

ARTÍCULO

LA INDUSTRIA MEXICANA Y SU INTENSIDAD DE CARBONO

Domingo González

La industria Mexicana y su intensidad de carbono

Resumen

El gobierno Mexicano en un marco de libre mercado internacional ha impulsado el crecimiento de la base industrial con industrias enfocadas a la manufactura y maquila de exportación que ha posicionado a la industria Mexicana como la principal contribución a la economía nacional. Sin embargo, la demanda de energía final y sus emisiones de CO₂ asociadas también han sido influenciadas por tales condiciones económicas. Si bien, a partir de la entrada del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, el desempeño de la industria Mexicana indica una mejora en la eficiencia energética y mitigación de emisiones de CO₂, es a partir del 2003 cuando la intensidad de carbono se incrementa motivada por la recuperación económica de los Estados Unidos, principal destino exportador de los productos Mexicanos. De esta forma y con base en indicadores económicos y energéticos, el presente documento intenta analizar y dar una visión de los factores que han influido en el cambio de tendencias de la intensidad de carbono en la industria y que además nos permitan revelar oportunidades de mitigación de carbono en la industria Mexicana.

Palabras clave: Emisiones industriales de carbono, sector industrial Mexicano, cambio estructural.

Abstract

The Mexican Government has enhanced the industrial base of the country by focusing its efforts to develop the manufacturing and Maquila industries intended to exports; it has put the Mexican industry as the main contributor to the national economy development; however, that economic boost has influenced the final energy consumption and related CO₂ emissions. Since the National Free Trade Agreement among The United States of America, Canada and Mexico came into force in 1994, the CO₂ intensity from the Mexican industry seems to decline because of energy efficiency improvements and environmental regulations; but from 2003 to date, it has increased because of economic recovering in the United States, Mexico's major export partner. Thereby, the present document tries to expose the driving factors on the carbon intensity tendencies by means of economic and energetic indices that show us opportunities to mitigate the carbon emissions in the Mexican industry.

Keywords: Industrial carbon emissions, Mexican industrial sector, structural change.

Introducción

En la actualidad, México es la doceava economía emisora de bióxido de carbono en el mundo y es un país que crece al ritmo de las exportaciones de diversos productos. La liberación de comercio en México ha propiciado que su desarrollo económico se fundamente en actividades industriales de exportación. Al mismo tiempo, el impacto de sus múltiples acuerdos comerciales y de cooperación internacional ha influenciado que el gobierno tome en consideración el concepto de sustentabilidad en la planeación estratégica del Estado. Si bien México plantea su interés en aspectos ambientales y de sustentabilidad a partir de 1992 en la cumbre de Río, es en 1997 cuando mediante la reforma a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la presentación de la primera comunicación nacional sobre Cambio Climático se advierte y plantea el nuevo rol e involucramiento del gobierno en aspectos ambientales y de sustentabilidad. Más adelante vendría la firma del Protocolo de Kioto (1998), tres comunicaciones nacionales sobre cambio climático (2001, 2006, 2009), la implementación de la Estrategia nacional de cambio climático (2007) y el Programa especial de cambio climático (2009) entre otras acciones en beneficio ambiental.

Durante estos últimos 20 años, el sector industrial Mexicano se ha mantenido como el eje principal de la economía nacional. A la vez, el gran potencial exportador también se ha reflejado en la demanda de energía de uso final y sus emisiones de gases de efecto invernadero. La demanda de energía de uso final se incrementó en 32% en el período de 1994 a 2010, mientras que la cantidad de CO₂ emitido pasó de 63 a 82 millones de toneladas.

Tendencias

Con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (1994), México se integra a los Estados Unidos de América y Canadá en la considerada área comercial más grande del mundo. De esta forma, el modelo económico del país se exterioriza a una economía claramente orientada a las exportaciones y el gobierno pone en práctica estrategias de promoción y asistencia a pequeñas, medianas y grandes industrias de carácter exportador con el objetivo de fortalecer la competitividad interna y hacer frente a los mercados internacionales. Entre las estrategias y programas para mejorar la base industrial se destacan: el programa para la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (IMMEX), sistema de regulación de empresas de comercio exterior (ECEX), sistema de promoción de empresas altamente exportadoras (ALTEX) y promoción de exportaciones (FEMEX). Así, tal impulso no sólo ha asistido el desarrollo de la industria Mexicana sino también a mostrado su influencia en la demanda de energía, emisiones de CO₂ y aportación al producto interno bruto por parte de la industria, las tendencias pueden observarse en la figura 1 y tabla 1; brevemente se describen a continuación.

Tabla 1. Indicadores en la industria Mexicana.

Indicador	1994	2003	2010
Energía de uso final (PJ)	1032.5	1143.07	1368.74
Emisiones de CO ₂ (Mt CO ₂)	63.32	65.06	81.63
Producto interno bruto industrial (BUSD 1993)	104.11	131.22	147.78

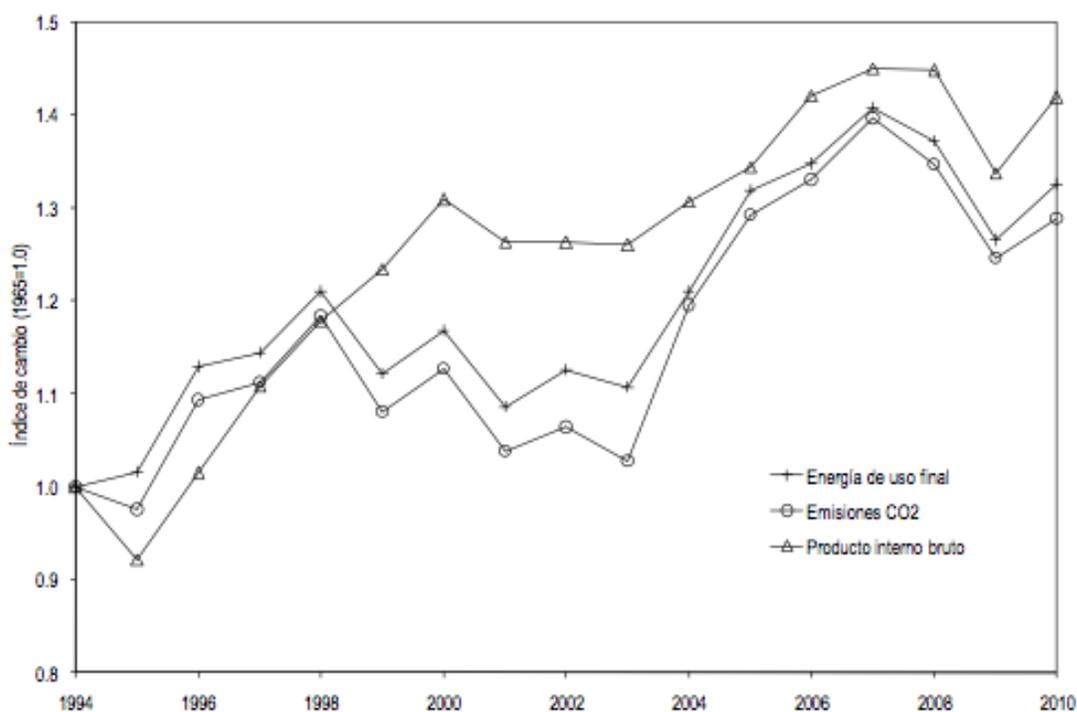


Figura 1. Índices de crecimiento de la industria Mexicana, 1994-2010.

Demanda de energía final

En general, la industria Mexicana manifiesta una demanda de energía final en 29% (valor promedio) de 1994 a 2010 ubicándolo en el segundo lugar como consumidor de energía en el país detrás del sector Transporte. El consumo de energía final presentó una tendencia incremental en 32% en el período de 1994 a 2010, la cual se vio interrumpida en los lapsos de 2000-2003 y de 2007-2009, explicándose en función del descenso en el agregado de las exportaciones del país como resultado de la contracción económica en los Estados Unidos, principal destino de las exportaciones Mexicanas. En tales lapsos, la demanda de energía de uso final disminuyó en

10%. También se aprecia que el incremento en el precio de gas natural durante el lapso de 2007 a 2009 influyó en la demanda final de energía reduciéndola en 2.1% en 2008 y 3.2% en 2009 respecto de los niveles de 2007. En 2010, se observa que la demanda de energía se incrementa en 2.5% respecto de la observada en 2009.

Emisiones de CO₂

En cuanto a las emisiones de CO₂, esta presenta una tendencia similar a la de la demanda de energía final, observándose los descensos en su emisión en los lapsos de 2000-2003 y 2007-2009, salvo que a partir de 2003 la separación entre estas dos series se reduce, es decir que la cantidad de emisiones de CO₂ se ve influenciada por el consumo de energía final con combustibles con mayor contenido de carbono como el coque de petróleo, carbón de coque y combustóleo. De 2003 a 2004 la emisión de CO₂ pasó de 65 a 75 millones de toneladas. De 2003 a 2007 la tendencia de la emisión de CO₂ muestra un incremento considerable en 35%, disminuyendo 10% en 2009 y por último se incrementa en 3% en 2010.

Producto interno bruto industrial

Durante el período de 1994 a 2010 la contribución de la industria Mexicana al producto interno bruto nacional fue de 30% (valor promedio anual). Como era de esperarse, gran parte de esta contribución fue resultado de la participación de las industrias manufactureras y de maquila de exportación. De 1994 a 2003 el producto interno bruto industrial creció a una tasa media anual de 2.6%. Los factores que afectaron su crecimiento en este lapso de tiempo fueron entre otros: la devaluación del tipo de cambio en 1994 y la contracción económica en los Estados Unidos de 2000-2003 a un decrecimiento medio anual de 3.4%. También de 2007 a 2009 experimento un descenso en su aportación como resultado de un declive en la demanda doméstica y externa de productos en virtud de una nueva recesión en los Estados Unidos y otros socios comerciales que redujeron las exportaciones en ese lapso.

Análisis de indicadores económico-energéticos

Método

La intensidad de emisión de CO₂ en la industria Mexicana es analizada mediante un análisis de descomposición de índices basado en el índice de Divisia¹. Actualmente, a decir de Choi y Ang (2011), esta metodología es la más utilizada para conocer y establecer la relación existente entre diversos indicadores de tipo económico y energético en la evolución de indicadores de tipo

1 El método de descomposición basado en el índice de Divisia fue propuesto por Boyd et al. (1987).

ambiental como el CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Tal análisis presenta la ventaja de cuantificar las contribuciones de forma agregada y desagregada de los indicadores utilizados para cada actividad industrial que integran el sector industrial, lo que permite identificar las áreas de oportunidad para la implementación de estrategias, programas y políticas en busca de reducir el impacto ambiental. La intensidad de emisión de CO₂ ($A = CO_2/Y$) se define como el producto de tres indicadores: intensidad energética (I), coeficiente de emisión de carbón (C) y estructura (S); expresada de la forma siguiente:

$$A = \sum_i^n I_i \times C_i \times S_i = \sum_i^n \left(\frac{E_i}{Y_i} \right) \times \left(\frac{CO_{2i}}{E_i} \right) \times \left(\frac{Y_i}{Y} \right)$$

Donde: E_i es el consumo total de energía final en la rama industria i (PJ), Y es la contribución económica total del sector industrial y Y_i de la rama industrial i (BUSD 1993 a precios constantes), CO_{2i} es la cantidad de CO₂ producida por la rama industrial i , I_i es la intensidad energética de la rama industrial i . El efecto de intensidad energética indicará la contribución de la eficiencia energética, el efecto del coeficiente de emisión de CO₂ indicará el cambio en la mezcla de combustibles, y el efecto de estructura indicará el cambio en los sectores o actividades industriales. Las ecuaciones para el cálculo de cada indicador en términos de la descomposición de media logarítmica basado en el índice de Divisia en su versión multiplicativa (M-LMDI) se resumen en la tabla 2².

Tabla 2. Formulas de descomposición M-LMDI de los efectos de la intensidad de CO₂.

Efectos de descomposición	M-LMDI
Intensidad energética (D_{int})	$D_{int} = \exp \left(w_i \ln \left(\frac{I_i^t}{I_i^0} \right) \right)$
Coefficiente de emisión de CO ₂ (D_{CO2})	$D_{CO2} = \exp \left(w_i \ln \left(\frac{C_i^t}{C_i^0} \right) \right)$
Estructura (D_{str})	$D_{str} = \exp \left(w_i \ln \left(\frac{S_i^t}{S_i^0} \right) \right)$

Dónde $w_i = L \left(A_i^t / A^t, A_i^0 / A^0 \right) / \sum_i L \left(A_i^t / A^t, A_i^0 / A^0 \right)$. La función $L(a, b)$ es el promedio logarítmico de dos números positivos a y b dado por $L(a, b) = (a - b) (\ln(a) - \ln(b))$ para $a \neq b$, y $L(a, b) = a$ para $a = b$.

2 La formulación, ventajas y desventajas del método de descomposición basado en el índice Divisia se reportan a detalle en los estudios realizados por Ang et al. (2009), Ang (2005), Ang (2004), Choi y Ang (2003), Ang y Liu (2001), Ang y Zhang (2000) y Ang y Choi (1997).

Resultados

El análisis se llevó a cabo en dos etapas: 1994-2003 y 2003-2010. En la primera se llevó a cabo un análisis desagregado, es decir considerando la estructura de la industria mexicana en cuanto a las ramas industriales de importancia que lo integran³. En la segunda etapa, debido a la falta de datos sólo se realizó un análisis en forma agregada de la descomposición de la intensidad de CO₂⁴. Los resultados del análisis de descomposición se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Descomposición de la intensidad de CO₂ en la industria Mexicana.

Etapa	D _{int}	D _{CO2}	D _{str}	D _A
1994-2003	0.8945	0.9292	0.9808	0.8152
2003-2010	1.089	1.010	---	1.1006

D_{int}- Efecto de intensidad energética, D_{CO2}- Efecto de coeficiente de emisión de CO₂, D_{str}- Efecto de estructura, D_A- Intensidad agregada de CO₂.

Etapa 1994-2003

En esta etapa, los tres efectos analizados contribuyeron a la disminución de la intensidad de CO₂ siendo el efecto estructural el factor que mostró un menor aporte (2%), el efecto del coeficiente de CO₂ contribuyó con 7% y el efecto de intensidad energética la redujo en 10% (figura 2). En el caso del efecto de intensidad energética se observó que las industrias de siderurgia, química, celulosa y papel desempeñaron un papel importante en el descenso de la intensidad de carbón; en cuanto al efecto de estructura fueron indicadas las industrias de petroquímica, cemento y siderurgia; y para el efecto de coeficiente de CO₂ fueron señaladas las industrias de siderurgia y química. La razón de la disminución de la intensidad de CO₂ en esta etapa se puede atribuir a la instauración de programas de ahorro de energía y de capacitación de recursos humanos, regulaciones ambientales y promoción de eficiencia en la industria, crecimiento de la inversión extranjera directa (IED) entre otros factores con la finalidad de inducir un cambio tecnológico y promover un marco de eficiencia y sustentabilidad para hacer frente a la competitividad internacional. De acuerdo al Banco de México, la IED pasó de 10.9 billones de dólares en 1994 a 26.7 billones de dólares en 2001, donde la mayor parte de esta inversión se enfocó al desarrollo de industrias manufactureras de productos metálicos, maquinaria y equipos diversos, químicos y derivados, etc. Tal inversión contribuyó a que las industrias instauraran algún tipo de programa de ahorro de

³ El análisis de descomposición en la etapa 1994-2003 se llevó a cabo utilizando datos de tipo energético y económico con base en el Sistema de cuentas nacionales de México (SCNM).

⁴ En la etapa 2003-2010, debido a la introducción de la nueva metodología de contabilidad denominada SCIAN (Sistema de contabilidad industrial de América del norte) a partir de 2003, aún no se encuentran disponibles datos de tipo energético que permitan una construcción homogénea de los indicadores empleados en el análisis de descomposición desagregada.

energía y/o sustitución de combustibles⁵. Además, el consumo de combustóleo se redujo en 7.9%.

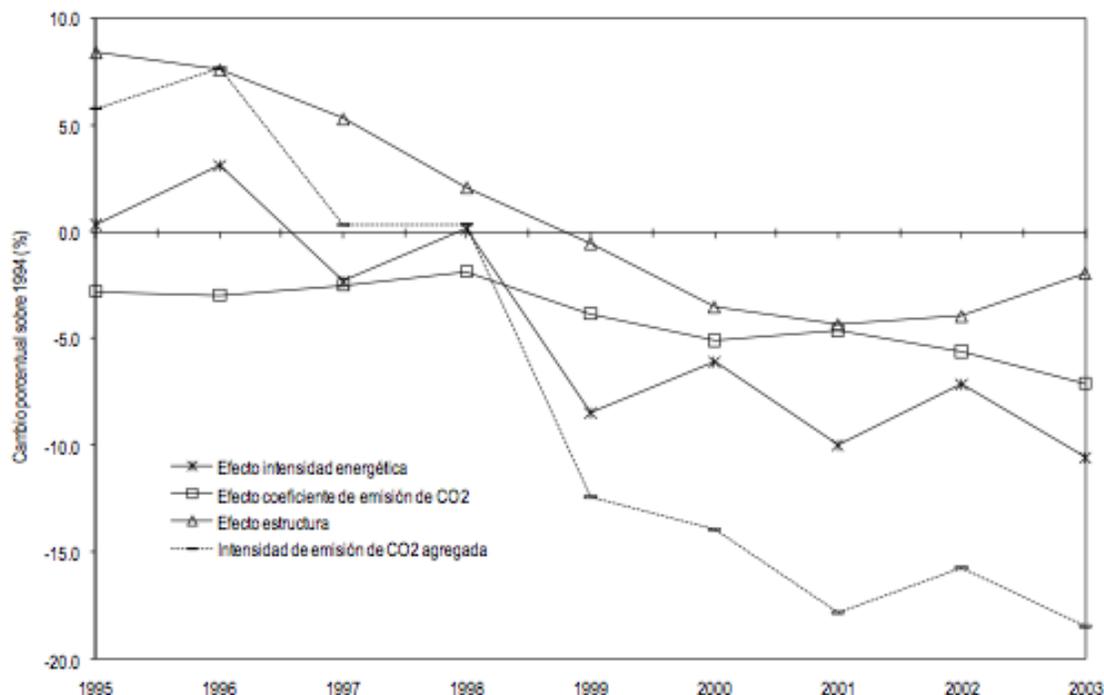


Figura 2. Efectos de descomposición de la intensidad de CO₂ en la industria Mexicana, 1994-2003.

Etapa 2003-2010

En esta etapa la intensidad de emisión de CO₂ creció en 10%. El efecto de intensidad energética fue el factor principal de tal incremento (9%), figura 3. Este cambio puede ser explicado en virtud de la recuperación de las exportaciones hacia los Estados Unidos, las cuales propiciaron una mayor actividad de la base productiva nacional e estimulando un mayor consumo de energía y respectivas emisiones de carbono asociadas. Es de resaltar que, aparte de las consolidadas y grandes industrias exportadoras e intensivas en el uso de energía como lo son la siderurgia, cemento, química y petroquímica, la base industrial Mexicana mostró un crecimiento considerable en las industrias automotriz, vidrio, cerveza y malta y 'otras' industrias⁶.

En general, es observado que la expansión de las medianas y pequeñas industrias fue notable durante el período de 2003 a 2007, la cual se vio interrumpida por la contracción económica de los Estados Unidos hasta mediados del 2009; recuperándose en 2010 debido a los avances en los niveles de actividad industrial de Estados Unidos. También, la intensidad de emisión de

⁵ El balance nacional de energía 2003 (SENER) señala que en 2003, 76.4% de las industrias mexicanas contaban con al menos un programa de ahorro de energía y/o sustitución de combustible.

⁶ La actividad industrial denominada 'otras' industrias se integra con 41 industrias del sector industrial Mexicano.

carbón se vio influida debido a la crisis de 2007 a 2009 como consecuencia del aumento del precio de algunos energéticos; las industrias utilizaron un combustible diferente al usual en sus procesos industriales sin tomar en cuenta su contenido de carbón; generalmente gas natural por combustóleo, motivando el incremento de CO₂.

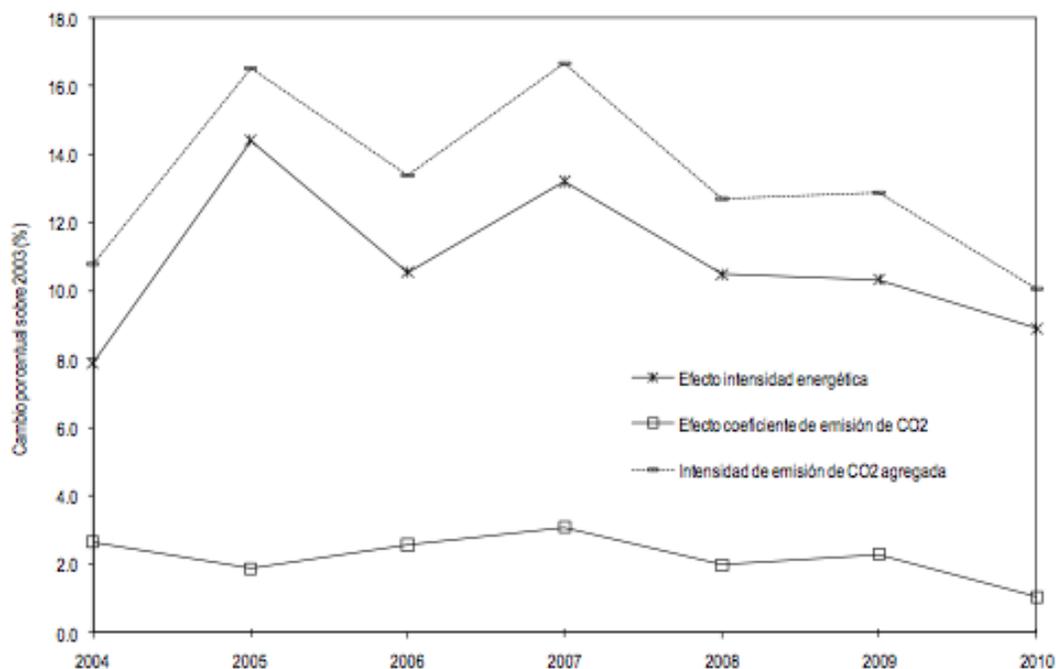


Figura 3. Efectos de descomposición de la intensidad de CO₂ en la industria Mexicana, 2003-2010.

Discusión y conclusiones

Actualmente, las estrategias gubernamentales enfocadas a fomentar las exportaciones han robustecido la base industrial mexicana con industrias manufactureras y maquila de exportación que han colocado a México como un importante país exportador. La industria Mexicana se desarrolla en un marco de libre mercado internacional y salvo ciertos eventos ha mantenido el nivel productivo de las grandes industrias como petroquímica, química, cemento y siderurgia; y a la vez, ha impulsado el crecimiento de industrias como automotriz, aluminio, vidrio, etc., las cuales no sólo han incrementado su aportación a la economía nacional sino también han traído consigo un aumento en el consumo energético y emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂. Tras una primera etapa (1994-2003) en la que la intensidad de carbono pareciera disminuir o crecer en una forma moderada en virtud del apoyo e implementación de estrategias de tipo ambiental y de ahorro de energía, súbitamente se incrementa durante la segunda etapa (2003-2010). Tal cambio pone de manifiesto el incremento de la producción nacional y cierta dependencia

y bienestar de la economía nacional con las exportaciones hacia los Estados Unidos, principal destino de las exportaciones Mexicanas. Por lo tanto, considerando que la industria Mexicana se ha convertido en uno de los pilares del desarrollo económico del país, el gobierno deberá de fortalecer las estrategias tendientes a minimizar los efectos negativos del incremento en la demanda de productos mediante la implementación de programas de conservación energética, modernización y/o transferencia tecnológica, así como cooperación internacional.

Del mismo modo, se observó que aunque el consumo de combustibles con mayor contenido de carbón ha disminuido en razón de regulaciones ambientales e implementaciones tecnológicas que permiten conmutar el tipo de combustible utilizado en los procesos industriales; esta misma situación ha permitido que bajo condiciones de precios altos en los insumos energéticos se empleen combustibles de menor costo y mayor contenido de carbón influenciando el crecimiento de la intensidad de carbón. De esta forma, el potencial para promocionar y desarrollar políticas que favorezcan la mitigación de la intensidad de carbón mediante el cambio hacia una mezcla de combustibles con bajo contenido de carbón y energía renovable podría ser una solución ideal en virtud del potencial de energía renovable del país.

Por último, el presente estudio señala un gran cambio en la evolución de la intensidad de carbono de la industria Mexicana. México como exportador de productos intensivos en energía y mayor valor agregado consume más energía y emite mayores cantidades de CO₂, esto deberá ser asumido por las iniciativas gubernamentales de planeación con el fin de fomentar y eficientar el consumo energético en una muy diversificada industria de exportación. Es apremiante la implementación y mejora de programas, estrategias, leyes, etc. para garantizar el éxito de los objetivos nacionales y compromisos internacionales a los que México se ha suscrito en beneficio de la reducción de los efectos de cambio climático.

Bibliografía

Ang, B.W., 2004. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy* 2004; 32 (9): 1131-1139.

Ang, B.W., 2005. The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. *Energy Policy* 33, 867-871.

Ang, B.W., Choi, K.H., 1997. Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method. *The Energy Journal*; 18 (3): 59-73.

Ang B.W., Huang H.C., Mu A.R., 2009. Properties and linkages of some index decomposition analysis methods. *Energy Policy*, 37, 11: 4624-4632.

Ang B.W., Liu F.L., 2001. A new energy decomposition method: perfect in decomposition and

consistent in aggregation. *Energy*; 26 (6): 537–548.

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

Boyd, G., McDonald, J.F., Ross, M., Hanson, D.A., 1987. Separating the changing composition of US manufacturing production from energy efficiency improvements: A Divisia index approach. *The Energy Journal*; 8 (2): 77-96.

Choi, K.-H., Ang, B.W., 2011. Attribution of changes in Divisia real energy intensity index — An extension to index decomposition analysis. *Energy Economics*, doi:10.1016/j.eneco.2011.04.011.