



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

ISSN: 2007-0934

revista\_atm@yahoo.com.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Tapia Tovar, Gabriel; González Asta, Ramiro; Vite Pérez, Miguel Ángel; Salazar Mosqueda, Ismael  
Gases de efecto invernadero y su participación en las emisiones totales sectoriales de Michoacán  
Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 1, 2015, pp. 471-478  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Estado de México, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263139243064>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Gases de efecto invernadero y su participación en las emisiones totales sectoriales de Michoacán

Gabriel Tapia Tovar, Ramiro González Asta, Miguel Ángel Vite Pérez e Ismael Salazar Mosqueda

### Resumen

Este trabajo se realiza un estudio de las emisiones de gases de efecto invernadero en el estado de Michoacán, homologando sus emisiones de gases con mayor presencia en el ambiente, el CO<sub>2</sub>. Se hace uso del modelo de Insumo – Producto para determinar los sectores clave en la emisión de dichos gases, así como las emisiones de totales de cada sector de la actividad económica que incluyen las emisiones directas, indirectas e inducidas, con el fin de conocer la distribución real de las mismas por cada sector. Los resultados muestran la importancia en la emisión de GEI por aquellos sectores que hacen uso de energías fósiles, como los sectores de producción energética; sin embargo, también resulta importante el papel de los sectores que adquieren varios sus insumos de los sectores de la región, como el caso de los servicios. Hoy en día, el cambio climático es uno de las principales preocupaciones globales, tanto en países desarrollados caracterizados por ser los principales emisores de contaminantes, y en países subdesarrollados por ser partícipes innegables de emisiones e indudablemente de los efectos negativos que acarrearán y de la búsqueda de la mitigación de los mismos.

**Palabras clave:** matriz de insumo-producto, emisiones de gases de efecto invernadero, sectores clave, emisiones totales, economía regional.

### Estimación de las emisiones totales

Para el cálculo de las intensidades de contaminación de GEI por sector económico de la MIP de Michoacán se utiliza el criterio de los multiplicadores, en este caso de los multiplicadores de emisiones de GEI, que expresan los efectos de arrastre en la generación de GEI de los diferentes

sectores económicos debido a la dependencia intersectorial procedente de la compra y venta de los insumos para la producción. Para realizar estas estimaciones se procede con la siguiente propuesta metodológica.

Sea  $c$  un vector de coeficiente de emisión directa por sector económico, que representa la cantidad de emisiones de GEI medidas en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, por miles de pesos, tal que:

$$c'X = E$$

Donde,  $c'$  es la transpuesta del vector de coeficientes de emisión directa por sector económico,  $X$  expresa el valor bruto de producción y  $E$  es un indicador escalar que expresa el volumen total de emisiones (Alcántara, 2007).

Ahora bien, para el cálculo del vector de coeficientes de emisiones directas ( $c_i$ ) por sector económico se procede de la siguiente manera:

$$c_i = \frac{EGEI_i}{X_i}$$

Donde:  $c_i$  = Coeficiente de emisiones directas del sector económico  $i$ ;  $EGEI_i$  = Emisiones de gases de efecto invernadero del sector económico  $i$ , estimadas previamente para el inventario de GEI de Morelia;  $X_i$  = Valor bruto de producción del sector económico  $i$ .

Enseguida, después de conocer la forma de estimar  $c_i$  se procede con la explicación de la propuesta metodológica de los multiplicadores de emisiones de acuerdo al texto de

Alcántara (2007) sustituyendo en la ecuación (1) de este apartado a  $X$  por su valor en el conocido modelo de Leontief, teniendo así en expresión matricial la siguiente ecuación:

$$e_i = \hat{c}_i(I - A)^{-1}y_i$$

En esta ecuación  $e_i$  es el vector de emisiones por sector económico que fue definido antes como  $(EGEI_{Ri})$  para la región de Morelia,  $\hat{c}_i$  es el vector de coeficientes directo de emisiones diagonalizado,  $(I - A)^{-1}$  es la matriz inversa de Leontief e,  $y_i$  representa la demanda final sectorial de la MIP.

Extraído de la ecuación (3), se define ahora la matriz  $F$  de la siguiente forma:

$$F = \hat{c}_i(I - A)^{-1}$$

Donde  $F$  es un ponderador de forma lineal que hace que todo incremento de la demanda final se convierta en un incremento en el vector de emisiones contaminantes. Entonces, se multiplica  $F$  por un vector unitario ( $u_i$ ) del tamaño correspondiente a la matriz cuadrada  $F$ , el resultado que se obtiene es:

$$f_j = u_i'F_{ij}$$

En la ecuación anterior se multiplica el vector unitario, ahora transpuesto ( $u_i'$ ), por la matriz  $F$  da como resultado el vector de emisiones unitarias total ( $f_j$ ), el cual incluye la emisión directa e indirecta por sector económico generada por unidad de demanda final, estos son los multiplicadores de emisiones de GEI, también definido en este caso como la intensidad contaminantes total de cada sector económico.

Las emisiones totales (directas e indirectas) estarían determinadas con la siguiente ecuación:

$$EmT = u_i'F_{ij}\hat{y}$$

### Sectores clave en la emisión de gases de efecto invernadero

Para la identificación de los sectores clave en la emisión de GEI se lleva a cabo una extensión de los índices de los multiplicadores de producción de Rasmussen, se advierte que no es posible definir la “industria clave” de manera única, sino que depende del problema a tratar. Después de plantear el criterio de determinación de la industria clave respecto del empleo y de las importaciones concluye: “Pueden considerarse otras definiciones de industria clave apropiadas

a otros problemas, pero estas observaciones bastan para llamar la atención sobre la importancia del modelo Input-Output” (1956). Se parte de las ecuaciones presentadas en el apartado para la estimación de las intensidades de contaminación sectorial por medio de los multiplicadores de emisiones de GEI.

La propuesta metodológica tiene como base la presentada para la estimación del impacto de las emisiones de GEI que hace Alcántara (2007) en un estudio España, donde utiliza el criterio de los índices de Rasmussen para la localización de los sectores clave.

La fórmula  $f_j = u_i'F_{ij}$ , presentada en el apartado anterior, tiene como resultado los encadenamientos hacia atrás o los multiplicadores hacia atrás (o de compras) de emisiones de GEI impulsado por la expansión de la demanda final, contando así con uno de los indicadores (aunque sin ponderar hasta ahora) necesarios para la clasificación de los sectores clave.

Sin embargo, se requiere contar con la estimación del multiplicador de emisiones de GEI hacia adelante (o ventas) o al que es definido desde la perspectiva de la oferta, para ellos se realiza el mismo proceso que en la identificación de los sectores clave de producción, utilizando el modelo de Gosh, es decir, se utiliza la inversa de Gosh en lugar de la inversa de Leontief para la estimación de dichos multiplicadores.

Entonces los multiplicadores de emisiones de GEI hacia atrás se obtienen de la siguiente a partir del siguiente procedimiento utilizando el modelo de Gosh que se expresa como sigue:

$$x' = v'(I - D)^{-1}$$

Donde el vector  $v'$  expresa el valor agregado (VA) de los insumos primarios utilizados en la producción de los sectores productivos. Entonces, igual que en la estimación de los multiplicadores hacia adelante, ahora se puede conectar el vector de emisiones y tendríamos:

$$e' = v'(I - D)^{-1}\hat{c}$$

Posteriormente de dicha ecuación, igual que en el modelo de demanda, se extrae para el cálculo de la siguiente matriz:

$$H = (I - D)^{-1}\hat{c}$$



**Cuadro 1. Los resultados obtenidos del cómputo de las emisiones totales (directas e indirectas).**

Actividad económica (rama MIP)	Emisión total	(%)
Agricultura	329314.07	2.95%
Subsector 112 ganadería	940711.57	8.43%
Aprovechamiento forestal	1189365.39	10.65%
Subsector 114 pesca, caza y captura	1818.92	0.02%
Subsector 212 minería de minerales metálicos y no metálicos excepto petróleo y gas	6906.47	0.06%
Subsector 213 servicios relacionados con la minería	142.20	0.00%
Subsector 221 generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	2491791.50	22.32%
Subsector 222 agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	1711547.99	15.33%
Subsector 236 edificación	101186.22	0.91%
Subsector 237 construcción de obras de ingeniería civil u obra pesada	46116.70	0.41%
Subsector 238 trabajos especializados para la construcción	523.90	0.00%
Subsector 311 industria alimentaria	525670.49	4.71%
Subsector 312 industria de las bebidas y del tabaco	234135.21	2.10%
Subsector 313 fabricación de insumos textiles	21222.48	0.19%
Subsector 314 confección de productos textiles, excepto prendas de vestir	17257.87	0.15%
Subsector 315 fabricación de prendas de vestir	11822.69	0.11%
Subsector 316 fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	9171.28	0.08%
Subsector 321 industria de la madera	811410.94	7.27%
Subsector 322 industria del papel	147545.85	1.32%
Subsector 323 impresión e industrias conexas	4415.05	0.04%
Subsector 324 fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	9275.13	0.08%
Subsector 325 industria química	46028.64	0.41%
Subsector 326 industria del plástico y del hule	33853.12	0.30%
Subsector 327 fabricación de productos a base de minerales no metálicos	147532.37	1.32%
Subsector 331 industrias metálicas básicas	625171.59	5.60%
Subsector 332 fabricación de productos metálicos	30350.46	0.27%
Subsector 333 fabricación de maquinaria y equipo	4483.39	0.04%
Subsector 334 fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	179.31	0.00%
Subsector 335 fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	7669.67	0.07%
Subsector 336 fabricación de equipo de transporte	1107.07	0.01%
Subsector 337 fabricación de muebles y productos relacionados	60345.90	0.54%
Subsector 339 otras industrias manufactureras	12492.82	0.11%
Comercio	398917.26	3.57%
Transporte aéreo	3356.91	0.03%

**Cuadro 1. Los resultados obtenidos del cómputo de las emisiones totales (directas e indirectas) (Continuación).**

Actividad económica (rama MIP)	Emisión total	(%)
Subsector 483 transporte por agua	521.01	0.00%
Subsector 484 autotransporte de carga	169167.64	1.52%
Subsector 485 transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	241497.22	2.16%
Subsector 487 transporte turístico	9908.92	0.09%
Subsector 488 servicios relacionados con el transporte	13259.39	0.12%
Subsector 491 servicios postales	283.16	0.00%
Subsector 492 servicios de mensajería y paquetería	2325.97	0.02%
Subsector 493 servicios de almacenamiento	164.97	0.00%
Subsector 511 edición de publicaciones y de software, excepto a través de internet	662.33	0.01%
Subsector 512 industria filmica y del video, e industria del sonido	2466.20	0.02%
Subsector 515 radio y televisión, excepto a través de internet	6494.42	0.06%
Subsector 517 otras telecomunicaciones	8165.77	0.07%
Subsector 518 proveedores de acceso a internet, servicios de búsqueda en la red y servicios de procesamiento de información	21.45	0.00%
Subsector 519 otros servicios de información	1.61	0.00%
Subsector 522 instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	27460.33	0.25%
Subsector 523 actividades bursátiles cambiarias y de inversión financiera	958.60	0.01%
Subsector 524 compañías de fianzas, seguros y pensiones	114.25	0.00%
Subsector 531 servicios inmobiliarios	5588.47	0.05%
Subsector 532 servicios de alquiler de bienes muebles	814.65	0.01%
Subsector 541 servicios profesionales, científicos y técnicos	3807.28	0.03%
Subsector 551 dirección de corporativos y empresas	1.79	0.00%
Subsector 561 servicios de apoyo a los negocios	4272.29	0.04%
Subsector 562 manejo de desechos y servicios de remediación	322313.70	2.89%
Subsector 611 servicios educativos	13363.04	0.12%
Subsector 621 servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	14145.05	0.13%
Subsector 622 hospitales	28215.16	0.25%
Subsector 623 residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	166.74	0.00%
Subsector 624 otros servicios de asistencia social	1282.69	0.01%
Subsector 711 servicios artísticos y deportivos y otros servicios relacionados	2036.45	0.02%
Subsector 712 museos, sitios históricos, jardines botánicos y similares	8.01	0.00%
Subsector 713 servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	12840.93	0.12%
Subsector 721 servicios de alojamiento temporal	42004.52	0.38%
Subsector 722 servicios de preparación de alimentos y bebidas	93976.10	0.84%
Subsector 811 servicios de reparación y mantenimiento	138022.57	1.24%
Subsector 812 servicios personales	9731.49	0.09%
Subsector 813 asociaciones y organizaciones	5136.21	0.05%
Total	11164040.83	100%

Se observa que el sector de “generación, transmisión y suministro de energía eléctrica” es el sector más relevante en la emisión directa e indirecta de GEI, representando 22.32%. Revisando el (Cuadro 1) en la columna de emisiones directas, veremos que el porcentaje de emisión es de 34.13% del total, lo que indica que la diferencia, 11.81%, de las emisiones de este sector son generadas como efectos indirectos por sus encadenamientos con otros sectores y no derivados de su proceso productivo mismo, siendo propulsor de otros sectores al generación. Esto demuestra la importancia de conocer las emisiones totales sectoriales y no únicamente las emisiones directas, ya que en los inventarios se registran valores para los sectores que en realidad son productos de los encadenamientos con otros.

Siguiendo en importancia de emisión de GEI, está el sector “agua y suministro de gas por ductos al consumidor final” representando 15.33%, con un comportamiento similar al anterior en cuanto a sus efectos indirectos debido a las relaciones intersectoriales, ya que si participación directa es de 16.54%.

Por otro lado, siendo el quinto lugar en importancia de generación de emisiones totales, la “industria de la madera” tiene un comportamiento diferente a los dos sectores ya analizados. Sus emisiones totales son del 7.27% del total de sectores, mientras que las emisiones directas son únicamente

del 0.19%. La importancia de este sector y sus altas emisiones totales tienen origen en sus efectos de arrastre sobre sectores altamente emisores, los cuales son sus proveedores de insumos.

Otras actividades económicas que resaltan en importancia por su capacidad de generar emisiones totales son además de las mencionadas, las actividades primarias como “aprovechamiento forestal”, “ganadería” y “agricultura”. En las industrias manufactureras también están “la industria metálica básica”, “industria alimentaria”, “industria de las bebidas y el tabaco”, “industria del papel” y “fabricación de productos a base de minerales no metálicos”.

También ganan importancia respecto al total de sectores el “comercio”, “transportes” y la “construcción”, así mismo por la naturaleza de su proceso productivo el sector dedicado al tratamiento mismo de contaminantes “manejo de desechos y servicios de remediación” y “servicios de reparación mantenimiento.

### Sectores clave localizados

La aplicación de la metodología propuesta para la determinación de los sectores clave arrojó en el Cuadro 2, en la que se muestra la clasificación de los sectores:

**Cuadro 2. Aplicación de la metodología propuesta para la determinación de los sectores clave.**

Núm. MIP	I. Sectores clave	Emisión directa	Emisión total	Índice de impacto	
				Oferta	Demanda
1	Agricultura	288.385	329.314	4.423	2.871
2	Ganadería	1074.730	940.712	4.967	8.201
3	Aprovechamiento forestal	2181.120	1189.365	21.075	10.368
9	Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	3810.269	2491.792	36.412	21.722
10	Agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	1846.127	1711.548	18.408	14.921
26	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	240.570	147.532	1.160	1.286
27	Industrias metálicas básicas	377.478	625.172	2.119	5.450
35	Comercio	22.699	398.917	6.174	3.478
39	Autotransporte de carga	278.860	169.168	1.782	1.475
40	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	234.466	241.497	1.435	2.105
64	Manejo de desechos y servicios de remediación	356.955	322.314	2.353	2.810

**Cuadro 2. Aplicación de la metodología propuesta para la determinación de los sectores clave (Continuación).**

Núm. MIP	I. Sectores clave	Emisión directa	Emisión total	Índice de impacto	
				Oferta	Demanda
75	Servicios de reparación y mantenimiento	6.770	138.023	1.189	1.203
	<b>Suma</b>	<b>10718.430</b>	<b>8705.353</b>		
	<b>(%)</b>	<b>96%</b>	<b>78%</b>		
	<b>II. Sectores fuerte arrastre (de demanda)</b>				
14	Industria alimentaria	91.550	525.670	0.996	4.583
15	Industrias de las bebidas y el tabaco	44.601	234.135	0.224	2.041
20	Industria de la madera	21.457	811.411	0.134	7.074
21	Industria del papel	67.684	147.546	0.418	1.286
23	Fabricación de productos derivados del petróleo y el carbón	20.499	9.275	0.273	1.100
	<b>Suma</b>	<b>245.791</b>	<b>1728.038</b>		
	<b>(%)</b>	<b>2%</b>	<b>15%</b>		
	<b>III. Sectores propulsores o base (de oferta)</b>				
55	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	7.417	27.460	1.244	0.239
	<b>(%)</b>	<b>0.1%</b>	<b>0.2%</b>		
	<b>IV. Sectores independientes o isla</b>				
	Resto de sectores	192.403	703.190		
	<b>(%)</b>	<b>2%</b>	<b>6%</b>		

Considerando la tabla, las ramas económicas que componen el grupo de sectores clave en la emisión de GEI, considerados como los principales contaminantes, representaban en 2003; 96% de la emisión directa total y 78% de la emisión total. Esta diferencia de porcentajes indica que aunque son sectores que tienen significativos efectos de arrastre sobre otros, se caracterizan también por ser proveedores de otras ramas, es decir, son sectores que son fuertemente inducidos por otros sectores a generar emisiones de gases a partir de su producción.

Del grupo de sectores clave y de todos en general, el de “generación, transmisión y suministro de energía eléctrica” es el que tiene los mayores índices de impacto tanto de oferta como de demanda, lo que lo pone como el principal sector clave contaminante por excelencia. Le continúan con índices que se disparan del resto de sectores, el de “agua y suministro de gas por ductos al consumidor final” y “aprovechamiento forestal”.

Ahora bien, los sectores de fuerte arrastre sólo representan 2% de la emisión directa, mientras que de la emisión total representan 15%, este incremento es explicable debido a los

altos efectos de encadenamientos hacia atrás, condición que caracteriza a este grupo. Se trata de actividades económicas que básicamente realizan compras de insumos a otros sectores para sus procesos productivos. Estos sectores incrementan en valores muy altos su emisión total al compararse con la emisión directa. Está encabezado por la “industria de la madera”, “industria alimentaria” continuando en el orden que se puede observar, dejando de repetir información que ya se puede observar en la tabla.

En el grupo de los sectores propulsores o base únicamente encontramos “instituciones de intermediación crediticia no bursátil” con un 0.1% de emisiones directas y 0.2% de emisiones totales, y un índice de impacto de oferta de 1.244 muy cercano al de “transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril” y mayor al de “fabricación de productos a base de minerales no metálicos”, lo que deja claro como un sector aparentemente no contaminante en realidad resulta un sector con capacidad de impulsar desde la oferta la generación de emisiones.

## Conclusiones

De los resultados obtenidos del análisis de las 70 ramas económicas de Michoacán, se obtienen resultados interesantes, inicialmente sólo doce son sectores clave en la emisión de GEI por el lado de oferta y de demanda. Se debe poner principal atención a estas ramas para el diseño de políticas para la reducción de las emisiones en el estado, teniendo con este estudio una primera aproximación al estudio de la distribución de las emisiones totales, considerando sobre todo que las actividades identificadas son fundamentales como proveedoras y consumidoras del resto de sectores y para la actividad económica misma del estado.

Identificamos a los sectores encargados de la producción de energéticos en el estado como los principales generadores de emisiones de GEI, así como a las principales actividades que por la naturaleza de su proceso productivo y su articulación a la economía regional. Encontramos a las actividades primarias, un grupo de industrias manufactureras que además de ser contaminantes son base de la economía del estado, los servicios de transporte y un reducido número de servicios que saltan a la lista de sectores con altos impactos, lo que además deja la premisa de la necesidad de hacer un estudio más a fondo de los servicios en general por su papel que juegan como compradores al resto de sectores.

## Literatura citada

Alcántara, V. 2007. Análisis Input-Output y emisiones de CO<sub>2</sub> en España: un primer análisis para la determinación de sectores clave en la emisión. Departamento de Economía Aplicada-Universidad de Barcelona.

- Banguero, H. E. 2009. Análisis del impacto económico sobre la estructura productiva de la región del Valle de Cauca - Colombia, a partir de la Matriz Insumo-Producto". Albacete.
- CambioClimaticoGlobal. 2011. Cambio Climatico Global: <http://www.cambioclimaticoglobal.com/efecto-invernadero.html>.
- Chenery, H. 1958. An international Comparison of the structure of production. *Econométrica*. (26):487-521.
- Climatic-Team. 2007. El calentamiento global y cambio climático. [http://www.stopalcambioclimatico.blogspot.com/2007\\_02\\_15\\_archive.html](http://www.stopalcambioclimatico.blogspot.com/2007_02_15_archive.html).
- Fernández, M. 2001. Política regional e interdependencia sectorial de la economía de Galicia: un analisis a traves de las tablas de insumo- producto. Tesis de doctorado. Universidad de Corduña.
- Fuentes, N. A. 2005. Construcción de una matriz regional de insumo-producto. *Problemas del Desarrollo*. 36(140):89-112.
- Galindo, L. 2004. El cambio climatico global y la economía mexicana. In: Cambio climatico: una visión desde México. México: en Orlando, Reyes.
- Hayami, H.; Takayuki, K. and Ching, W. Y. 1995 ). An Input- Output analysis on Japan-China environ mental problem (1): compilation of the Input- Output table for the analysis of energy and air pollutants. *KEO discussion* 39:2-19.
- Hirschman, A. 1958. The strategy of economic development. Connecticut, USA: New Haven, Yale University Press.
- IPCC, P. I. 2007. Cuarto reporte de evaluación del Cambio Climático: Informe de síntesis. WMO-UNEP.
- Mariña, A. (1993). Insumo- producto: aplicaciones básicas al análisis económico estructural. Mexico, D. F. Universidad Autónoma de México.(UNAM).
- Rasmussen, P. 1956. Studies in intersectoral relation. North Holland.
- Reyes, O. 2009. La demanda de gasolinas en México: Efectos y alternativas ante el cambio climático. Barcelona, España.
- Schuschny, A. 2005. Tópicos sobre el modelo de Insumo- producto: teoría y aplicaciones. Redima II: Reunion de trabajo sobre modelizacion, de matrices de Insumo-Producto y armonización fiscal. Santiago de Chile.
- Skolka, J. 1986. Input- Output multipliers and linkages. Eighth International Conference on Input-Output Techniques. Sapporo, Japan.