

ESTRATEGIA DE DESARROLLO BAJA EN CARBON PARA MEXICO: UN ANÁLISIS DE INSUMO-PRODUCTO

Pablo Ruiz Nápoles
Profesor del Posgrado de la Facultad de Economía,
de la Universidad Nacional Autónoma de México,
correo-e: ruizna@unam.mx

DEFINICIONES

Cambio Climático:

- ▣ El cambio climático de origen antropogénico es “...un cambio en el clima atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, el cual altera la composición de la atmósfera global y se añade a la variabilidad natural del clima observada en periodos comparables”.
- ▣ Es resultado de las concentraciones atmosféricas de los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI). Estos son elementos constitutivos de la atmósfera de origen natural o antropogénico que absorben y emiten la radiación solar reflejada por la superficie de la Tierra, la atmósfera misma y por las nubes, el “efecto invernadero”.
- ▣ Los gases que producen este efecto son producidos por la quema de combustibles fósiles, la agricultura, el cambio de uso de la tierra y la producción de materiales como el cemento, así como por la quema de basura.

DEFINICIONES

Mitigación:

- ▣ La *mitigación* se ha definido como: “el cambio tecnológico y la sustitución que reduce insumos y emisiones por unidad de producto. Pero, como lo apunta un experto, lo importante en la *mitigación* no es sólo la reducción en la intensidad de las emisiones de GEI sino también la reducción en el nivel absoluto de las emisiones.

Objetivos:

- ▣ Las políticas de mitigación tienen como objetivo la reducción del consumo de combustibles fósiles y su sustitución hacia fuentes bajas en carbón. Por lo tanto, los factores que se deben atender son los que ocasionan este consumo de combustibles fósiles. Todos estos factores se relacionan de un modo u otro con la actividad económica.

DEFINICIONES

Punto de partida:

A fin de diseñar un escenario de mitigación desde un punto de vista económico, es necesario identificar aquellos sectores productivos o ramas que directa o indirectamente generan emisiones de GEI, y que por lo tanto se convierten en sectores que requieren atención especial, estos son sectores clave para la *mitigación*.

METODOLOGÍA ECONÓMICA DEL ESTUDIO

En el presente estudio se utiliza la metodología de *Insumo-Producto o Análisis estructural*. Los modelos podrían ser definidos como modelos *meso* económicos. Es decir no son ni micro ni macro económicos, sino que *manejan magnitudes económicas sectoriales*.

METODOLOGÍA ECONÓMICA DEL ESTUDIO

Objetivos:

- ▣ Construir y desarrollar un modelo de Insumo-Producto medioambiental de la economía mexicana, para: analizar los efectos de un cambio en la tecnología de algunos de los sectores claves que identificamos tanto como estratégicos desde el punto de vista de la estructura económica como simultáneamente altamente emisores de GEI. El periodo de estudio va de 2008 a 2020.

Metas:

- ▣ La idea central es descubrir en qué medida el uso de tecnologías más eficientes en el sentido ambiental, es decir, menos contaminantes, en estos sectores clave hace posible la reducción de las emisiones totales de la economía bajo distintos escenarios de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).

CAMBIO CLIMÁTICO Y POLÍTICAS DE MITIGACIÓN

Las políticas de mitigación se centran en la introducción de tecnologías de reducción o abatimiento de la emisión de GEI. En algunos casos estas tecnologías son específicas para cada sector. Es decir, la definición de rama o sector económico (*industry* en idioma Inglés) consiste en un grupo de empresas que producen más o menos el mismo bien o servicio y por lo tanto comparten la misma tecnología.

Tecnologías de reducción de GEI:

- ❑ Tecnología “al final de la línea” (*end-of-the-pipe* en idioma Inglés) que reduce las emisiones de GEI sin implicar otros cambios en el proceso productivo.
- ❑ La que implica un cambio importante en el proceso de producción del bien o servicio.

Instrumentos de política:

- ▣ programas orientados al mercado,
- ▣ medidas regulatorias,
- ▣ acuerdos voluntarios,
- ▣ impulso a la I y D en áreas específicas
- ▣ medidas de apoyo en infraestructura.

El problema del cambio climático fue definido por Nicholas Stern, como “la falla de mercado más grande que se haya visto”. Esto significa sin lugar a dudas que la naturaleza del problema impide que los mecanismos del mercado por sí solos puedan resolverlo.

Dificultades:

- ▣ amplia serie de imperfecciones de mercado
- ▣ las innovaciones tecnológicas orientadas a reducir la contaminación sólo ocurren cuando el Estado participa activamente en su promoción.
- ▣ distribución desigual de los costos de la mitigación que crea o acentúa desigualdades preexistentes dentro de regiones o de países, lo que obliga a la acción de los Estados.

Conclusión:

Es una obligación ineludible de los gobiernos la de instrumentar políticas de Estado que complementen o sustituyan a los mecanismos del mercado cuando éstos no funcionan correctamente o con la rapidez suficiente para hacer efectivas las políticas de *mitigación* del cambio climático.

RAMAS ESTRATÉGICAS Y ALTAMENTE CONTAMINANTES EN LA ECONOMÍA MEXICANA

Ramas económicas estratégicas

En el análisis de Insumo-Producto se denominan como estratégicas o claves a ciertas ramas económicas por sus efectos en las demás, sea a través de la demanda o de la oferta.

La relación económica entre dos ramas se llama encadenamiento. Hay encadenamientos hacia adelante o encadenamientos de oferta y hacia atrás o de demanda. De acuerdo con el número de esos encadenamientos y su intensidad, cada rama puede tener efectos transmisores fuertes o débiles con el conjunto de la economía.

Las que tienen más encadenamientos son consideradas claves o estratégicas.

Para medir estos encadenamientos usamos dos índices ampliamente conocidos y reconocidos en el análisis estructural: los coeficientes de Rasmussen y los determinados por el método de extracción.

Método de Rasmussen

Al aplicar el método de Rasmussen a la Matriz de Insumo-Producto de la economía mexicana de 2008, obtuvimos resultados para todas las ramas.

En el Cuadro 1 aparecen los resultados en cada caso de las primeras 13 ramas con los coeficientes más altos.

CUADRO 1

23 RAMAS SELECCIONADAS DE LA MATRIZ DE MÉXICO

Índices de Absorción y de Dispersión Método de Rasmussen.

No. Rama	A.I.	No. Rama	D.I.
1 30 Fabricación de eq. de comp y electr.	2.1345	24 Industria química	3.7554
2 31 Fab. eq. generación eléctrica y aparatos eléctricos	1.5614	6 Extracción de petróleo y gas	3.6203
3 32 Fabricación de equipo de transp	1.4964	35 Comercio	3.4202
4 17 Confección de textiles, excepto prendas de vestir	1.4418	30 Fabricación equipo de computación y electrónicos	2.7352
5 34 Otras industrias manufactureras	1.3904	23 Fabricación prod deriv del petróleo y carbón	2.6556
6 16 Fabricación de insumos textiles	1.3437	27 Industrias metálicas básicas	2.6410
7 25 Industria del plástico y del hule	1.3430	61 Servicios profesionales, científicos y técnicos	2.2770
8 28 Fabricación de productos metálicos	1.3071	63 Servicios de apoyo a los negocios	2.1490
9 18 Fabricación de prendas de vestir	1.3051	25 Industria del plástico y del hule	1.6122
10 21 Industria del papel	1.3009	31 Fab. eq. generación eléctrica y aparatos eléctricos	1.5794
11 9 Generación, trans. y suministro energía eléctrica	1.3005	32 Fabricación de equipo de transporte	1.5783
12 19 Fabricación de prod. de cuero, piel y materiales suc.	1.2862	21 Industria del papel	1.5498
13 29 Fabricación de maquinaria y equipo	1.2844	9 Generación, trans. y suministro energía eléctrica	1.4761
14 22 Impresión e industrias conexas	1.2546	16 Fabricación de insumos textiles	1.4190
15 33 Fabricación de muebles y productos relacionados	1.2526	58 Servicios inmobiliarios	1.3657
16 36 Transporte aéreo	1.2511	39 Autotransporte de carga	1.3381
17 27 Industrias metálicas básicas	1.2472	28 Fabricación de productos metálicos	1.3178
18 57 Compañías de fianzas, seguros y pensiones	1.2071	1 Agricultura	1.1710
19 46 Servicios de almacenamiento	1.1767	57 Compañías de fianzas, seguros y pensiones	1.1217
20 5 Serv. relacionados con act. Agropecuarias y forest.	1.1691	51 Otras telecomunicaciones	1.1110
21 14 Industria alimentaria	1.1631	55 Instit. de intermediación crediticia y financiera	1.0970
22 24 Industria química	1.1630	7 Minería de minerales metálicos y no metálicos	1.0877
23 8 Servicios relacionados con la minería	1.1247	29 Fabricación de maquinaria y equipo	1.0132

Método de extracción

Utilizando también la Matriz de Insumo-Producto de México estimada para 2008, calculamos los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante y se muestran en el Cuadro 2 las 13 ramas que en cada caso registraron los encadenamientos más altos hacia atrás y hacia adelante.

CUADRO 2
23 RAMAS SELECCIONADAS DE LA MATRIZ DE MÉXICO
Impactos de los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante (Método de Extracción).

Impactos Encadenamientos hacia Atrás				Impactos Encadenamientos hacia Adelante			
No.	Rama	Mill		No.	Rama	Mill	
		Pesos	%.			Pesos	%
1	35 Comercio	2,078,601	9.24	35	Comercio	2,047,764	9.13
2	32 Fabricación de equipo de transporte	1,205,574	5.36	6	Extracción de petróleo y gas	1,906,972	8.50
3	23 Fab. de prod. derivados del petróleo y carbón	1,198,529	5.33	24	Industria química	1,508,612	6.73
4	14 Industria alimentaria	1,189,604	5.29	23	Fab. de prod. derivados del petróleo y carbón	1,427,409	6.36
5	11 Edificación	1,181,013	5.25	27	Industrias metálicas básicas	912,760	4.07
6	24 Industria química	1,106,394	4.92	61	Servicios profesionales, científicos y técnicos	877,789	3.91
7	6 Extracción de petróleo y gas	895,413	3.98	14	Industria alimentaria	833,334	3.72
8	30 Fab. de equipo de computación y electrónicos	887,077	3.94	32	Fabricación de equipo de transporte	805,419	3.59
9	9 Gen., transm. y suministro de energía eléctrica	778,074	3.46	30	Fab. de equipo de computación y electrónicos	779,187	3.47
10	27 Industrias metálicas básicas	769,470	3.42	9	Gen., transm. y suministro de energía eléctrica	661,624	2.95
11	61 Servicios profesionales, científicos y técnicos	746,159	3.32	39	Autotransporte de carga	625,102	2.79
12	39 Autotransporte de carga	681,153	3.03	63	Servicios de apoyo a los negocios	604,108	2.69
13	31 Fab. equipo de gen. eléctrica y aparatos eléctric	538,344	2.39	25	Industria del plástico y del hule	600,765	2.68
14	12 Constr. obras de ingeniería civil u obra pesada	538,186	2.39	31	Fab. equipo de gen. eléctrica y aparatos eléctric	597,494	2.66
15	25 Industria del plástico y del hule	494,765	2.20	11	Edificación	588,680	2.62
16	28 Fabricación de productos metálicos	449,909	2.00	28	Fabricación de productos metálicos	476,117	2.12
17	63 Servicios de apoyo a los negocios	444,425	1.98	58	Servicios inmobiliarios	431,426	1.92
18	26 Fabr. de prod. a base de minerales no metálicos	413,102	1.84	1	Agricultura	412,586	1.84
19	2 Ganadería	400,806	1.78	55	Instituciones de intermediación crediticia y financ	396,982	1.77
20	1 Agricultura	393,580	1.75	26	Fabr. de prod. a base de minerales no metálicos	363,355	1.62
21	51 Otras telecomunicaciones	382,499	1.70	51	Otras telecomunicaciones	336,676	1.50
22	58 Servicios inmobiliarios	367,928	1.64	7	Minería de minerales metálicos y no metálicos	329,506	1.47
23	79 Actividades del Gobierno	353,974	1.57	2	Ganadería	321,670	1.43

Ramas económicas altamente emisoras de GEI

Se estimaron los niveles absolutos de emisión por rama económica tomando como base el *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. Se clasificaron las ramas en orden descendente por nivel de emisión y se escogieron a las 13 más contaminantes que se muestran en el Cuadro 3.

Es de destacar que una sola rama, la Generación de energía eléctrica, genera 23.7 por ciento de las emisiones totales de la economía.

CUADRO 3

EMISIONES DE GEI POR RAMA EN MEXICO 2008. Ramas Seleccionadas

No.		Rama	Emisiones GEI	
			Gg CO2 eq	%.
1	9	Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	176,124.8	23.7
2	39	Autotransporte de carga	91,189.0	12.3
3	3	Aprovechamiento forestal	69,980.2	9.4
4	64	Manejo de desechos y servicios de remediación	61,865.8	8.3
5	40	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	61,552.9	8.3
6	10	Agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	53,220.4	7.2
7	6	Extracción de petróleo y gas	46,672.5	6.3
8	2	Ganadería	39,055.3	5.3
9	26	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	34,429.1	4.6
10	27	Industrias metálicas básicas	30,713.2	4.1
11	1	Agricultura	11,031.6	1.5
12	79	Actividades del Gobierno	8,108.5	1.1
13	12	Construcción de obras de ingeniería civil u obra pesada	7,520.4	1.0
14	36	Transporte aéreo	6,094.3	0.8
15	24	Industria química	5,857.3	0.8
16	7	Minería de minerales metálicos y no metálicos	5,146.9	0.7
17	23	Fabricación de productos derivados del petróleo y carbón	4,686.2	0.6
18	11	Edificación	3,174.9	0.4
19	8	Servicios relacionados con la minería	2,844.6	0.4
20	43	Servicios relacionados con el transporte	2,400.6	0.3
21	37	Transporte por ferrocarril	2,230.3	0.3
22	51	Otras telecomunicaciones	1,922.7	0.3
23	38	Transporte por agua	1,848.5	0.2
24	42	Transporte turístico	1,457.6	0.2
25	15	Industria de las bebidas y del tabaco	1,342.0	0.2
26	14	Industria alimentaria	1,183.0	0.2
Total ramas seleccionadas			731,652.6	98.5
Total todas las ramas			742,436.2	100.0

Se calculó, en segundo lugar, el vector de coeficientes de emisiones por rama normalizando las emisiones con respecto al Valor Bruto de la Producción para obtener las emisiones por unidad de producto en este caso. El Cuadro 4 muestra la lista de ramas con coeficientes de emisión de GEI por arriba de la media, que fueron en total 15 ramas de las 79 que compone la matriz.

CUADRO 4

COEFICIENTES MAS ALTOS DE EMISION DE GEI POR RAMA EN MEXICO 2008

No.	Rama	Emisiones GEI Gg CO2 eq	Producto Bruto Mills Pesos	Coef. De Intensidad	
1	64	Manejo de desechos y servicios de remediación	61,866	7,714	8.020
2	3	Aprovechamiento forestal	69,980	25,988	2.693
3	10	Agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	53,220	35,139	1.515
4	9	Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	176,125	543,566	0.324
5	42	Transporte turístico	1,458	5,856	0.249
6	2	Ganadería	39,055	254,792	0.153
7	40	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	61,553	414,278	0.149
8	39	Autotransporte de carga	91,189	629,376	0.145
9	26	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	34,429	260,699	0.132
10	38	Transporte por agua	1,848	22,022	0.084
11	36	Transporte aéreo	6,094	76,258	0.080
12	27	Industrias metálicas básicas	30,713	435,093	0.071
13	37	Transporte por ferrocarril	2,230	34,468	0.065
14	7	Minería de minerales metálicos y no metálicos	5,147	107,720	0.048
15	6	Extracción de petróleo y gas	46,672	1,132,166	0.041
		Ramas seleccionadas total	681,581	3,985,133	0.171
		Todas las Ramas	742,436	20,762,760	0.036

Ramas estratégicas y altamente emisoras

Suman 15 las ramas estratégicas. En el caso de las ramas altamente emisoras de GEI tenemos un grupo de 22. En la *intersección* de estos dos conjuntos aparecen tres grupos:

- ▣ En el primero hay sólo cinco ramas que son simultáneamente estratégicas o claves por sus índices de encadenamiento, y altamente emisoras de GEI en términos absolutos y relativos: Energía eléctrica, Industrias metálicas básicas, Productos derivados del petróleo y el carbón, Autotransporte de carga y Extracción de petróleo y gas.

- ▣ En un segundo grupo consideramos dos ramas económicas: Aprovechamiento forestal y Minería. La combinación de estos dos grupos forma el conjunto que denominamos: *sector estratégico-contaminante*.
- ▣ Un tercer grupo de ramas en orden de importancia, lo constituyen cinco todas ellas asociadas al transporte: Transporte aéreo, Transporte por ferrocarril, Transporte por agua, Transporte terrestre de pasajeros y Transporte turístico. El total consiste de doce ramas económicas a las que consideramos las más relevantes para fines de mitigación de emisiones de GEI, es decir, que requieren especial atención para su regulación y para el cambio tecnológico.

MODELO DE INSUMO-PRODUCTO MEDIOAMBIENTAL PARA MÉXICO

Modelos aplicados de Insumo-Producto Medioambiental

Destacan dos tipos de modelos de Insumo-Producto Medioambientales (IPM) aplicados a la economía holandesa:

- ▣ El modelo dinámico llamado DIMITRI presenta como un elemento fundamental para la introducción de nuevas tecnologías, variables y ecuaciones que incluyen inversión por sector, capacidad instalada (existente y planeada) por sector, tasas de depreciación por sector y una matriz de coeficientes de capital que comprende el total de sectores o ramas de la economía. La tecnología instalada es una mezcla de tecnologías implementadas en periodos anteriores. Esta tecnología cambia cada año partir de la depreciación de la existente y de la nueva inversión, lo que se refleja en una matriz tecnológica cambiante en cada periodo annual. El modelo estima las matrices tecnológicas de la economía para cada año. Los autores aplican el modelo hacia adelante para pronosticar los efectos de nuevas tecnologías en escenarios futuros.

- ▣ El segundo modelo IPM aplicado a la economía holandesa, desarrollado por Brink e Idenburg (2007) difiere de DIMITRI en tres aspectos básicos: (1) no es dinámico; (2) tiene el propósito de analizar la selección de la *mejor* tecnología reductora de emisiones de GEI por sector entre varias disponibles, a partir de sus efectos y sus costos, para ello se hace un análisis de costo total mediante un modelo de optimización; (3) las tecnologías consideradas para selección son todas de las llamadas *add-on* o *end-of-the-pipe*,

Objetivos y supuestos del modelo IPM para México

Objetivos:

- ▣ Determinar en qué ramas de la economía es necesario realizar un cambio de tecnología para reducir la emisión total de GEI y
- ▣ cuáles serían los efectos de este cambio tecnológico en el mediano plazo

El modelo simula la aplicación de un conjunto de tecnologías reductoras en las ramas del sector denominado estratégico-contaminante y estima en primer lugar su efectividad para reducir las emisiones de GEI y en segundo lugar su impacto en términos de costos y de producción.

- ▣ El escenario alternativo supuesto es el de *Business as usual* (BAU) que implica la ausencia de cambio tecnológico en la estructura económica. Se toman como tasas de crecimiento de la economía mexicana, por un lado las registradas por agencias oficiales en el periodo 2008-2010 y las supuestas por esas mismas agencias para el periodo 2010-2020, por el otro se supone un crecimiento del PIB alternativo a una tasa de la mitad de la estimada para el periodo 2010-2020 que en términos de PIB per cápita es igual a cero.
- ▣ De las siete ramas que integran el sector que llamamos estratégico-contaminante, fue posible en seis de ellas simular la aplicación de tecnologías ya existentes que reducen en cada rama o sector específico las emisiones de GEI. En 2008 estas seis ramas representaron casi 60 por ciento de las emisiones totales de GEI, por lo que sin duda es el grupo de ramas relevante para las políticas de mitigación desde la perspectiva de la producción económica.

Tenemos cuatro escenarios alternativos:

- ❑ Escenario 1 (E1): no hay cambio tecnológico, la economía crece a una tasa constante del PIB de 3.5 por ciento anual del año 2, al año 12. El supuesto de crecimiento se tomó de la línea base del estudio de SEMARNAT (2009a).
- ❑ Escenario 2 (E2): no hay cambio tecnológico, la economía crece a una tasa constante del PIB de 1.7 por ciento anual del año 2, al año 12. Este crecimiento significa un PIB per cápita constante en el periodo.

- ▣ Escenario 3 (E3): hay un cambio simulado de tecnología en seis ramas del sector estratégico-contaminante. El cambio tecnológico ocurre en el año 4 (2012) pero comienza a dar resultados en el año 7 (2015).
- ▣ Escenario 4 (E4): como en E3 hay un cambio simulado de tecnología en seis ramas del sector estratégico-contaminante en los mismos periodos pero como en E2 la economía crece a una tasa constante del PIB de 1.7 por ciento anual del año 2, al año 12.

Modelo de estimación del costo de la contaminación por GEI

El modelo que se utiliza para el cálculo de los costos está basado en la matriz de distribución también conocida como matriz de Ghosh. Este modelo nos permite determinar el porcentaje de cambios en los precios resultante de los efectos de la contaminación como una externalidad negativa. El costo individual de este *mal* (lo contrario a un *bien*) económico es estimado como la diferencia porcentual entre el vector del valor bruto de la producción medido en términos de precios y el vector estimado del valor bruto de la producción que obtendríamos incluyendo los costos de las emisiones de GEI como si fueran insumos.

Los costos de la contaminación se estimar con este modelo sólo bajo los supuestos del E1, considerando los datos de todas las variables calculados para el año 2015.

RESULTADOS DEL MODELO APLICADO

1. Línea base (*Business as Usual*) 2008 a 2020.

Los primeros dos escenarios describen dos trayectorias sin cambio tecnológico para la reducción de emisiones de GEI, también llamadas líneas base o BAU, bajo dos supuestos de crecimiento del PIB distintos. El otro supuesto importante que se mantiene en los cuatro escenarios considerados es no hay ningún cambio en la *demanda agregada* ni en sus componentes ni en su estructura por rama en el periodo de estimación 2010-2020.

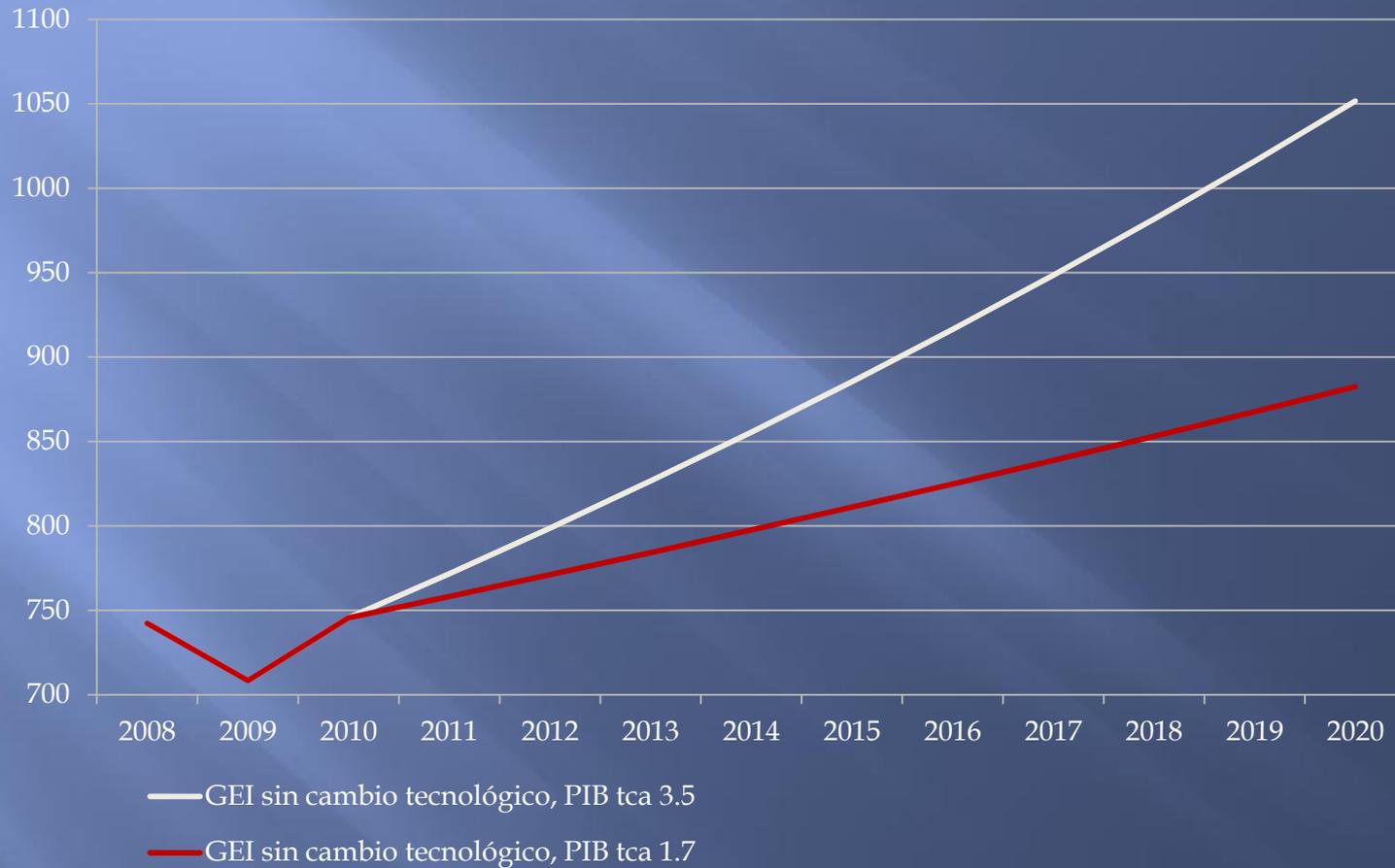
CUADRO 5 TRAYECTORIAS ESTIMADAS DE EMISIONES DE GEI

Año	Gg CO ² eq.	Variación %	Gg CO ² eq.	Variación %
2003	562,785.1		562,785.1	
2008	742,436.2	5.7	742,436.2	5.7
2009	708,366.9	-4.6	708,366.9	-4.6
2010	745,581.5	5.3	745,581.5	5.3
2011	771,676.8	3.5	758,256.4	1.7
2012	798,685.5	3.5	771,146.7	1.7
2013	826,639.5	3.5	784,256.2	1.7
2014	855,571.9	3.5	797,588.6	1.7
2015	885,516.9	3.5	811,147.6	1.7
2016	916,510.0	3.5	824,937.1	1.7
2017	948,587.8	3.5	838,961.0	1.7
2018	981,788.4	3.5	853,223.3	1.7
2019	1,016,151.0	3.5	867,728.1	1.7
2020	1,051,716.3	3.5	882,479.5	1.7
2020-2003	488,931.2	86.9	319,694.4	56.8

GRÁFICA 1

México: Emisiones de GEI-Línea Base BAU-, 2008-2020

(Miles de Gigagramos CO₂ eq)



Fuente: resultados obtenidos mediante el modelo

2. Introducción de cambio tecnológico y reducción de las emisiones de GEI.

El tipo de cambio tecnológico que se simuló en seis ramas del sector estratégico-contaminante consistió en sustituir el vector columna de coeficientes técnicos de cada una de esas ramas de la MIP de México por otros vectores de la misma magnitud pero de composición diferente que fueron tomados de la MIP de Canadá, en donde estas ramas han probado ser menos contaminantes en términos relativos que las correspondientes de México, es decir son probadamente más eficientes.

CUADRO 6

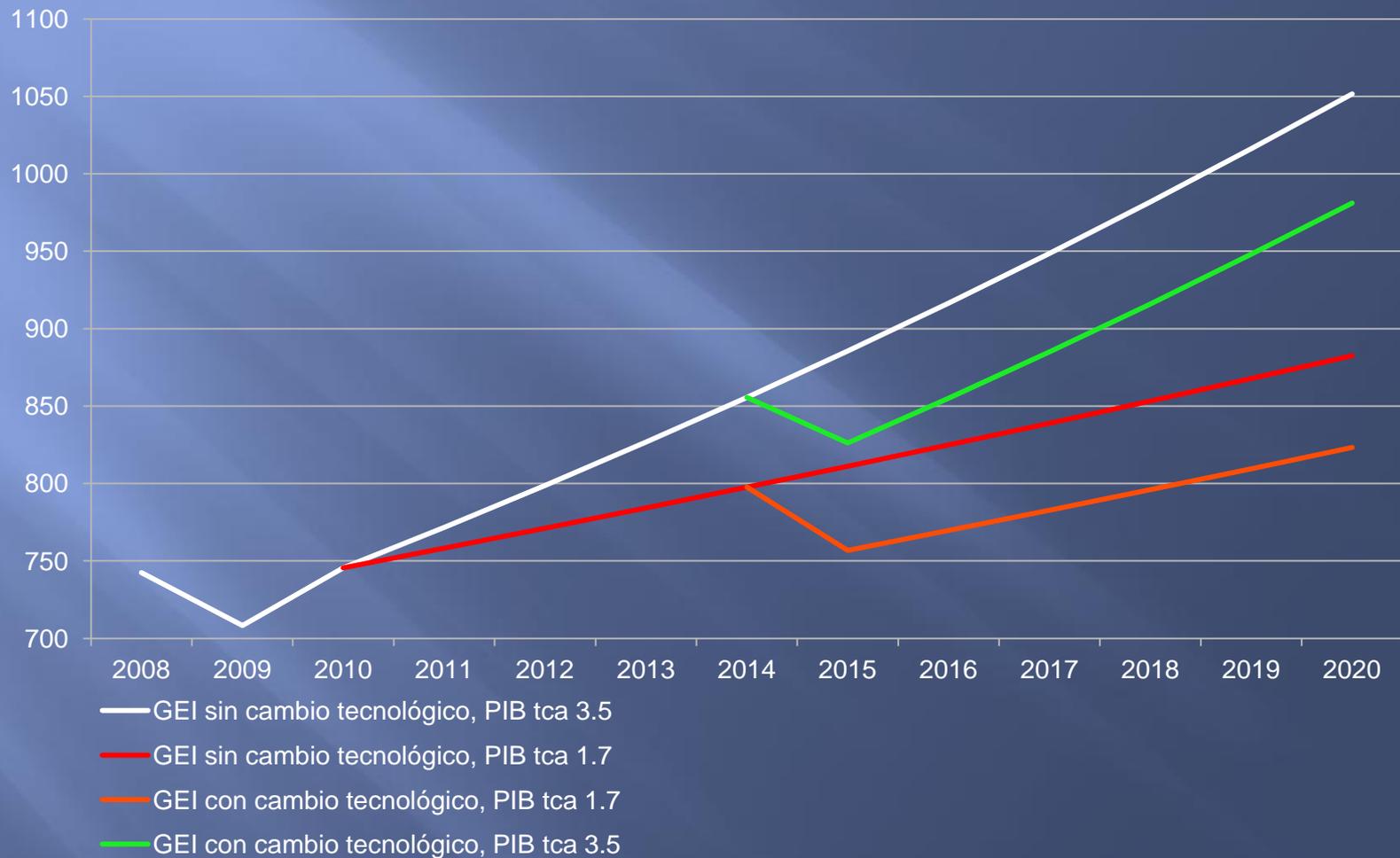
EMISIONES DE GEI ESTIMADAS CON CAMBIO TECNOLÓGICO

Gg CO2 eq.

Año	Escenario 1	Escenario 3	% var	Escenario 2	Escenario 4	% var
2008	742,436.2	742,436.2		742,436.2	742,436.2	
2009	708,366.9	708,366.9	-4.6	708,366.9	708,366.9	-4.6
2010	745,581.5	745,581.5	5.3	745,581.5	745,581.5	5.3
2011	771,676.8	771,676.8	3.5	758,256.4	758,256.4	1.7
2012	798,685.5	798,685.5	3.5	771,146.7	771,146.7	1.7
2013	826,639.5	826,639.5	3.5	784,256.2	784,256.2	1.7
2014	855,571.9	855,571.9	3.5	797,588.6	797,588.6	1.7
2015	885,516.9	826,139.0	-3.4	811,147.6	756,756.5	-5.1
2016	916,510.0	855,053.9	3.5	824,937.1	769,621.3	1.7
2017	948,587.8	884,980.8	3.5	838,961.0	782,704.9	1.7
2018	981,788.4	915,955.1	3.5	853,223.3	796,010.9	1.7
2019	1,016,151.0	948,013.5	3.5	867,728.1	809,543.1	1.7
2020	1,051,716.3	981,194.0	3.5	882,479.5	823,305.3	1.7
2008-2020	309,280.1	238,757.8	32.2	140,043.3	80,869.1	10.9

Como era de esperar el nivel estimado de las emisiones de GEI medido en Giga-gramos de CO₂ equivalente entre los años 2015 y 2020 es inferior con cambio tecnológico que sin cambio tecnológico. La reducción importante ocurre en el año 2015 que es cuando se supone maduran las nuevas tecnologías simuladas. Desde luego, el descenso en las emisiones es mayor a tasas bajas de crecimiento del PIB que a tasas altas. Finalmente es de destacar que el cambio tecnológico simulado ocurre sólo en seis ramas económicas pero su efecto se esparce a las demás por ser estratégicas.

GRÁFICA 2
México: Emisiones de GEI sin y con cambio tecnológico, 2008-2020
(Miles de Gigagramos CO₂)



Fuente: resultados obtenidos mediante el modelo

3. Cambios en las emisiones de GEI por rama

En el Cuadro 7 se presentan las estimaciones del modelo de las emisiones de GEI para los años 2015 y 2020 así como las registradas en el año 2008 para un conjunto de 16 ramas todas ellas estratégicas dentro de la MIP y/o altas emisoras de GEI en el año 2008. De hecho estas ramas como se aprecia en el Cuadro representaron en 2008, 88 por ciento del total de emisiones de GEI de la economía. Entre ellas se encuentran las que se seleccionaron para simular el cambio tecnológico y de ellas cuatro reducen sus emisiones de GEI en ambos escenarios, 3 y 4, en términos absolutos entre 2008 y 2020, éstas fueron: Aprovechamiento forestal, Extracción de petróleo y gas, Minería e Industrias metálicas básicas.

CUADRO 7
VARIACIONES ESTIMADAS DE LAS EMISIONES DE GEI 2008-2020 POR RAMA
EN RAMAS SELECCIONADAS
Gg CO2 eq.

No.	Rama	Año Base 2008	Escenario 3			
			2015	2020	Abs.Var.	Var. %
9	Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	176,124.8	183,765.5	218,255.7	42,130.9	23.9
39	Autotransporte de carga	91,189.0	100,720.8	119,624.7	28,435.7	31.2
3	Aprovechamiento forestal	69,980.2	41,567.8	49,369.5	-20,610.8	-29.5
64	Manejo de desechos y servicios de remediación	61,865.8	128,508.0	152,627.2	90,761.4	146.7
40	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	61,552.9	74,129.8	88,043.0	26,490.0	43.0
10	Agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	53,220.4	71,710.1	85,169.1	31,948.7	60.0
6	Extracción de petróleo y gas	46,672.5	20,278.3	24,084.2	-22,588.2	-48.4
26	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	34,429.1	40,267.6	47,825.2	13,396.1	38.9
27	Industrias metálicas básicas	30,713.2	6,724.9	7,987.1	-22,726.1	-74.0
36	Transporte aéreo	6,094.3	7,152.6	8,495.1	2,400.8	39.4
24	Industria química	5,857.3	6,606.2	7,846.0	1,988.7	34.0
7	Minería de minerales metálicos y no metálicos	5,146.9	1,670.7	1,984.3	-3,162.6	-61.4
23	Fabricación de productos derivados del petróleo y carbón	4,686.2	5,509.6	6,543.6	1,857.4	39.6
37	Transporte por ferrocarril	2,230.3	3,650.2	4,335.3	2,105.0	94.4
38	Transporte por agua	1,848.5	2,477.6	2,942.6	1,094.1	59.2
42	Transporte turístico	1,457.6	19,677.3	23,370.4	21,912.8	1,503.4
	Ramas seleccionadas total	653,069.1	714,416.8	848,503.1	195,433.9	29.9
	Todas las Ramas	742,436.2	826,139.0	981,194.0	238,757.8	32.2

4. Cambio Tecnológico y crecimiento de la producción bruta

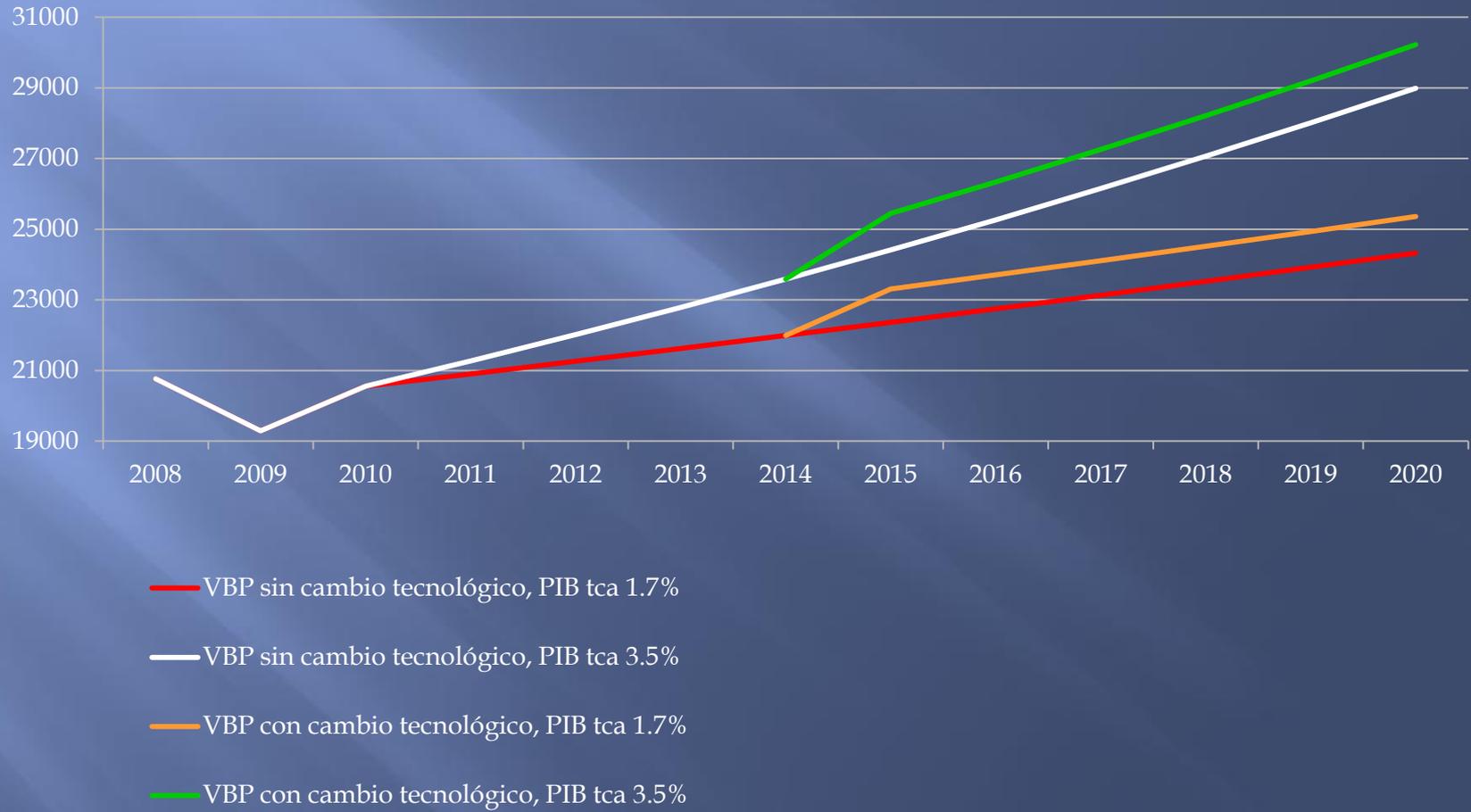
El Cuadro 8 y la Gráfica 3 muestran la trayectoria del Valor Bruto de la Producción a precios de 2008 en los cuatro escenarios considerados. Aunque el indicador puede no ser totalmente adecuado para medir el crecimiento económico, refleja de cualquier manera el impulso favorable del cambio tecnológico simulado en la tendencia general de la economía. Se puede apreciar con claridad que una modificación en la matriz de coeficientes técnicos producida por un cambio tecnológico en ramas estratégicas tiene efectos importantes y benéficos como son la reducción de la emisión de contaminantes y el crecimiento del producto simultáneamente, a pesar de lo limitado del cambio tecnológico simulado.

CUADRO 8
VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN ESTIMADO 2008-2020
 Millones de Pesos

Año	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
2008	20,762,760	20,762,760		
2009	19,288,541	19,288,541		
2010	20,553,421	20,553,421		
2011	21,272,790	20,902,829		
2012	22,017,338	21,258,177		
2013	22,787,945	21,619,566		
2014	23,585,523	21,987,098	23,585,523	21,987,098
2015	24,411,016	22,360,879	25,446,104	23,309,036
2016	25,265,402	22,741,014	26,336,717	23,705,289
2017	26,149,691	23,127,611	27,258,502	24,108,279
2018	27,064,930	23,520,781	28,212,550	24,518,120
2019	28,012,203	23,920,634	29,199,989	24,934,928
2020	28,992,630	24,327,285	30,221,989	25,358,822

GRÁFICA 3

México: Valor Bruto de la Producción sin y con cambio tecnológico, 2008-2020
(Millones de pesos, 2008:100)



Fuente: resultados obtenidos mediante el modelo

5. El modelo de costos de la contaminación.

Con el modelo de precios se estimaron los costos relativos de las emisiones de GEI como efectos negativos de la producción regular de la economía sin cambio tecnológico. En el Cuadro 9 se muestran las estimaciones individuales para ramas seleccionadas y la del conjunto de las ramas de la economía. El costo total de las emisiones de GEI representa 3.7 por ciento del Valor Bruto de la Producción.

CUADRO 9

PRODUCTO BRUTO Y COSTOS DE LA CONTAMINACIÓN ESTIMADOS PARA 2015

Millones de Pesos de 2008

Rama	VBP sin costos cont.	VBP con costos cont.	Diferencias		% del total
			absolutas	rel.	
Todas las Ramas	24,362,871.5	25,265,340.4	902,468.9	3.7	100
Ramas seleccionadas	13,211,216.1	13,875,690.3	664,474.2	5.0	73.6
1 14 Industria alimentaria	1,455,287.5	1,542,253.8	86,966.3	6.0	9.6
2 11 Edificación	1,207,596.5	1,289,114.9	81,518.4	6.8	9.0
3 9 Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	643,046.4	706,605.5	63,559.1	9.9	7.0
4 20 Industria de la madera	76,049.9	133,615.2	57,565.3	75.7	6.4
5 32 Fabricación de equipo de transporte	1,091,494.6	1,137,716.9	46,222.3	4.2	5.1
6 27 Industrias metálicas básicas	502,877.0	543,776.9	40,899.9	8.1	4.5
7 30 Fabricación de equipo de computación y electrónicos	659,355.4	699,818.3	40,462.9	6.1	4.5
8 24 Industria química	754,649.0	792,056.8	37,407.7	5.0	4.1
9 23 Fabricación de productos derivados del petróleo y carbón	741,095.5	770,849.1	29,753.7	4.0	3.3
10 12 Construcción de obras de ingeniería civil u obra pesada	691,826.7	719,150.9	27,324.2	3.9	3.0
11 26 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	298,116.8	316,605.9	18,489.1	6.2	2.0
12 31 Fab. de equipo de generación eléctrica y aparatos eléctricos	289,513.6	305,891.6	16,378.0	5.7	1.8
13 28 Fabricación de productos metálicos	220,994.0	237,190.5	16,196.4	7.3	1.8
14 39 Autotransporte de carga	747,893.3	762,262.1	14,368.8	1.9	1.6
15 61 Servicios profesionales, científicos y técnicos	690,536.3	702,035.7	11,499.4	1.7	1.3
16 6 Extracción de petróleo y gas	1,296,289.4	1,307,209.8	10,920.4	0.8	1.2
17 25 Industria del plástico y del hule	198,280.9	208,288.4	10,007.6	5.0	1.1
18 29 Fabricación de maquinaria y equipo	178,893.5	188,073.0	9,179.5	5.1	1.0
19 33 Fabricación de muebles y productos relacionados	67,698.6	76,463.1	8,764.5	12.9	1.0
20 40 Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	492,065.4	500,775.4	8,710.0	1.8	1.0
21 21 Industria del papel	162,098.0	169,942.7	7,844.7	4.8	0.9
22 1 Agricultura	383,207.9	390,291.3	7,083.4	1.8	0.8
23 7 Minería de minerales metálicos y no metálicos	134,114.4	138,792.3	4,677.9	3.5	0.5
24 36 Transporte aéreo	87,263.4	90,483.8	3,220.4	3.7	0.4
25 10 Agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	42,321.6	45,334.4	3,012.8	7.1	0.3
26 37 Transporte por ferrocarril	41,599.2	42,544.1	945.0	2.3	0.1
27 38 Transporte por agua	26,391.3	27,207.4	816.2	3.1	0.1
28 3 Aprovechamiento forestal	30,660.3	31,340.5	680.2	2.2	0.1

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

1. Conclusiones a partir de los resultados del modelo

Los resultados del modelo ilustran claramente la forma en que las emisiones de GEI son generadas (como sub-productos) en la estructura de la economía mexicana. Muestran que son las ramas del sector energético las que más emisiones emiten y las que por su capacidad de difundir influencias estimulan indirectamente las emisiones de GEI del resto de las ramas económicas.

Queda claro que a menos que haya un gran cambio tecnológico en todas las ramas del sector energético y las asociadas a los servicios de transporte, hay pocas probabilidades de que se reduzca la tendencia a producir cada vez más emisiones de GEI si hay crecimiento económico.

El impacto de un cambio tecnológico simulado en seis ramas estratégicas y altamente contaminantes parece reducido. No es así, hay que recordar que en cuatro de las seis se reduce la emisión en términos absolutos entre el año base 2008 y el año meta que es 2020 sin sacrificar crecimiento. Lo que significa que si el cambio tecnológico abarca más ramas importantes y se usan tecnologías más audaces los resultados pueden ser sorprendentes, sin reducir o cancelar las posibilidades de crecimiento económico

Por su parte, el modelo de precios utilizado para estimar los costos atribuibles a las emisiones de GEI, muestra que estos sub-productos tienen distinta importancia en las diferentes ramas pero que en conjunto asciende a 4 por ciento del Valor Bruto de la Producción.

2. Recomendaciones de política

De los debates y las experiencias respecto a las políticas para reducir las emisiones de GEI que ocasionan el Cambio Climático, así como de los resultados de la aplicación del modelo IPM para México se desprenden algunas lecciones que pueden servir como recomendaciones de política:

- ▣ Las políticas basadas primordialmente en el mercado libre dan resultados no eficientes, inequitativos, insuficientes o tardíos por imperfecciones de la competencia. Es decir, en esta área es común la “falla del mercado”. Lo que implica la necesidad de participación directa e indirecta del Estado en la aplicación de medidas que induzcan los cambios tecnológicos que se requieren en las áreas que se requieren con oportunidad y eficiencia.

- ▣ El sector energético y el del transporte constituyen en México y en otros países, los que requieren el cambio tecnológico de mayor profundidad para abatir la emisión de GEI y son los que a su vez difundirán sus efectos favorables con mayor fuerza que otros sectores al resto de la economía.
- ▣ En México además del sector energético hemos podido identificar otras ramas que requieren inmediata y especial atención en materia de política de mitigación.
- ▣ Sin abandonar los mecanismos del mercado, es necesaria en México la actividad del Estado en materia regulatoria para promover los cambios tecnológicos que el problema requiere para su atención. La propiedad estatal de las dos grandes empresas productoras de energía hace favorable la introducción de estos cambios, reduce los costos económicos y políticos y facilita el control y coordinación de las acciones.

- ▣ La experiencia del IPCC y de la OECD que se muestra en los estudios que revisamos indica que para avanzar en el desarrollo tecnológico es requisito indispensable la acción directa y decidida del Estado a través de diversos mecanismos.
- ▣ Finalmente, la experiencia de Canadá especialmente en materia Forestal nos muestra que este sector puede pasar de ser gran generador de emisiones de GEI a absorber CO₂ en forma importante en un lapso relativamente corto y sin grandes erogaciones financieras pero con una política estatal clara y decidida.

MUCHAS GRACIAS

