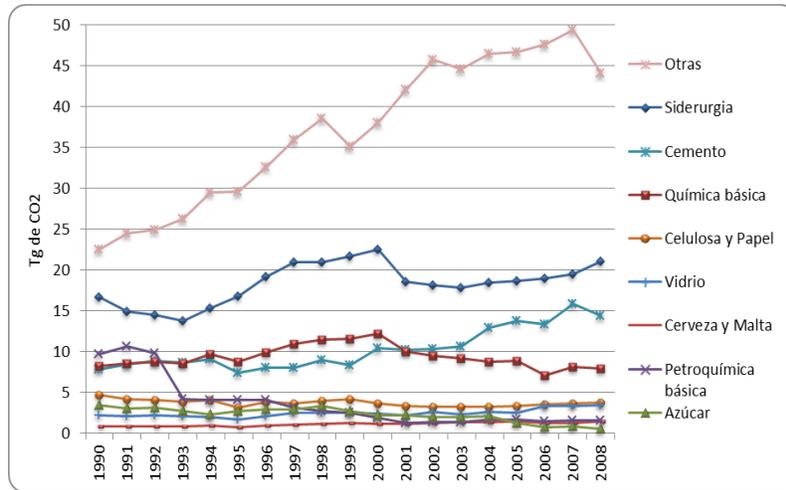
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER  
 Fig. 4.6 Consumo de combustibles en la industria manufacturera

### 4.3 Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de energía de la industria manufacturera mexicana

De acuerdo con la metodología presentada en el Capítulo 2 de esta tesis, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de energía pueden calcularse de acuerdo a un factor de emisión para cada combustible y para la electricidad. En este último caso, el factor de emisión varía de acuerdo con los combustibles utilizados para la generación eléctrica.

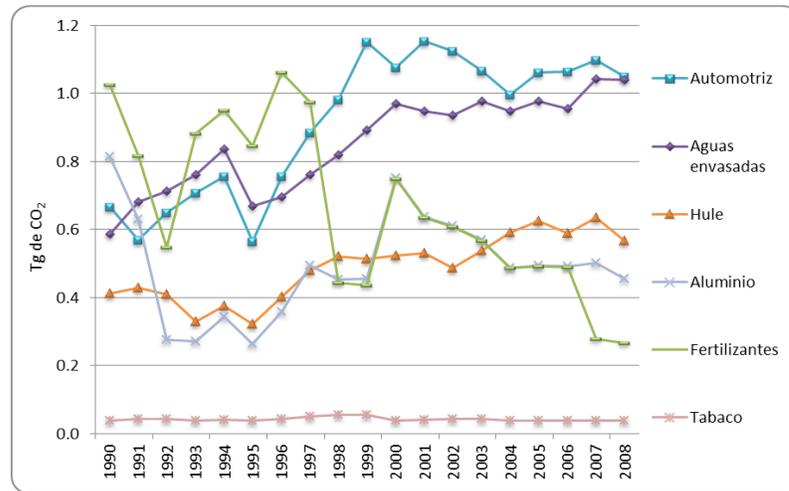
Entre 1990 y 2008, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de energía de la industria manufacturera crecieron de 80.0 a 101.6 Tg de CO<sub>2</sub>, representando una tasa promedio anual de 1.3%.

Las Figs. 4.7 y 4.8 muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> por rama industrial. Claramente, la siderurgia es la rama industrial con mayores emisiones, seguida por el cemento, la química básica, la celulosa y el papel. En 2008, la producción de azúcar representó la cuarta industria con mayor consumo de energía, sin embargo fue la octava industria en términos de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto es así, porque la industria del azúcar incrementó el consumo de bagazo en detrimento de combustóleo. Las emisiones de CO<sub>2</sub> del bagazo, como toda la biomasa son consideradas nulas debido a que a lo largo de la vida de la caña de azúcar las emisiones capturadas son equivalentes a las emitidas.



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER; PICC

Fig. 4.7 Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de energía de sub-sectores de alto consumo de energía



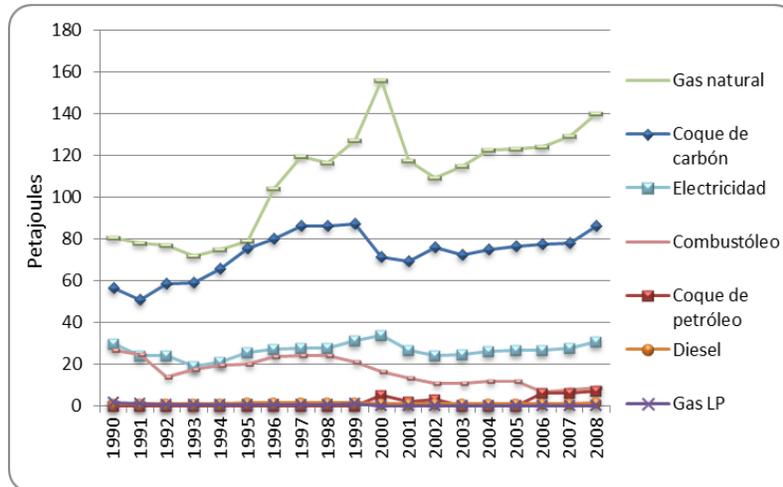
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER; PICC

Fig. 4.8 Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de energía de sub-sectores de bajo consumo de energía

## 4.4 Energía consumida y emisiones de CO<sub>2</sub> por sub-sector industrial

### 4.4.1 Siderúrgica

Es el sub-sector industrial que demanda mayor cantidad de energía. En 1990, utilizó 194.67 PJ y en 2008, 273.3 PJ lo que significó un incremento promedio anual de 1.9%. Los combustibles de mayor demanda y que mayor crecimiento tuvieron en el periodo 1990-2008 fueron el gas natural y el coque de carbón (Fig. 4.9).



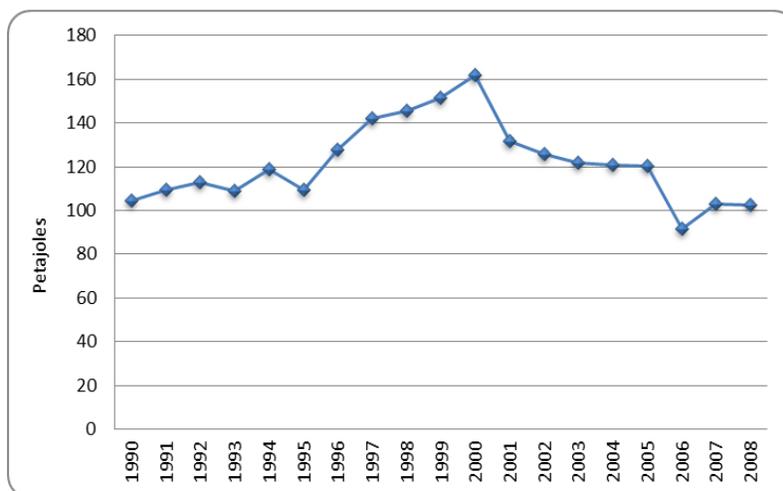
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.9. Energía consumida por combustible en la industria siderúrgica

Las emisiones de CO<sub>2</sub> de esta rama industrial se incrementaron de 16.66 a 21.03 Tg de CO<sub>2</sub>, a una tasa de crecimiento anual de 1.3%, menor a la tasa de crecimiento del consumo de energía. Esto se debe a que creció el uso de gas natural y disminuyó el uso de diesel. El gas natural tiene un factor de emisión menor al del diesel (55.82 vs. 73.33 tCO<sub>2</sub>/TJ).

### 4.4.2 Química básica

Entre 1990 y 2008, la energía consumida de esta rama industrial pasó de 104.31 a 102.41 PJ. Sin embargo, como lo muestra la Fig. 4.10 entre 1990 y el año 2000, el consumo de energía de esta industria creció hasta llegar a 161.75 PJ y luego disminuyó en 2006 a 91.50 PJ y creció de nuevo ligeramente hasta 2008.

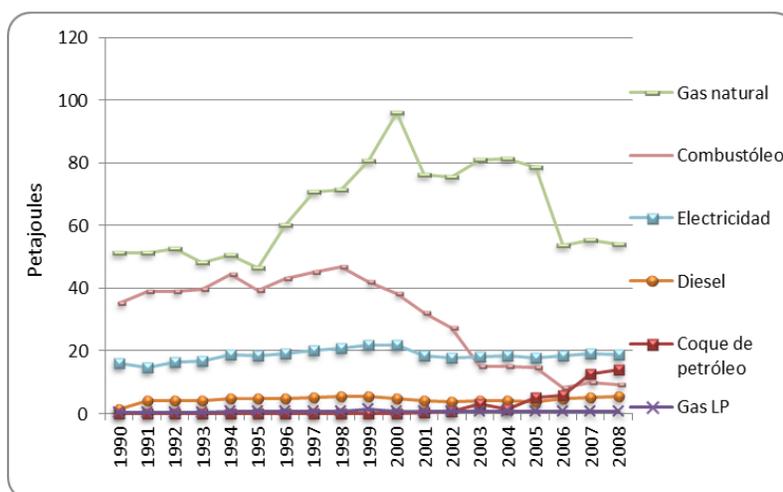


Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.10. Energía final consumida en la industria de la química básica

El gas natural fue su principal fuente de energía. En 1990, el combustóleo ocupaba el segundo lugar en consumo, sin embargo, éste se redujo de forma muy importante. El coque de petróleo también incrementó su participación (Fig. 4.11).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de energía de la industria química básica también disminuyeron en el periodo, pasando de 8.3 a 7.9 Tg de CO<sub>2</sub>. Las emisiones disminuyeron más que el consumo de energía en esta rama industrial, debido al incremento de gas natural en detrimento del uso de combustóleo.

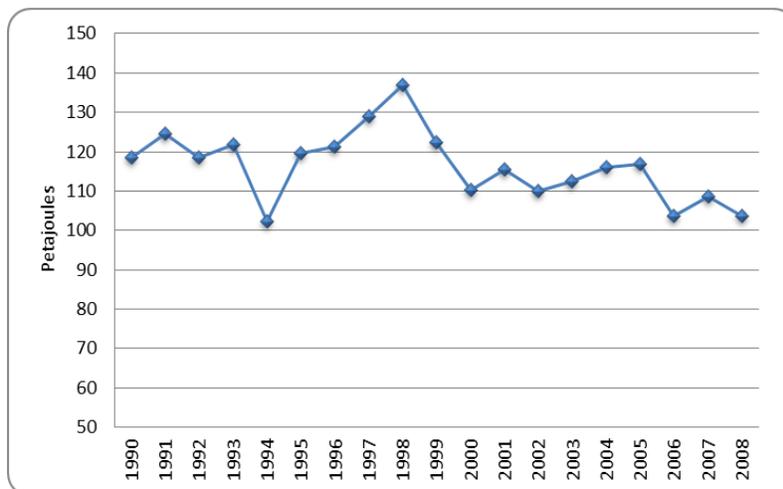


Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.11. Energía consumida por combustible en la industria de la química básica.

### 4.4.3 Azúcar

Entre 1990 y 2008, el consumo de energía final de esta industria disminuyó de 118.57 a 103.68 PJ. Como se muestra en la Fig. 4.12 el consumo de energía decreció significativamente en 1995 debido a la caída en la producción por la crisis económica, se incrementó de 1996 a 1999 y después decreció hasta 2008.

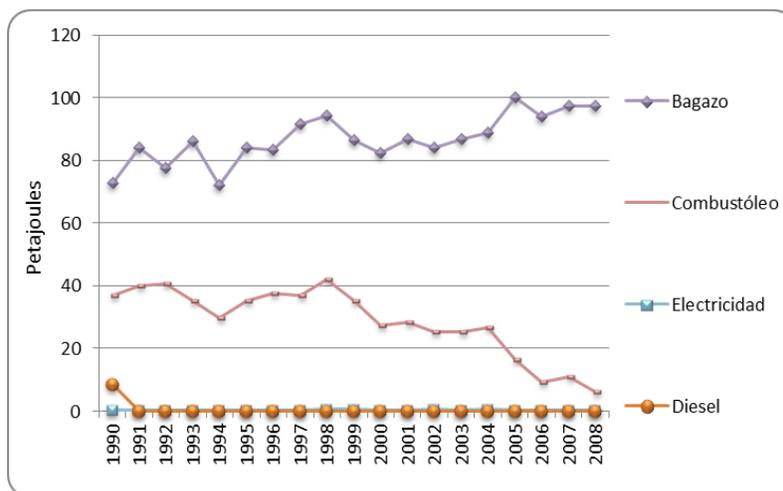


Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.12. Energía final consumida en la industria del azúcar

Por otro lado, el principal combustible de la industria azucarera es el bagazo de caña, que se utiliza para generar calor y electricidad. Este biocombustible representó en 1990 el 61.4% del total de combustibles empleados en esta industria y el 97.8% en 2008. En contraposición, el uso del combustóleo decreció en 10 años (1998-2008) en un 85.6%.

En el caso de la electricidad y el diesel, sus aportaciones no son significativas (Fig. 4.13).



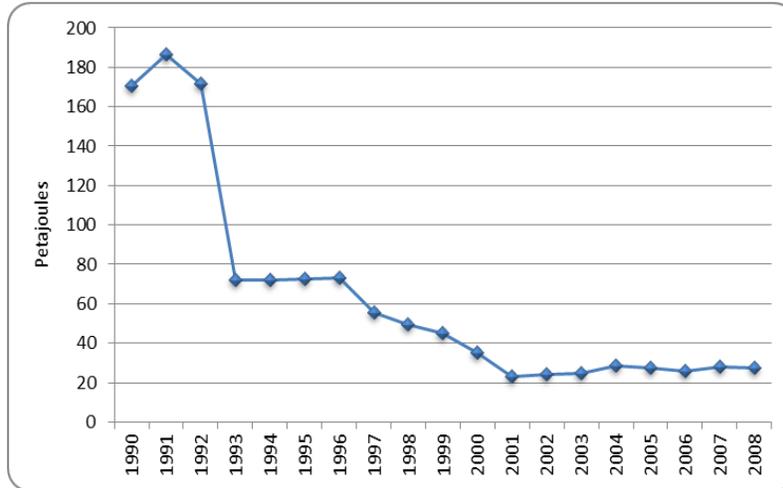
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.13. Energía consumida por combustible en la industria azucarera

Las emisiones de CO<sub>2</sub> de esta rama industrial decrecieron de 3.5 a 0.5 Tg de CO<sub>2</sub>. El decremento tan significativo se explica por el incremento en el uso del bagazo de caña en deterioro del combustóleo.

### 4.4.4 Petroquímica

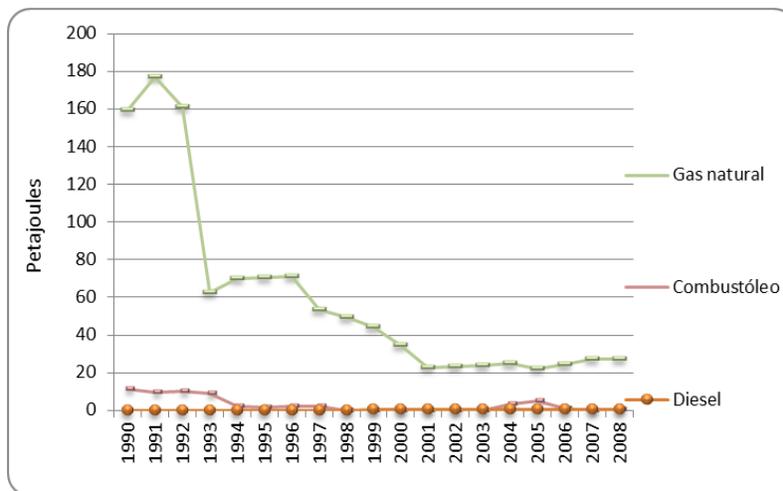
El consumo de energía en este subsector fue significativo hasta 1992, a partir de ese año descendió considerablemente, debido a la caída de su producción como se explica en el capítulo anterior (Fig. 4.14).



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.14. Energía final consumida por combustible en la industria petroquímica

El gas natural es el principal combustible de esta rama y su descenso en todo el periodo fue de 83% (Fig. 4.15).



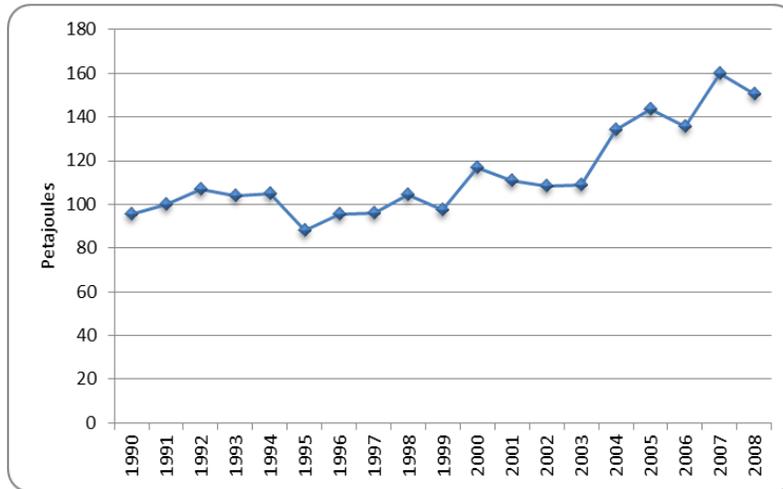
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.15. Energía consumida en la industria petroquímica

En cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, la reducción fue considerable, pues estas pasaron de 9.74 a 1.55 Tg en el periodo analizado.

### 4.4.5 Cemento

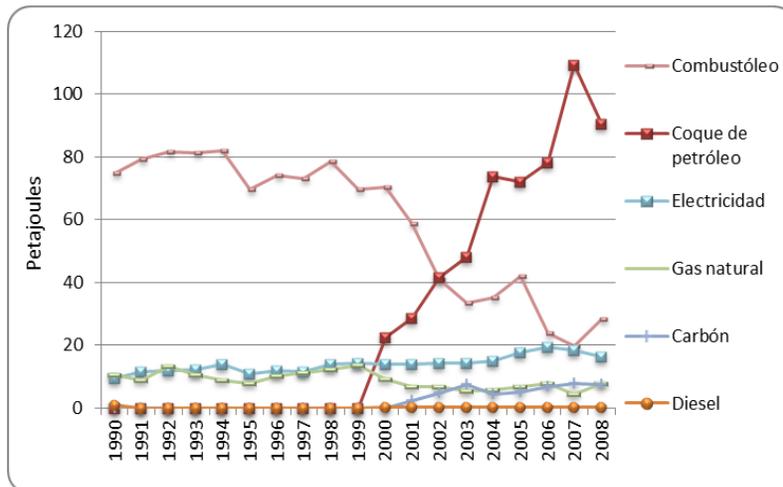
El aumento en el consumo final de energía fue importante, ya que en 1990 esta industria consumió 95.43 PJ y en 2008 150.49 PJ, aun cuando la tendencia tiene altibajos, como se aprecia en la Fig. 4.16.



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.16. Energía final consumida en la industria del cemento

En esta rama industrial, los combustibles de mayor crecimiento fueron el carbón y el coque de petróleo, mientras disminuyó el combustóleo (Fig. 4.17).



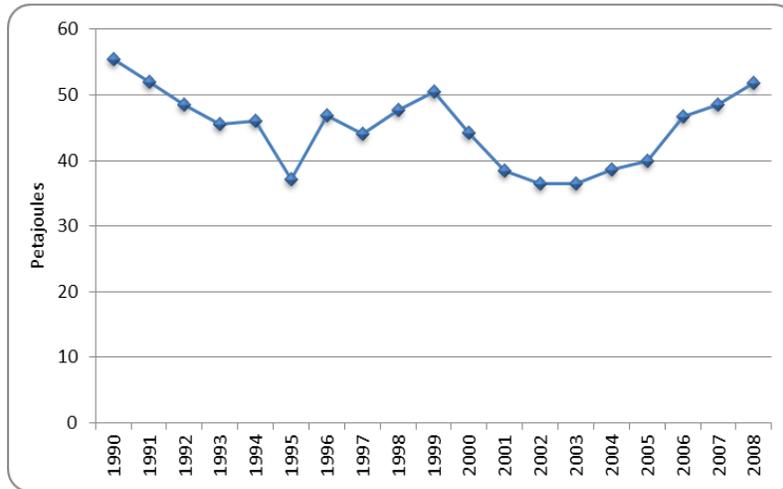
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.17. Energía consumida por combustible en la industria del cemento

Este cambio en la estructura de combustibles provocó un incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub> que pasaron de 7.89 Tg 1990 a 14.37 Tg en 2008.

### 4.4.6 Celulosa y papel

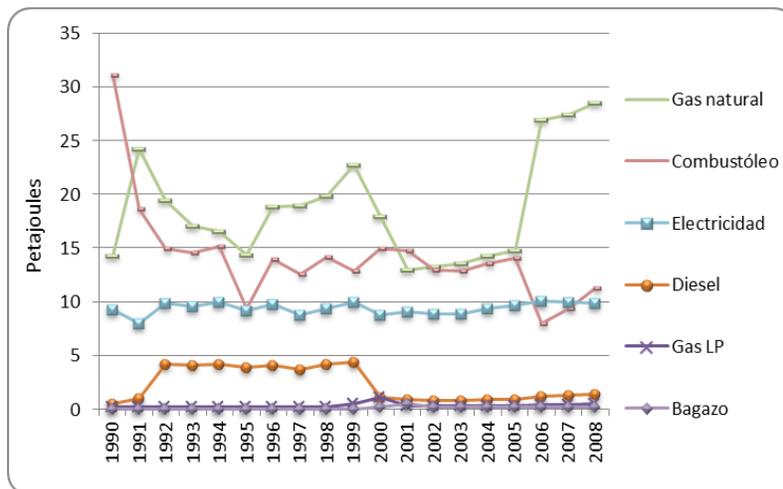
Entre 1990 y 2003, el consumo de energía final para producir celulosa y papel disminuyó en 34% y posteriormente se incrementa hasta el año 2008 en 42%. La caída estuvo asociada a la reducción en la producción de celulosa (como se explica en el capítulo 3) y el incremento, al aumento en la producción de papel (Fig. 4.18).



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.18. Energía final consumida en la industria de celulosa y papel

El gas natural es el combustible más importante de esta rama industrial, sin embargo el combustóleo sigue teniendo significancia. La electricidad se ha mantenido relativamente constante y el diesel tuvo una reducción significativa en el año 2000 (Fig. 4.19).



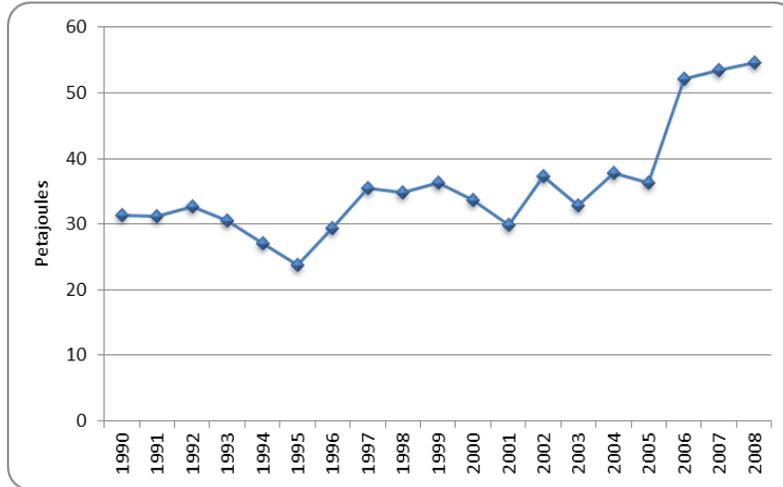
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.19. Energía consumida por combustible en la industria de celulosa y papel

Las emisiones de CO<sub>2</sub> pasaron de 4.73 Tg en 1990 a 3.82 Tg en 2008. La reducción tiene que ver con la disminución general del consumo de energía y la sustitución de gas natural por combustóleo (Fig. 4.19).

### 4.4.7 Vidrio

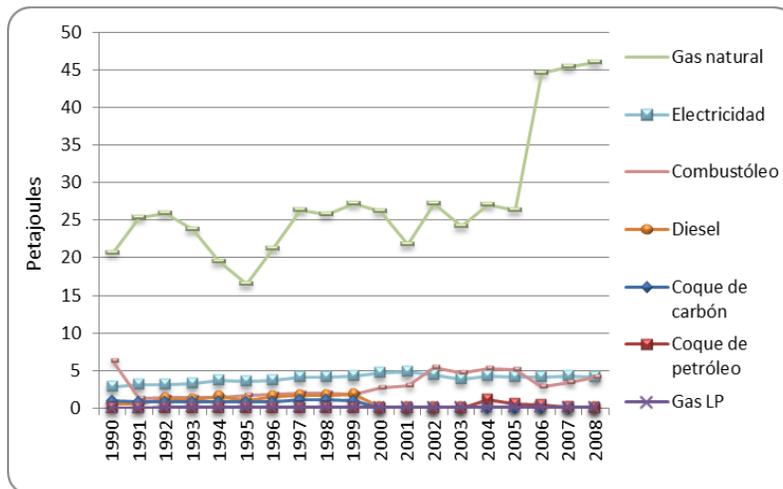
Durante el periodo en estudio, el consumo final de energía en esta industria aumento 74.6% (de 31.31 PJ a 54.69 PJ). El lapso de tiempo en donde tuvo un mayor crecimiento fue de 2005 a 2008, y el periodo en donde sufrió la mayor caída fue de 1992 a 1995 (Fig. 4.20).



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.20. Energía final consumida en la industria del vidrio

En la industria del vidrio, el consumo energético se concentra básicamente en el gas natural creciendo este de manera considerable de 1990 a 2008 en 124% aunque con una caída de 1992 a 1995 (Fig. 4.21).



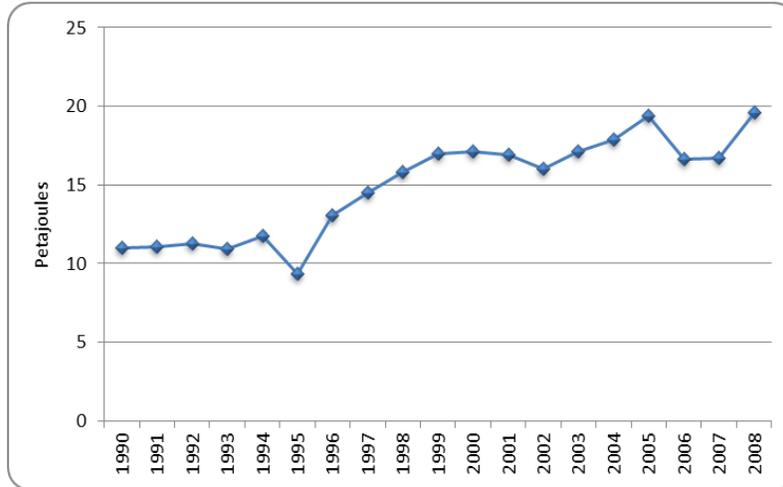
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.21. Energía consumida por combustible en la industria del vidrio

Las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a esta industria fueron de 2.23 Tg de CO<sub>2</sub> en 1990 y 3.43 Tg en 2008, representando un aumento de 53.6%, un comportamiento semejante al del consumo energético.

### 4.4.8 Cerveza y malta

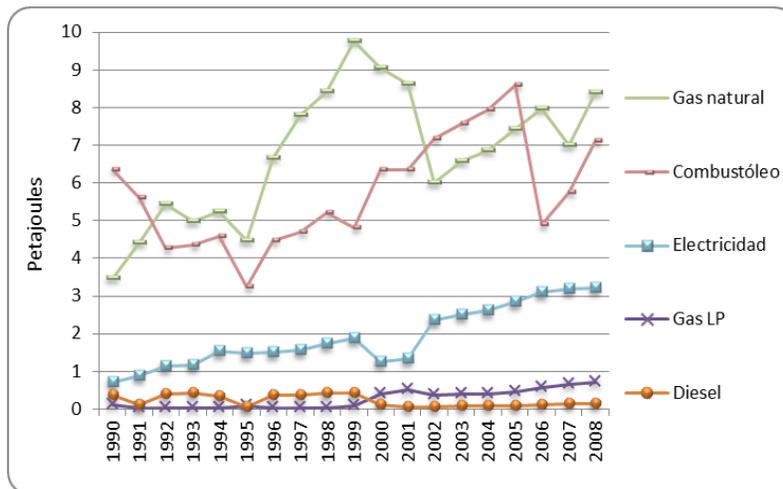
La energía final utilizada por la industria de la cerveza y la malta pasó de 11.02 PJ en 1990 a 19.6 PJ en 2008, lo que representó un aumento total de 77.8% (Fig. 4.22).



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.22. Energía final consumida en la industria de cerveza y malta

Los principales combustibles empleados en esta industria fueron el gas natural y el combustóleo. A diferencia de otras ramas industriales, el uso de combustóleo se incrementa de 1994 a 2005 y aunque cae en 2006, crece nuevamente en 2007 y 2008 (Fig. 4.23).



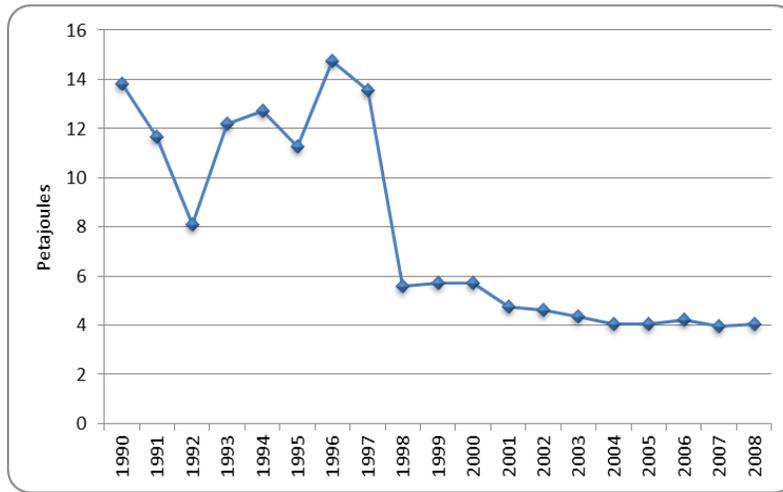
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.23. Energía consumida por combustible en la industria de cerveza y malta

Las emisiones de CO<sub>2</sub>, pasaron de 0.83 Tg de CO<sub>2</sub> en 1990 a 1.47 Tg en 2008.

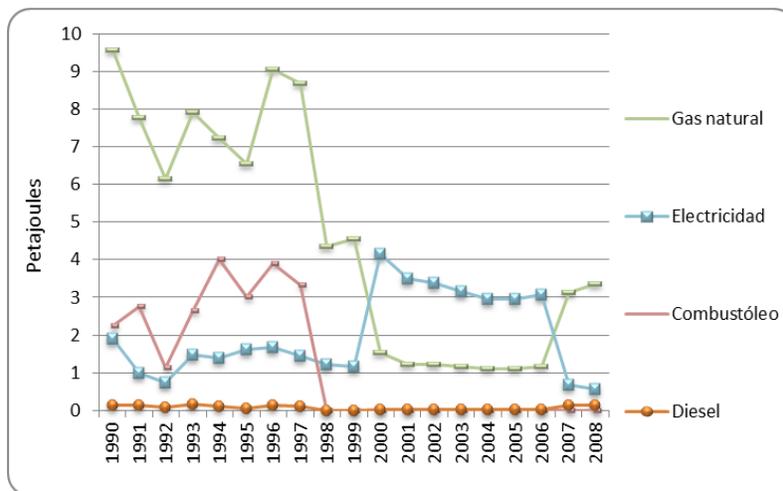
### 4.4.9 Fertilizantes

El consumo de energía para la producción de fertilizantes tuvo una caída del 70.8% en el periodo, debido a la disminución en la producción (Fig. 4.24). Las fuentes de energía con mayor participación son el gas natural y la electricidad. Entre 1999 y 2007, se aprecia claramente una sustitución de gas natural por electricidad (Fig. 4.25).



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.24. Energía final consumida en la industria de cerveza y malta



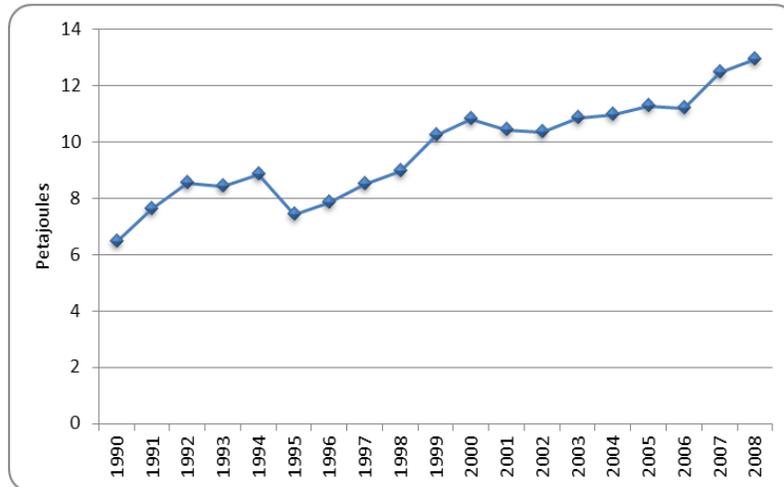
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.25. Energía consumida por combustible en la industria de fertilizantes

Paralelamente al descenso en el consumo final de energía, las emisiones de CO<sub>2</sub> tuvieron el mismo efecto, ya que el valor emitido de CO<sub>2</sub> en 1990 fue de 1.02 Tg y de 0.26 Tg en 2008.

### 4.4.10 Aguas envasadas

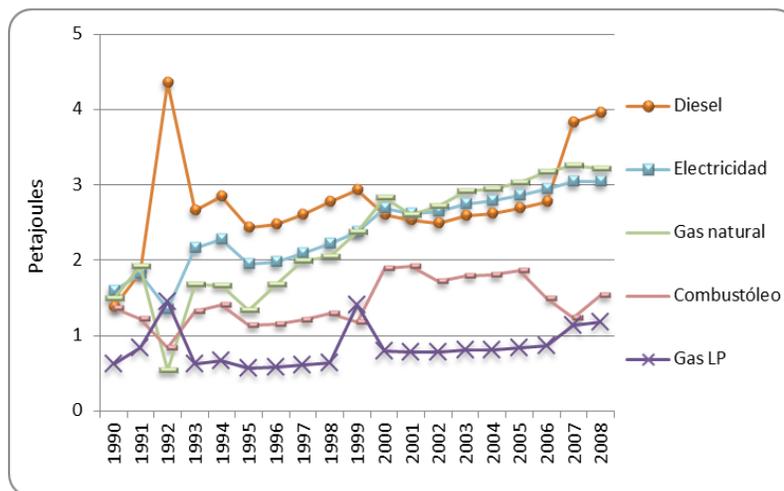
El consumo final de energía de esta rama industrial se duplicó a lo largo del periodo de estudio, pasando de 6.45 PJ en 1990 a 12.94 PJ en 2008, con una ligera caída en 1995 (Fig. 4.26).



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.26. Energía final consumida en la industria de aguas envasadas

El diesel es el combustible de mayor importancia de esta industria, sin embargo la electricidad y el gas natural tuvieron un crecimiento constante de 5% y 6% anual. Para el año 2008, el diesel representó el 31% del consumo de energía final, el gas natural el 25%, la electricidad el 24%, el combustóleo el 12% y el GLP el 1% (Fig. 4.27).



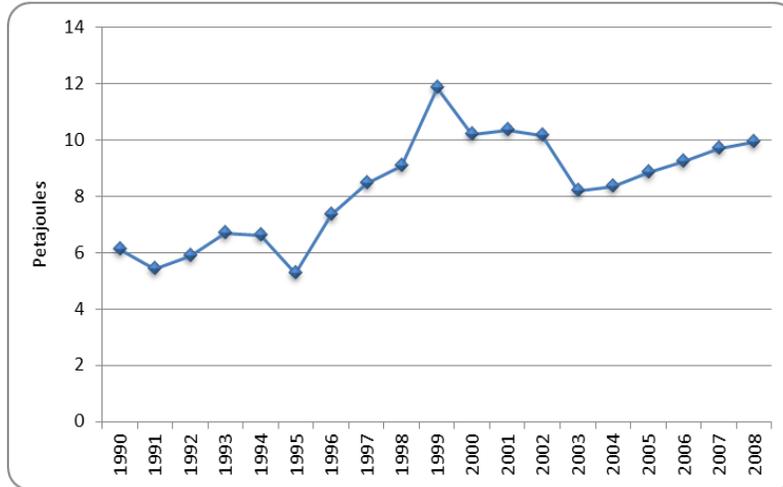
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.27. Energía consumida por combustible en la industria de aguas envasadas

Entre 1990 y 2008 el aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> en esta industria fue de 3.5% promedio anual, ya que pasó de 0.58 a 1.04 Tg de CO<sub>2</sub>.

### 4.4.11 Automotriz

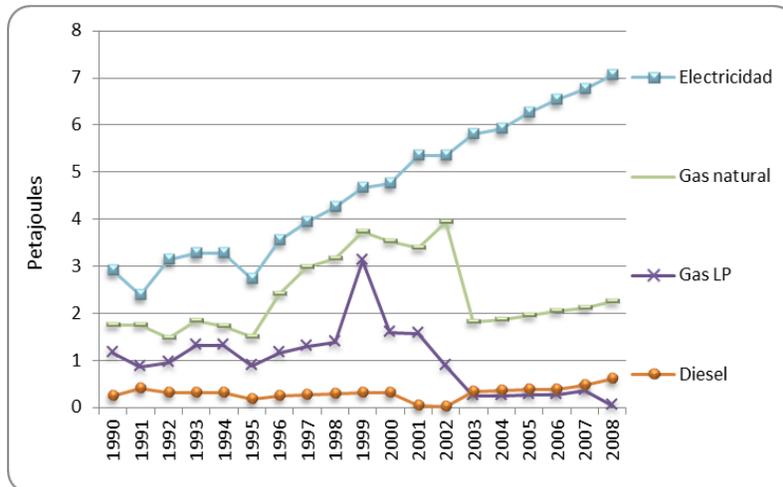
El consumo de energía final de la industria automotriz aumentó de manera acelerada de 1990 a 1999, a una tasa promedio anual de 7.6%, posteriormente hubo un decremento de 4.7% anual hasta el año 2005, para que posteriormente creciera a 5.1% anual, llegando 9.93 PJ en 2008 (Fig. 4.28).



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.28. Energía final consumida en la industria automotriz

Desde 1990 hasta el 2008, la industria automotriz ha venido utilizando la electricidad como la principal fuente de energía final, tal y como se muestra en la Fig. 4.29. El segundo combustible utilizado durante todo este tiempo fue el gas natural alcanzando su máximo nivel de consumo en 2002 con 3.93 PJ y cayendo aceleradamente en 2003 hasta 1.83 PJ.



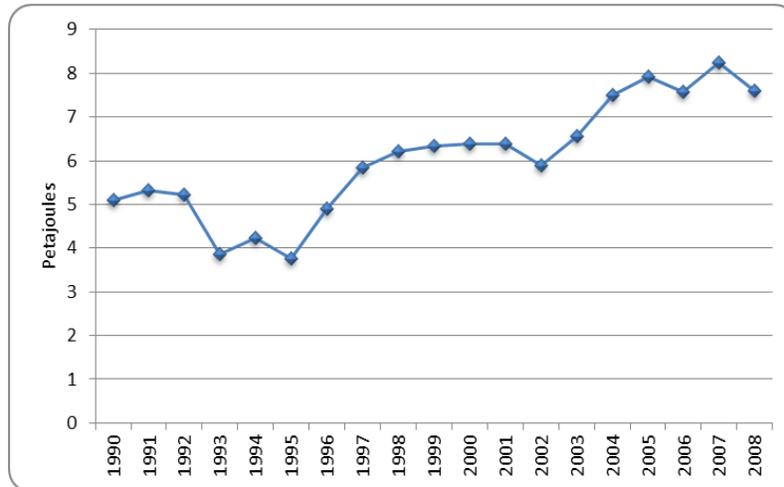
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.29. Energía consumida por combustible en la industria automotriz

Las emisiones de CO<sub>2</sub> registraron crecimiento, pasando de 0.66 Tg en 1990 a 1.05 Tg en 2008.

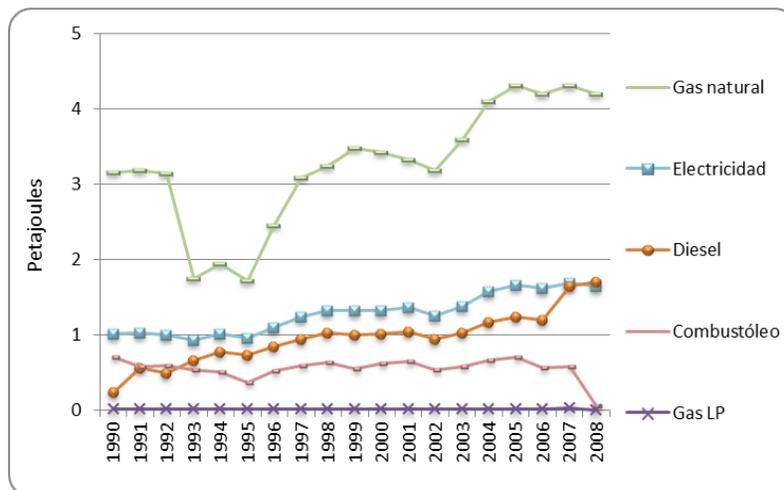
### 4.4.12 Hule

El consumo final de energía de esta industria pasó de 5.1 PJ en 1990 a 7.59 PJ en 2008, aun cuando tuvo caídas en 1993, 1995, 2002 y 2006 (Fig. 4.30).



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER  
 Fig. 4.30. Energía final consumida en la industria del hule

Como se aprecia en la Fig. 4.31 el gas natural fue el principal combustible, seguido por la electricidad y el diesel, el cual registró un importante aumento en 2007 y 2008.

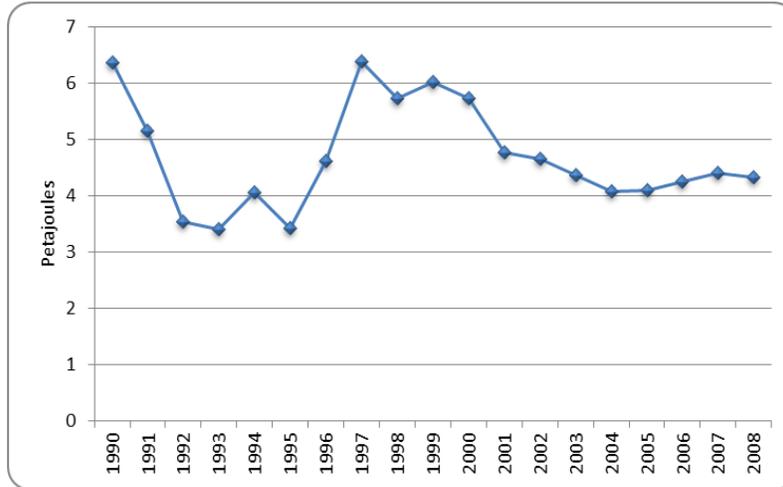


Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER  
 Fig. 4.31. Energía consumida por combustible en la industria del hule

Las emisiones de CO<sub>2</sub> pasaron de 0.41 Tg en 1990 a 0.56 Tg en 2008.

### 4.4.13 Aluminio

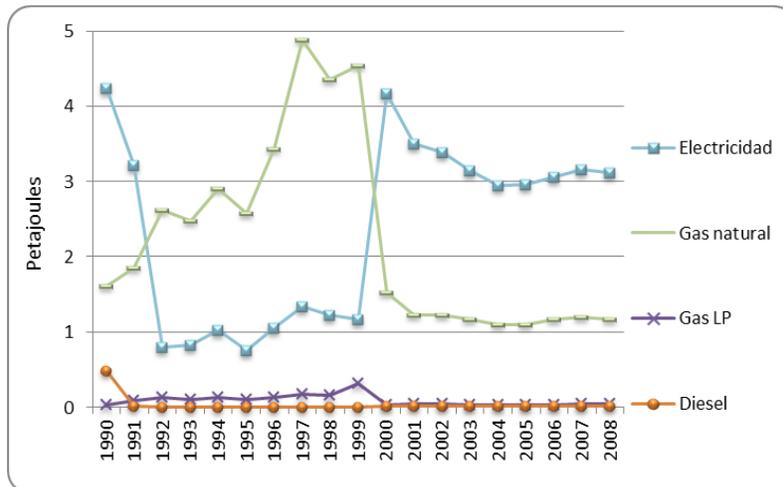
En 1990 la fabricación de aluminio demandó 6.36 PJ de energía final y en 2008, tan sólo 4.33 PJ (Fig. 4.32). Entre 1990 y 1995, el consumo de energía disminuyó en 46%, se incrementó de 1995 a 1996 en 35% y después cae hasta 2008 en 6.2%.



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.32. Energía final consumida en la industria del aluminio

Al analizar la Fig. 4.33, se observa una marcada alternancia en la utilización de electricidad y gas natural. Entre 1992 y 1999 la principal fuente de energía final fue el gas natural y del 2000 al 2008, la electricidad.



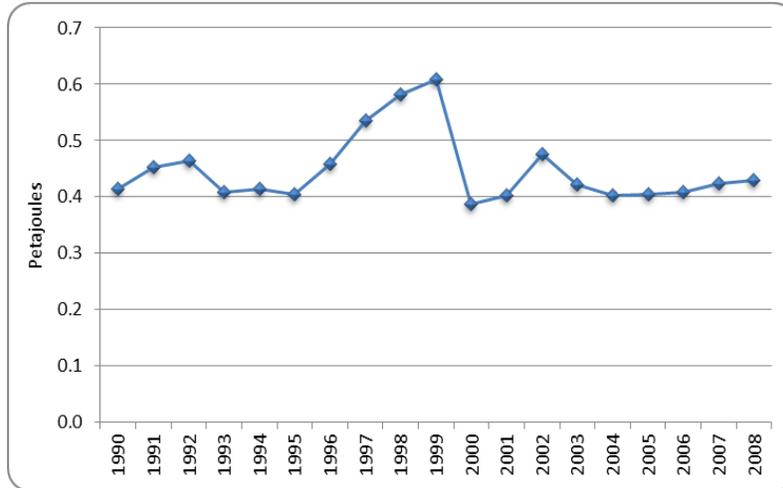
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.33. Energía consumida por combustible en la industria del aluminio

Consistente con la caída en el consumo de energía, las emisiones de CO<sub>2</sub> pasaron de 0.81 Tg en 1990 a 0.45 Tg en 2008.

#### 4.4.14 Tabaco

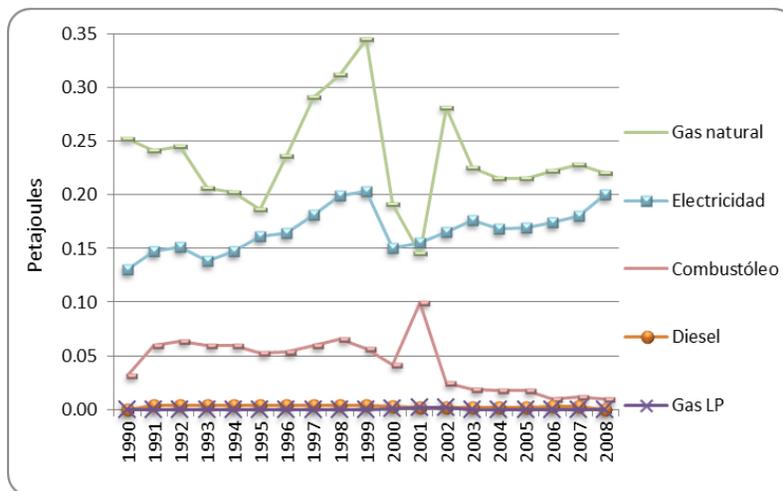
Es el sub-sector industrial de menor consumo de energía final. En 1990, su consumo fue de 0.41 PJ y en 2008, de 0.43 PJ (Fig. 4.34).



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.34. Energía final consumida en la industria del tabaco

Al igual que otras ramas industriales el gas natural fue la principal fuente de energía de la industria del tabaco, aunque tuvo una caída importante en el año 2001 (Fig. 4.35).



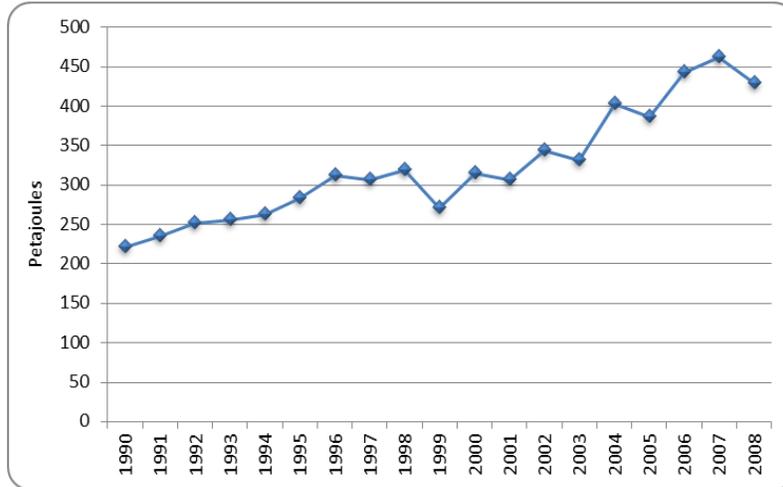
Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER

Fig. 4.35. Energía consumida por combustible en la industria del tabaco

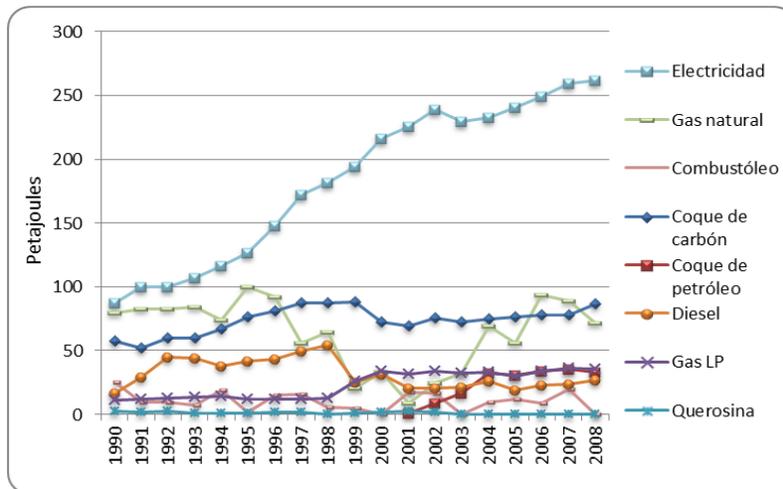
Las emisiones de CO<sub>2</sub> pasaron de 0.037 Tg en 1990 a 0.055 Tg en 1999 y cayeron a 0.038 Tg en 2008.

### 4.4.15 Otras Industrias

El consumo energético de estas ramas pasó de 221.34 PJ en 1990 a 427.95 PJ en 2008 (Fig. 4.36). El mayor consumo lo representó la electricidad (Fig. 4.37). Las emisiones de CO<sub>2</sub> de estas ramas pasaron de 2.25 Tg en 1990 a 4.40 Tg en 2008.



Elaboración propia. Sistema de Información Energética. SENER  
Fig. 4.36. Energía final consumida en otras industrias



Elaboración propia. Sistema de Información Energética, SENER.  
Fig. 4.37. Energía consumida por combustible en las otras industrias

## 4.5 Intensidad energética

La intensidad energética se define como el consumo de energía por unidad de producción (PIB).<sup>2</sup> De esta forma, las industrias que consumen más energía por peso producido serán más intensivas en el uso de la energía.

La disminución en la intensidad energética de una industria representa una reducción del consumo de energía por peso producido. Esta reducción puede estar asociada a una mejora tecnológica que aumente la eficiencia en el uso de la energía, pero también puede estar asociada a cambios en el tipo de productos de una rama industrial.

La Fig. 4.38 presenta la evolución de la intensidad energética para las ramas o subsectores industriales más intensivos en el uso de la energía, mientras la Fig. 4.39 muestra la evolución para las ramas menos intensivas. Los valores numéricos para 1990 y 2008 se presentan en la Tabla 4.2.

El azúcar es la rama industrial más intensiva en el uso de la energía aunque su intensidad energética se redujo en 45% en el periodo de estudio. Posterior al azúcar, las ramas más intensivas son la química básica y la siderúrgica. En estos casos también la intensidad energética se redujo en 25% y 26% respectivamente. La intensidad energética de la industria de fertilizantes tuvo importantes variaciones ya que disminuyó de 1990 a 1992, se incrementó hasta 1997, volvió a disminuir hasta 2001 y creció nuevamente hacia 2008. En todo el periodo, la intensidad energética de la industria de fertilizantes se redujo en 2%.

La intensidad energética de la industria petroquímica se redujo drásticamente de 1991 a 1993 y siguió decreciendo hasta alcanzar en todo el periodo una disminución del 72%. La industria de la celulosa y el papel también redujo su intensidad energética en una forma continua, hasta alcanzar el 44% de disminución en todo el periodo. La intensidad energética de la industria del aluminio también se redujo de forma significativa en 55%.

A diferencia de las ramas industriales mencionadas previamente, la intensidad energética de la industria del cemento tiene un incremento a lo largo del periodo del 10%, sin embargo durante los años 1990 a 1997 presentó una reducción y posteriormente un incremento.

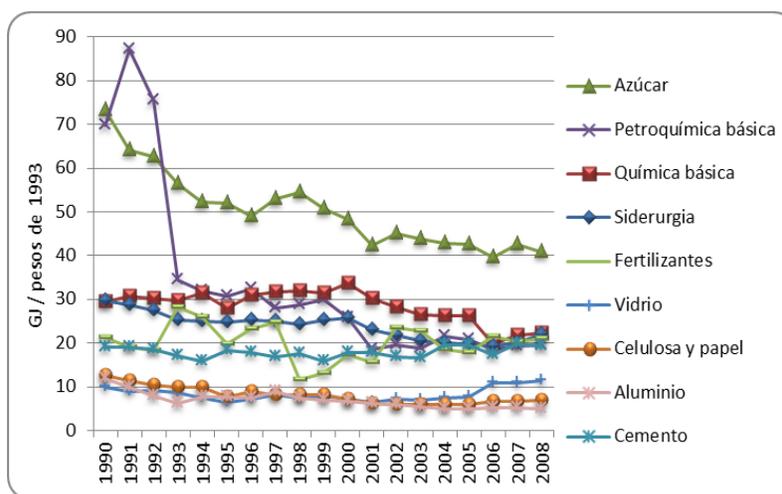
---

<sup>2</sup> El PIB es medido en miles de millones de pesos de 1993

Tabla 4.2 Intensidad energética (GJ/pesos de 1993)

	1990	2008	%
Siderurgia	29.77	22.01	-26%
Química básica	29.55	22.17	-25%
Azúcar	73.27	40.91	-44%
Petroquímica	69.70	19.61	-72%
Cemento	19.03	19.39	2%
Celulosa y papel	12.53	7.02	-44%
Vidrio	9.80	11.31	15%
Cerveza y malta	2.87	2.10	-27%
Fertilizantes	21.34	21.08	-1%
Tabaco	0.18	0.23	28%
Aguas envasadas	1.07	1.12	5%
Automotriz	0.29	0.18	-38%
Hule	2.41	3.11	29%
Aluminio	11.96	5.00	-58%
Otras	1.55	2.04	32%
Total	5.06	3.76	-26%

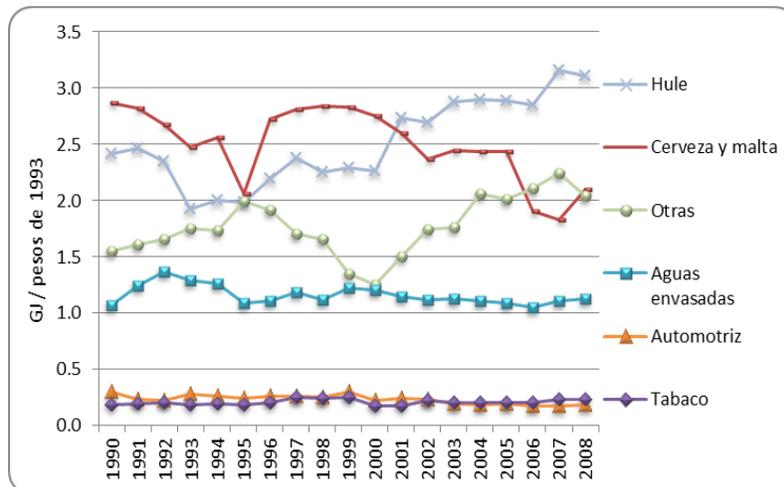
Elaboración propia. Sistema de Información Energética, SENER y Banco de Información Económica, INEGI.



Elaboración propia. Sistema de Información Energética, SENER y Banco de Información Económica, INEGI.

Fig. 4.38. Intensidad energética de industrias más intensivas [GJ/pesos de 1993].

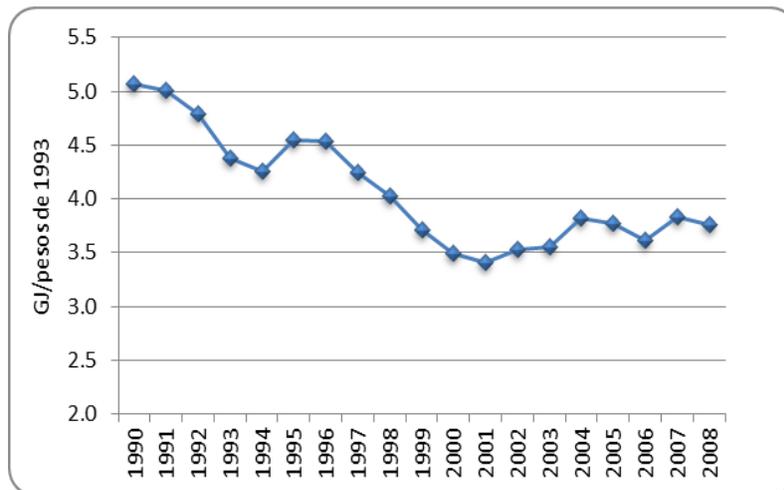
En el caso de las industrias menos intensivas en el uso de la energía (Fig. 4.39), tan solo en el caso de la industria de la cerveza y la malta y en la industria automotriz se registra una reducción del consumo de energía por peso producido de 27% y 56% respectivamente. Sin embargo, en el caso de las industrias del hule, aguas envasadas, vidrio, tabaco y otras, se registra un aumento de la intensidad energética de 30%, 5%, 14%, 29% y 28% respectivamente.



Elaboración propia. Sistema de Información Energética, SENER y Banco de Información Económica, INEGI.

Fig. 4.39. Intensidad energética de industrias menos intensivas.

La Figura 4.40 muestra la intensidad energética del sector manufacturero. La disminución es muy significativa pues pasa de 5.1 GJ/pesos de 1990 a 3.8 GJ/pesos de 1993.



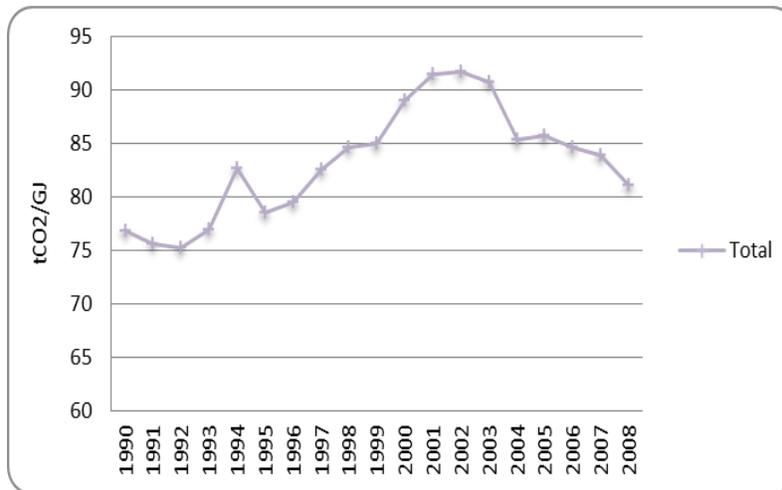
Elaboración propia. Sistema de Información Energética, SENER y Banco de Información Económica, INEGI.

Fig. 4.40. Intensidad energética del sector manufacturero.

## 4.6 Contenido de carbono en el consumo de energía

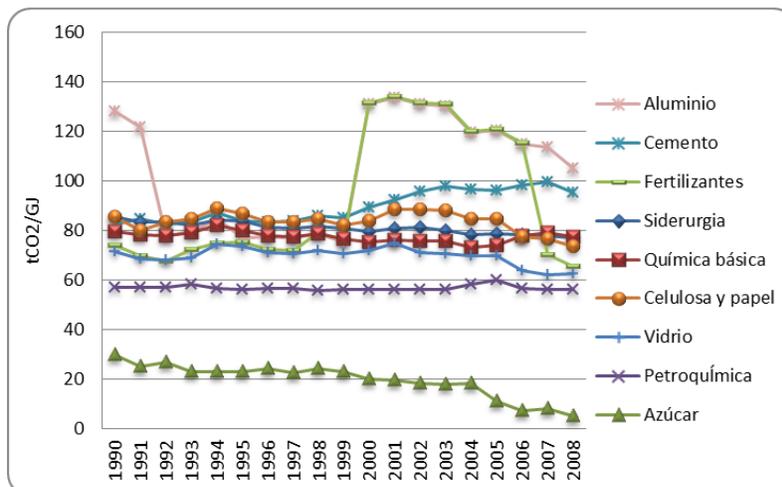
Como se describe en el capítulo de metodología, el contenido de carbono en el consumo de energía (CC) es el resultado de dividir las emisiones de CO<sub>2</sub> entre el consumo de energía para cada año. En las emisiones de CO<sub>2</sub> se incluye las producidas por el consumo de electricidad en la generación.

La Figura 4.41 muestra la variación agregada del CC para el sector manufacturero. Claramente puede observarse que en 2008 el contenido de carbono en el consumo de energía es mayor que en 1990, aun cuando el pico más alto se tuvo en el año 2003. Las Figuras 4.42 y 4.43 muestran este indicador por rama industrial. Las ramas de mayor variación fueron el aluminio, los fertilizantes y otras ramas industriales. En todo el periodo, el contenido de carbono disminuyó en la siderurgia, química básica, azúcar, petroquímica, celulosa y papel, vidrio, fertilizantes, tabaco, automotriz, hule y aluminio, permaneció casi constante para la cerveza y malta y aumentó para el cemento y otras. Aun así, el resultado agregado fue creciente, debido al contenido de carbono tan alto del coque de petróleo, cuyo consumo aumentó significativamente en el cemento (Tabla 4.3).



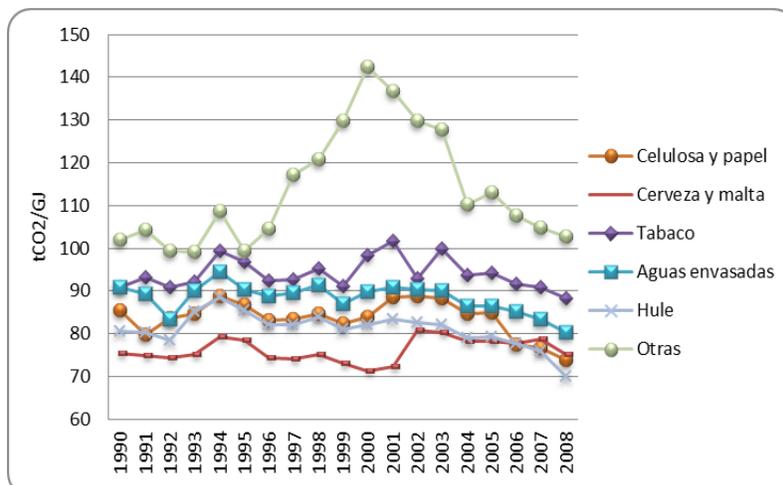
Elaboración propia. Sistema de Información Energética, SENER y Banco de Información Económica, INEGI.

Fig. 4.41. Contenido de carbono en el consumo de energía del sector manufacturero.



Elaboración propia. Sistema de Información Energética, SENER y Banco de Información Económica, INEGI.

Fig. 4.42. Contenido de carbono en el consumo de energía de las ramas más intensivas



Elaboración propia. Sistema de Información Energética, SENER y Banco de Información Económica, INEGI.

Fig. 4.43. Contenido de carbono en el consumo de energía de las ramas menos intensivas

Tabla 4.3 Contenido de carbono en el consumo de energía tCO<sub>2</sub>/GJ

	1990	2008	%
Siderurgia	85.6	76.9	-10%
Química básica	79.5	77.3	-3%
Azúcar	29.5	4.9	-83%
Petroquímica	57.2	56.3	-2%
Cemento	82.7	95.5	15%
Celulosa y papel	85.5	73.8	-14%
Vidrio	71.4	62.7	-12%
Cerveza y malta	75.4	75.1	0%
Fertilizantes	74.0	65.7	-11%
Tabaco	90.8	88.3	-3%
Aguas envasadas	90.8	80.4	-11%
Automotriz	108.7	102.0	-6%
Hule	80.5	69.8	-13%
Aluminio	128.1	105.1	-18%
Otras	101.9	102.7	1%
Total	76.8	81.1	6%

Elaboración propia. Sistema de Información Energética, SENER; PICC (2006).

# CAPÍTULO 5.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el presente capítulo se describen los resultados y las conclusiones obtenidas a través de la aplicación de la metodología de índices de cambio Log Mean Divisia, que explica los cambios en el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> entre 1990 y 2008 producidos por los efectos en la actividad (PIB de la industria manufacturera), la estructura (porcentaje de participación en el PIB de cada rama industrial), la intensidad (consumo de energía por unidad de producción) y el contenido de carbono en el consumo de energía (que refleja el cambio en la estructura de los combustibles).

### 5.1 Resultados agregados para el consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>

La Tabla 5.1 muestra el resultado de la aplicación de la metodología Log Mean Divisia, al consumo de energía en valores absolutos, es decir, la diferencia entre el consumo de energía del año 2008 y el de 1990. La segunda columna muestra los cambios reales. La tercera columna muestra los cambios en la actividad, es decir señala cuáles hubieran sido los cambios en el consumo de energía de cada rama industrial y el total del sector manufacturero, si la estructura (participación de cada rama en el PIB manufacturero) y la intensidad energética de cada rama industrial (energía final entre PIB) se hubieran mantenido constantes en su valor de 1990. La cuarta columna (Estructura) muestra cual hubiera sido el cambio en el consumo de energía si la actividad (PIB del sector manufacturero) y la intensidad energética de cada rama se hubieran mantenido constantes y el único indicador que hubiese variado fuera la estructura. Finalmente, la quinta columna (Intensidad) muestra cual hubiera sido la diferencia en el consumo de energía entre 1990 y 2008 si no hubiesen variado la actividad y la estructura y el único cambio hubiera sido el de la intensidad energética.

Por su parte, la Tabla 5.2 muestra los resultados en porcentaje. En la fila del total puede apreciarse que el consumo de energía entre 1990 y 2008 del sector manufacturero se incrementó en 211.9 PJ, que representó un incremento del 20.4%. La actividad tuvo un impacto positivo en el consumo de energía con 51.5% y la estructura y la intensidad energética tuvieron un impacto negativo con -10.8% y -20.3%.

Análogamente para las emisiones de CO<sub>2</sub>, se hace un análisis similar al del consumo final de energía, sólo que aquí se agrega un factor más que es el índice de carbono en los combustibles, el cual expresa la división entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de energía. Los resultados en valores absolutos se presentan en la Tabla 5.3 y en porcentaje en la Tabla 5.4.

Así entonces, el aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> debido al cambio producto de la actividad hubiera sido de 42.26 Tg (52.9%) si la estructura, la intensidad y el contenido de carbono se hubieran mantenido constantes a su valor de 1990.

El cambio en la estructura fue negativo y hubiese representado una disminución de 9.1% en las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector manufacturero, la intensidad energética también representó una reducción del 10.9% y el contenido de carbono en el consumo de energía del 5.8%.

El análisis más detallado de consumo de energía final y emisiones de CO<sub>2</sub> para cada rama industrial se describe a continuación.

Tabla 5.1. Cambios en el consumo final de energía de la industria manufacturera mexicana

PJ	Cambios reales (1990-2008)			
	Actividad	Estructura	Intensidad	
Siderurgia	78.6	112.2	36.3	-69.9
Química básica	-1.9	50.0	-22.2	-29.7
Azúcar	-14.9	53.7	-3.9	-64.7
Petroquímica	-142.8	38.0	-81.3	-99.5
Cemento	55.0	58.5	-5.8	2.3
Celulosa y papel	-3.6	25.9	1.6	-31.1
Vidrio	23.4	20.3	-2.9	6.0
Cerveza y malta	8.6	7.2	6.1	-4.7
Fertilizantes	-9.8	3.9	-13.6	-0.1
Aguas envasadas	6.5	4.5	1.5	0.5
Automotriz	4.2	3.9	4.1	-3.8
Hule	3.0	3.1	-1.8	1.7
Aluminio	-2.0	2.6	0.0	-4.6
Tabaco	0.0	0.2	-0.3	0.1
Otras	207.5	151.9	-30.6	86.2
<b>Total</b>	<b>211.9</b>	<b>536.0</b>	<b>-112.7</b>	<b>-211.5</b>

Elaboración propia.

Tabla 5.2. Cambios porcentuales en el consumo final de energía

%	Cambios actuales (1990-2008)	Actividad	Estructura	Intensidad
Siderurgia	40.4%	57.6%	18.7%	-35.9%
Química básica	-1.8%	48.0%	-21.3%	-28.5%
Azúcar	-12.6%	45.3%	-3.3%	-54.6%
Petroquímica	-83.8%	22.3%	-47.7%	-58.4%
Cemento	57.7%	61.3%	-6.0%	2.4%
Celulosa y papel	-6.5%	46.8%	2.8%	-56.1%
Vidrio	74.8%	64.9%	-9.2%	19.1%
Cerveza y malta	77.8%	65.4%	55.0%	-42.6%
Fertilizantes	-70.7%	27.9%	-97.9%	-0.7%
Aguas envasadas	100.6%	70.0%	24.0%	6.6%
Automotriz	68.1%	63.5%	67.3%	-62.7%
Hule	59.3%	61.7%	-34.7%	32.4%
Aluminio	-31.8%	40.2%	0.5%	-72.5%
Tabaco	3.9%	49.3%	-70.6%	25.2%
Otras	93.8%	68.6%	-13.8%	39.0%
<b>Total</b>	<b>20.4%</b>	<b>51.5%</b>	<b>-10.8%</b>	<b>-20.3%</b>

Elaboración propia.

Tabla 5.3. Cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> de la industria manufacturera mexicana

Tg	Cambios reales (1990-2008)	Actividad	Estructura	Intensidad	Índice de carbono
Siderurgia	4.370	9.081	2.941	-5.660	-1.992
Química básica	-0.377	3.923	-1.744	-2.328	-0.228
Azúcar	-2.986	0.752	-0.055	-0.905	-2.778
Petroquímica	-8.192	2.162	-4.620	-5.662	-0.071
Cemento	6.480	5.234	-0.515	0.204	1.557
Celulosa y papel	-0.911	2.063	0.123	-2.471	-0.627
Vidrio	1.198	1.351	-0.191	0.399	-0.360
Cerveza y malta	0.640	0.542	0.455	-0.353	-0.004
Fertilizantes	-0.758	0.272	-0.956	-0.006	-0.067
Aguas envasadas	0.455	0.383	0.131	0.036	-0.096
Automotriz	0.384	0.408	0.433	-0.403	-0.536
Hule	0.157	0.235	-0.132	0.123	-0.691
Aluminio	-0.359	0.299	0.003	-0.540	-0.122
Tabaco	0.0004	0.018	-0.026	0.009	-0.002
Otras	21.486	15.540	-3.135	8.825	0.254
<b>Total</b>	<b>21.585</b>	<b>42.262</b>	<b>-7.288</b>	<b>-8.3</b>	<b>-4.661</b>

Elaboración propia.

Tabla 5.4. Cambios porcentuales en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

%	Cambios actuales (1990-2008)	Actividad	Estructura	Intensidad	Índice de carbono
Siderurgia	26.2%	54.5%	17.7%	-34.0%	-12.0%
Química básica	-4.6%	47.3%	-21.0%	-28.1%	-2.8%
Azúcar	-85.4%	21.5%	-1.6%	-25.9%	-79.4%
Petroquímica	-84.0%	22.2%	-47.4%	-58.1%	-0.7%
Cemento	82.1%	66.3%	-6.5%	2.6%	19.7%
Celulosa y papel	-19.3%	43.6%	2.6%	-52.2%	-13.2%
Vidrio	53.6%	60.5%	-8.6%	17.9%	-16.1%
Cerveza y malta	77.1%	65.3%	54.8%	-42.5%	-0.5%
Fertilizantes	-74.0%	26.6%	-93.4%	-0.7%	-6.6%
Aguas envasadas	77.6%	65.4%	22.4%	6.2%	16.5%
Automotriz	57.8%	61.3%	65.1%	-60.6%	-8.1%
Hule	38.2%	57.2%	-32.1%	30.0%	-16.8%
Aluminio	-44.1%	36.7%	0.4%	-66.2%	-15.0%
Tabaco	0.9%	48.6%	-69.6%	24.8%	-2.9%
Otras	95.3%	68.9%	-13.9%	39.1%	1.1%
<b>Total</b>	<b>27.0%</b>	<b>52.9%</b>	<b>-9.1%</b>	<b>-10.9%</b>	<b>-5.8%</b>

Elaboración propia.

## 5.2 Resultados por rama industrial

### 5.2.1 Siderúrgica

Esta rama industrial es la que consume más energía. El aumento real en el consumo final de energía fue de 78.6 PJ de 1990 a 2008 y en las emisiones de 4.37 Tg de CO<sub>2</sub>. El efecto de la actividad en el consumo de energía representó un incremento de 57.6%, y el de la estructura, un aumento del 18.7%. A diferencia de estos factores, la intensidad energética representó un decremento del 35.9%.

En las emisiones de CO<sub>2</sub>, el efecto de la actividad representó un incremento de 54.5%, el de la estructura, 17.7%, mientras la intensidad energética y el contenido de carbono en el combustible redujo las emisiones en un 34% y 12% respectivamente. La caída tan importante en la intensidad energética fue debido a una mejora en la eficiencia de la producción de acuerdo con lo publicado en Sheinbaum et al (2010). Asimismo, la disminución en el contenido de carbono fue producto del incremento del uso del gas natural y la disminución del factor de emisión en la electricidad.

### 5.2.2 Química básica

En esta rama industrial hubo un descenso absoluto en el consumo final de energía de 1.8% y en las emisiones de 4.6%. Esta reducción fue provocada en parte por una disminución en la participación de esta rama en el PIB manufacturero; ya que el efecto de la estructura representó una caída del 21% en el consumo de energía y en parte por la intensidad energética, ya que este efecto representó una disminución del 28.5% en el consumo de energía.

La variedad de procesos en esta industria hacen difícil establecer las razones de la disminución de la intensidad energética, sin embargo, es de hacer notar que la producción de esta rama tuvo cambios importantes como lo muestra la Figura 3.10 del capítulo 3. Esto significa que no necesariamente esta rama industrial aumentó su eficiencia, sino que la reducción significativa en el consumo de energía y las emisiones por unidad de PIB pudo deberse al cambio en la elaboración de productos.

Por otro lado, el efecto del contenido de carbono en el consumo de energía, representó una reducción del 2.8% en las emisiones, debido principalmente a la reducción del factor de emisión de la electricidad.

### 5.2.3 Azúcar

Es la industria más intensiva en el consumo de energía. El consumo final de esta industria disminuyó en forma absoluta en 14.9 PJ (12.6%) y las emisiones de CO<sub>2</sub> cayeron en 85.4%. Esta reducción fue producto de una caída en la estructura, la intensidad energética y el contenido de carbono.

El cambio en la estructura provocó una caída del 3.3% en el caso del consumo de energía y 1.6% en las emisiones de CO<sub>2</sub>. La intensidad energética representó una reducción del 54.5% en el consumo de energía y 25.9% en las emisiones. Además la disminución del 79.4% producto del contenido de carbono, refleja una disminución en el consumo de diesel y combustóleo (del 7% al 0.1% y del 31% al 5.8%, respectivamente) y el aumento de bagazo (de 61% en 1990 a 94% en 2008).

La disminución en la intensidad energética pudo estar asociada a aumentos en la eficiencia de la producción, pero también al aumento de la producción de azúcar estándar frente a la refinada, ya que esta última utiliza más energía en su producción.

### 5.2.4 Petroquímica

De 1990 a 2008 el consumo de energía final de este subsector disminuyó en un 83.8% y las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 84%. El efecto de la estructura representó un descenso de 47.7% en el consumo de energía y de 47.4% en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto fue producto de la caída en la producción de esta industria. El efecto de la intensidad energética fue de -58.4% en el consumo de energía y de -58.1% en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esta reducción no pudo estar asociada a mejoras tecnológicas puesto que es una de las ramas industriales donde menor inversión hubo. Por esta razón, la disminución en la intensidad pudo estar asociada también a cambios en la elaboración de productos. Por ejemplo, el amoniaco en Pemex petroquímica pasó de representar el 22.7% de la producción de petroquímicos en 1990 a 11.3% en 2008 (Tabla 3.2).

EL efecto del contenido de carbono en el consumo de energía en las emisiones de CO<sub>2</sub>, representó una disminución de tan sólo 0.7%.

### 5.2.5 Cemento

En términos reales, el consumo de energía se incrementó 57.7% y las emisiones de CO<sub>2</sub> en 82.1%. Al descomponer estos valores en los diferentes factores, se encontró que la actividad promovió un aumento en el consumo de energía de 61.3%, mientras la estructura provocó un descenso del 6%. En esta industria, la intensidad energética implicó un aumento del consumo de energía del 2.6%.

Por otro lado, el efecto del contenido de carbono en el combustible representó un aumento del 19.7% en las emisiones, debido principalmente al incremento en el uso del coque de petróleo.

### 5.2.6 Celulosa y Papel

En esta industria, el consumo de energía cayó en términos reales en 6.5% y las emisiones en 19.3%. En este caso, el efecto de la estructura fue positivo (2.8% en el consumo de energía y 2.6% en las emisiones), mientras el efecto en la intensidad y el contenido de carbono fueron negativos. El efecto de la intensidad en el consumo de energía fue de -56% y el del contenido de carbono en las emisiones de CO<sub>2</sub> fue de -13.2%.

La reducción tan significativa en la intensidad energética se debió fundamentalmente a la disminución en la producción nacional de celulosa y de papel reciclado (Tabla 3.3 y Fig. 3.22).

### 5.2.7 Vidrio

El aumento en el consumo final de energía y en las emisiones durante el periodo analizado fue importante, puesto que estos aumentos fueron de 74.8% y 53.6% respectivamente. El análisis de descomposición indica que el aumento en el consumo final de energía debido a la actividad fue de 64.9%, y en las emisiones de CO<sub>2</sub> fue 60.5%. La intensidad energética también representó un aumento en el consumo de energía de 19.1% y en las emisiones de 17.9%. Sin embargo, la estructura implicó una caída del 9.2% en el consumo de energía y de 8.6% en las emisiones. Finalmente, el contenido de carbono en el consumo final de energía significó una disminución del 16.1%.

### 5.2.8 Cerveza y Malta

Esta industria tuvo un ascenso en el consumo final de energía de 8.6 PJ que se traduce en el 77.8%, asimismo el aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> fue de 0.64 Tg que a su vez representó el 77.1%. Los cambios en la actividad y en la estructura hicieron subir el consumo final de energía en 65.4% y 55% respectivamente, además de las emisiones que subieron en 65.3% y 54.8% respectivamente. Contrario a ese comportamiento, el efecto que causó la intensidad energética fue una reducción de ambos parámetros en 42.6% y 42.5%, además del -0.5% de emisiones de CO<sub>2</sub> debido al índice de carbono en la estructura de los combustibles.

### 5.2.9 Fertilizantes

De 1990 a 2008, el consumo final de energía de esta rama industrial disminuyó en un 70.7% y las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 74%, el principal factor que contribuyó a esta disminución en ambos parámetros fue definitivamente el cambio en la estructura pues este conllevó a un descenso en el consumo final de energía del 97.9% y un 93.4% en las emisiones. Paralelamente el efecto de los cambios en la intensidad energética contribuyó únicamente en un ligero descenso en el consumo final de energía y en las emisiones de CO<sub>2</sub> de 0.7%. Finalmente el índice de carbono en los combustibles representó una caída del 6.6%.

### 5.2.10 Aguas envasadas

Es la industria que alcanzó el mayor aumento en el consumo final de energía, puesto que duplicó su valor. El aumento en las emisiones fue del 77.6%. La diferencia radicó en un cambio en el índice de carbono del -16.5%, producto sobre todo de la disminución en el factor de emisión eléctrico.

El efecto de la estructura en el consumo de energía fue positivo con 21% y de la intensidad energética también positivo con un aumento del 6.7%.

### 5.2.11 Automotriz

El crecimiento real en el consumo final de energía fue de 68.1%. El efecto que tuvo debido a los cambios en la actividad y la estructura fueron muy similares pues estos valores llegaron a representar el 63.5% y 67.3%. La intensidad energética representó un decremento del 62.7%.

La caída tan significativa en la intensidad energética probablemente estuvo asociada a un aumento en la eficiencia. El índice del contenido de carbono en las emisiones fue negativo y representó un porcentaje de 8.1% en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 5.2.12 Hule

El análisis de la descomposición muestra que los cambios sufridos en el consumo final de energía y en las emisiones de CO<sub>2</sub> de esta industria fueron de 59.3% y 38.2% respectivamente. La diferencia fue producto de la disminución del contenido de carbono en el consumo final de energía que provocó un decremento del 16.8% en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La estructura tuvo un impacto negativo del 34.7% en el consumo de energía y la intensidad energética tuvo un impacto positivo del 32.4%.

### 5.2.13 Aluminio

El análisis de índices cambio para esta industria muestra que la actividad incrementó el consumo de energía en 40.2% y la estructura en 0.5%. La intensidad energética en cambio provocó una disminución del 72.5%. El impacto de la intensidad energética representó una caída absoluta del consumo de energía de 2 PJ (31.8%). El contenido de carbono en el consumo final de energía representó una disminución de 15% en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 5.2.14 Tabaco

La industria del tabaco tuvo un incremento en el consumo de energía de tan sólo el 3.9%. Esto fue provocado por una disminución del efecto de la estructura del 70.6%, a pesar del aumento provocado por el efecto de la intensidad energética del 25.2%. El contenido de carbono en el consumo de energía, representó una disminución del 2.9% en el periodo.

### 5.2.15 Otras industrias

Para todas las demás ramas industriales, el consumo de energía creció en términos reales en 93.8% y las emisiones en 95.3%. El contenido de carbono en el consumo de energía representó un aumento en las emisiones del 1.1%.

El efecto de la estructura en el consumo de energía fue del -13.8% y de la intensidad energética del 39%.

## 5.3 Conclusiones

El análisis de la tendencia del consumo final de energía en la industria manufacturera mexicana asociando las emisiones de CO<sub>2</sub> entre los años 1990 y 2008 es el fundamento de esta tesis.

Diferentes factores incidieron para que hubiera cambios en el consumo energético y en las emisiones, el Tratado de Libre Comercio, el cambio en la política de precios de combustibles y electricidad, así como diversos procesos de privatización que se vivieron en la época de los noventa, fueron la pauta para que de manera indirecta se gestaran estos cambios.

A lo largo del periodo en estudio la industria manufacturera mexicana sufrió diversas transformaciones, algunas de las ramas industriales que pertenecen a esta industria en los últimos años han dejado de tener el peso específico que tuvieron a principio de la década de los noventa, en cuanto a su actividad y por su puesto en cuanto a su consumo energético como es el caso de la petroquímica que resulta pieza primordial en esta cadena productiva.

A nivel agregado, entre 1990 y 2008, el consumo de energía de la industria manufacturera mexicana aumentó en 211.9 PJ, que representó un 20.4% y las emisiones de CO<sub>2</sub> crecieron en 21.6 Tg, que significó un aumento del 27%.

Las expectativas en cuanto al consumo de energía en el periodo de análisis y de acuerdo con la metodología de índices de cambio Log Mean Divisia, se encontró que el consumo de energía entre 1990 y 2008 hubiera crecido en 51.5% si la estructura y la intensidad se hubieran mantenido constantes a su valor de 1990 y sólo hubiese cambiado la actividad.

Por otro lado, si únicamente hubiera cambiado la estructura, y la actividad y la intensidad se hubieran mantenido constantes a su valor de 1990, el consumo de energía hubiera descendido 10.8% dentro del mismo periodo. Por consiguiente, debido al efecto en la intensidad energética el consumo de energía hubiese caído 20.3% si la producción manufacturera y la estructura se hubieran mantenido invariantes.

No obstante, las emisiones hubiesen aumentado 52.9% si solamente la actividad hubiera cambiado y tanto la estructura, la intensidad y el índice de carbono en los combustibles se hubieran mantenido inalterables en todo el tiempo estudiado.

Por su parte el efecto de la estructura representó una disminución del 9.1%, el de la intensidad un decremento del 10.9% y del contenido de carbono, una disminución del 5.8%.

Ahora bien, en cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, la metodología muestra que los cambios reales en las emisiones aumentaron 27%, ya que, la cantidad de CO<sub>2</sub> emitidos en 1990 en toda la industria manufacturera, fue de 73.58 Tg mientras que en 2008 fue de 101.65 Tg, tomando en cuenta que en 2008 en el mundo se emitieron 5 943.6 Tg de CO<sub>2</sub>, debido a la industria manufacturera y a la industria de la construcción, México ocupó en ese rubro, el lugar 17 a nivel mundial y el segundo en América Latina, sólo después de Brasil, de países emisores de CO<sub>2</sub> (International Energy Agency, 2010).

Aunque, México no tiene compromisos de reducción de emisiones de GEI dentro del protocolo de Kioto, pero tiene otros compromisos como país agrupado en los “no-Anexo 1”, que ha venido cumpliendo. Tales compromisos, son fundamentalmente la elaboración tanto de los inventarios nacionales de emisión de GEI, como las Comunicaciones Nacionales. Así mismo, México ha sido beneficiario de diversos proyectos dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Recientemente, el país publicó la Estrategia Nacional de Cambio Climático y posteriormente el Programa Especial de Cambio Climático, donde se establecen escenarios de reducción de emisiones de GEI.

Por otro lado, el análisis por rama industrial muestra que diversas ramas tuvieron un decremento absoluto en el consumo de energía y en las emisiones de CO<sub>2</sub>. En tal caso están la química básica, el azúcar, la petroquímica, los fertilizantes, la celulosa y el papel y el aluminio. En los primeros cuatro casos, la disminución en el consumo de energía y las emisiones estuvo asociada a una disminución en la estructura y en la intensidad energética. En el caso de la celulosa y el papel y el aluminio el efecto de la estructura fue positivo y el de la intensidad energética fue negativo.

El efecto de la estructura también fue negativo para las ramas industriales del cemento, vidrio, hule, tabaco y otras ramas industriales, mientras que tuvo un impacto al alza para la siderurgia, la cerveza y malta, aguas envasadas y la industria automotriz.

El efecto de la intensidad energética provocó una disminución en el consumo de energía para las ramas de la siderurgia, química básica, azúcar, petroquímica, celulosa y papel, cerveza y malta, fertilizantes, automotriz y el aluminio. Sin embargo, no en todos los casos puede establecerse que la disminución en la intensidad energética se debió a cambios tecnológicos que provocaron mayor eficiencia en el consumo de energía. En algunos casos es claro que el efecto negativo de la intensidad energética pudo haber sido provocado por cambios en la estructura de la elaboración de productos. Casos en donde es claro que hay cambios en la elaboración de productos son la química básica, azúcar, petroquímica y celulosa y papel.

Esto implica que un cambio en la intensidad energética puede tener diversas causas y no necesariamente aumento en la eficiencia energética de la producción. Para ello deben hacerse estudios más detallados de cada rama industrial.

Finalmente, las ramas industriales que tuvieron una disminución del contenido de carbono en el consumo de energía final fueron la siderurgia, el azúcar, la química básica, el vidrio, celulosa y papel, petroquímica, cerveza y malta, aguas envasadas, automotriz, hule, aluminio, fertilizantes y tabaco. Para el cemento y otras ramas industriales el índice de carbono fue positivo debido al aumento en el uso del coque de petróleo.

## REFERENCIAS

Ang, B.W. Pandiyan, G. 1997. Decomposition of energy-induced CO<sub>2</sub> emissions in manufacturing. *Energy Economics* 19 (3): 363-374.

Ang, B.W. Zhang, F.Q., 2000. "A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies", *Energy* 25 (2000) 1149–1176

Ángeles, 1996. Acerca de la importancia de la petroquímica y la privatización desnacionalizadora", *Problemas del Desarrollo*, vol. XXVII. núm. 104, enero-marzo, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, México, pp. 23-58.

Catalán y Sánchez, 2009. Prospectiva del consumo de energía y su impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El caso de México  
<http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/360/02horacio.pdf>

de la Madrid Cordero, E. 2010. La Situación de la Industria de la Celulosa y el Papel en el Mundo. *Financiera Rural*.  
<http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Articulos%20FR/Microsoft%20Word%20-%20art%C3%ADculo%20Celulosa%20y%20Papel.pdf>

Divisia F. L'indice monetaire et al theorie de la monnaie. *Revue Divisia Economic Politique* 1925;9(2):109–35.

INEGI. 2010. Banco de Información Económica. Series que ya no se actualizan. Cuentas Nacionales.  
<http://www.inegi.org.mx>

INEGI. 2010. Banco de Información Económica, encuesta industrial mensual, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <http://www.inegi.org.mx>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. 2010. CO<sub>2</sub> EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION HIGHLIGHTS.

IPCC; 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"; Reference Manual (Volume 2).

Marrero, G., Ramos-Real F. 2008. La intensidad energética en los sectores productivos en la UE-15 durante 1991 y 2005: ¿Es el caso español diferente? *Fundación de estudios de economía aplicada*. ISSN 1988-785X. Disponible en [www.fedea.es](http://www.fedea.es)

Morales, J., 2010. La Industria de los Hules en México.  
<http://hulesyplasticosdemexico.es.tl/La-Industria-de-los-Hules-en-M-e2-xico.htm>

PEMEX, 1990, Informe de labores. Petroquímica. México D.F.  
<http://www.ri.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=134&catID=12202>

## REFERENCIAS

PEMEX, 2008, Informe de labores. Petroquímica. México D.F.

<http://www.ri.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=134&catID=12202>

Sacristán, E. 2006. Las privatizaciones en México. Economía UNAM 3 (9), 54-64.

Santos y Silva, 2008. Análisis del Consumo de Coque de Petróleo en Algunos Sectores Industriales.

<http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v19n2/art11.pdf>

SENER. 2009. Balance Nacional de Energía, 2008. México D.F: Secretaría de Energía; 2009.

SENER.2010. Sistema de Información Energética. <http://www.sener.gob.mx>.

Sheinbaum C. 1997 Eficiencia energética fuentes renovables de energía. Guía ambiental Coe. De los Angeles Barba, Regina. John. D. MacCarthur Foundation.

Sheinbaum C., Ozawa, L. Castillo D. 2010. Using logarithmic mean Divisia index to analyze changes in energy use and carbon dioxide emissions in Mexico's iron and steel industry. Energy Economics. 32 (6): 1337-1244.

Törnqvist, L., P. Vartia and Y. Vartia (1985), How should relative changes be measured? The American Statistician, 39 (1): 43-46.