

Libre comercio y polución en el sector manufacturero en México:

Verificación de la curva de Kuznets invertida a nivel estadual

Elena Catalina Jáuregui Nolen, Héctor González García, José de Jesús Salazar Cantú y Raymundo Cruz Rodríguez Guajardo

Elena Catalina Jáuregui Nolen, Estudiante del programa de MSc Environment and Development, London School of Economics and Political Science.

Héctor González García, Estudiante del programa de Doctorado en Ciencias Sociales con especialidad en Desarrollo Social, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.

José de Jesús Salazar Cantú, Profesor de Economía, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.

Raymundo Cruz Rodríguez Guajardo, Profesor de Economía, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.

El presente artículo es una versión adaptada de un artículo que ha sido aceptado en la revista Ensayos, de la Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, la cual concedió el permiso para su publicación.

El artículo discute las diferentes posiciones acerca del debate sobre las consecuencias ambientales de los Tratados de Libre Comercio.

Algunos autores temen que a través de ellos se genere una reducción de los requisitos ambientales (ya sea para atraer inversiones extranjeras o para ayudar a la industria local). El TLCAN tuvo un fuerte impacto sobre las exportaciones de manufacturas. Este trabajo estudia el efecto que la liberalización del comercio de México tuvo sobre el nivel de polución generado por el sector manufacturero en los distintos estados del país.

La literatura sobre el tema utiliza diferentes métodos, por ejemplo: algunos construyen una curva de Kuznetz ambiental para determinar los efectos del libre comercio sobre el medio ambiente, otros analizan la inversión extranjera directa, el análisis de los cambios en cada sector.

A través del análisis econométrico, el trabajo estima que la integración de México al comercio internacional tuvo una relación positiva aunque pequeña con los niveles de polución manufacturera entre 1993 y 2000. Si todo lo demás permanece constante un aumento del 10% de apertura económica incrementa un 2,03% el índice de volumen de polución.

1. Introducción

CUANDO MÉXICO FIRMÓ EL TRATADO DE LIBRE COMERCIO DE AMÉRICA DEL Norte (TLCAN), se discutió mucho acerca de las consecuencias ecológicas de un contrato de ese tipo. Las dos opiniones extremas sobre las consecuencias posibles eran las de Jagdish Bhagwati y Herman Daly. Bhagwati cree que el libre comercio ayuda a mejorar el medio ambiente porque permite que un país importe tecnología que genera un menor impacto ambiental. Además, el aumento eventual del ingreso promedio aumentaría la demanda social de un medio ambiente más limpio, lo que se expresa en la curva de Kuznets ambiental (EKC, por su sigla en inglés) (Bhagwati, 1994). Daly, por otro lado, creía que México se convertiría en un paraíso de la polución, ya que la industria contaminante emigraría hacia México tratando de escapar de los costos más altos asociados con la reducción de la polución (Gallagher, 2004).

La economía de México atravesó varias reformas estructurales luego de la crisis de comienzos de la década de 1980. La estrategia de liberalización del comercio comenzó en 1986 con la integración al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT, por su sigla en inglés), seguida por los acuerdos de integración regional, de los cuales el TLCAN fue el primero y el más importante. El TLCAN comenzó a funcionar el primero de enero de 1994. En noviembre de 2006, México

ya había firmado 12 acuerdos similares más, que abarcaban el comercio con otros 17 países, más los de la Unión Europea. El TLCAN es el único tratado de comercio que incluye un protocolo ambiental.

Al mismo tiempo, en el plano internacional, los países empezaban a acercarse para abordar el problema del medio ambiente mundial. En 1992, los países firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que fijaba el marco y dividía a los países entre los incluidos en el Anexo I y los no incluidos en el Anexo I¹, para un acuerdo legalmente vinculante posterior conocido como Protocolo de Kyoto. Éste entró en vigencia en diciembre de 1997, cuando se acordaron metas² para que cada país del Anexo I redujera las emisiones anuales producidas dentro del país según un porcentaje determinado basado respecto del nivel de la década de 1990. Esto generó un importante debate en torno del problema de la *fuga de carbono*, la teoría de que la emisión de dióxido de carbono aumentaría en los países no incluidos en dicho Anexo como consecuencia de la reducción de las emisiones en los países incluidos en el mismo, en el contexto de las metas fijadas en el Protocolo de Kyoto. (Jacoby, Eckaus, Ellerman, Prinn, Reiner y Yang, 1997). Si la teoría es correcta, la meta mundial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) sólo generaría una migración desde los países desarrollados hacia los países en desarrollo, y no una baja general de las emisiones, por lo que se mantendría el problema mundial del cambio climático.

El debate acerca de las consecuencias ambientales de los acuerdos de libre comercio empezó a fines de la década de 1970, y todavía es un tema muy polémico. Algunos temen que se genere una reducción generalizada de los requisitos ambientales a fin de atraer inversiones extranjeras o a fin de ayudar a la industria local. Este fenómeno se denomina *competencia desenfrenada* (Murandian y Martínez-Alier, 2000). Algunos de estos temores se basan en los daños ambientales registrados en la frontera entre Estados Unidos y México cuando se establecieron las maquiladoras en la zona. Como se indica en Steininger (1994), es posible que esos daños se deban a las normas ambientales de México, relativamente laxas si se las compara con las de Estados Unidos.

La liberalización del comercio en México tuvo un efecto evidente de aumento de las exportaciones de manufacturas. Desde 1985, las manufacturas son la principal exportación de México, en reemplazo del petróleo. En septiembre de 2006, las manufacturas representaban el 82,5%³ del total de exportaciones. Teniendo en cuenta la importancia del medio ambiente para el desarrollo sostenible y la gran importancia que ha tenido la producción manufacturera para las exportaciones, este estudio apunta a analizar el efecto que la liberalización del comercio de México tuvo sobre el nivel de polución generado por el sector manufacturero en los distintos estados. El análisis de datos a nivel de los estados no ha sido muy utilizado en estudios empíricos de países en desarrollo. Es importante tener en cuenta la heterogeneidad que existe entre los estados de México. Por ejemplo, la legislación ambiental⁴ (y la aplicación de esa legislación) son distintas en cada estado del país. Además, en Salazar y Varella (2004) se señala que los efectos de la liberalización del comercio sobre la producción fueron diferentes en los distintos estados. Por lo tanto, si se tienen en cuenta esas diferencias, es posible lograr una mejor estimación de la relación que se está analizando.

[1] Los países desarrollados incluidos en el Anexo I son: Australia, Austria, Belarús, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Croacia, República Checa, Dinamarca, Estonia, la Unión Europea, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Japón, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Mónaco, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Federación Rusa, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía, Ucrania, Reino Unido y Estados Unidos. Los países no incluidos son todos los demás países que suelen ser países en desarrollo (CNUMAD).

[2] Las metas se basaron en una canasta de seis GEI: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, HFC-23, HFC-134a y hexafluoruro de azufre.

[3] Los cálculos están basados en información tomada del BIE-INEGI, consultado el 6 de diciembre de 2006.

[4] El Gobierno federal es responsable de establecer normas ambientales federales, pero cada estado debe legislar sus propias leyes ambientales. Incluso los gobiernos municipales han adoptado su propio conjunto de leyes con respecto al medio ambiente. (CCA, 2004: 16).

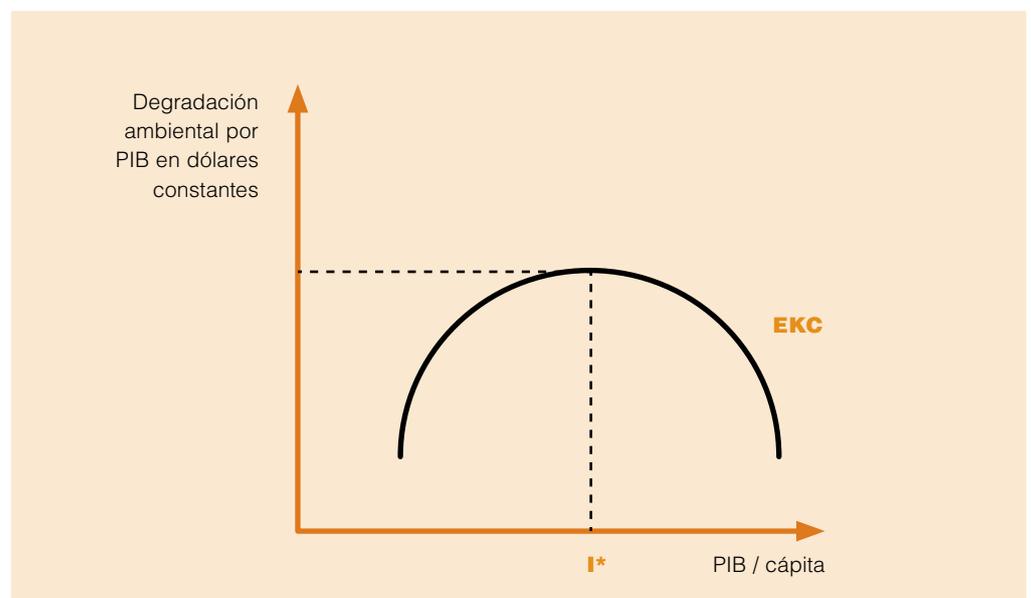
2. Relevamiento de la bibliografía

2.1 Investigaciones generales

En la teoría neoclásica sobre el comercio internacional, el teorema de Heckscher y Ohlin sobre ventaja comparativa indica que el libre comercio contribuye a que cada país exporte aquellos bienes que emplean de manera intensiva el factor abundante en el mismo (Wong, 1997: 91). Siguiendo la idea implícita del teorema y tomando el medio ambiente como recurso, podría establecerse una hipótesis en relación con la liberalización del comercio: los países que tienen recursos ambientales relativamente abundantes tienden a cambiar su producción a favor de bienes que implican un uso intensivo de esos recursos, lo que incrementa el riesgo de que se generen mayores niveles de polución. Daly predijo lo mismo de la siguiente manera: “Los costos de la degradación ambiental crecen más rápido que los beneficios del crecimiento económico, lo que en última instancia nos hace más pobres, no más ricos” (Daly, 1994: 12). Además, en Lucas, Wheeler y Hettegge (1992: 67) se indica que: “Incluso si no hubiese normativas ambientales en las economías más ricas, el libre comercio podría, en estas condiciones, generar un crecimiento desproporcionadamente rápido de la polución industrial en los países en desarrollo. El aumento de la intensidad de emisión del sector manufacturero que se da con el mayor ingreso podría reflejar un cambio a favor de una ventaja comparativa de las manufacturas a nivel general, y, a nivel particular, de los sectores intensivos en capital (industria pesada), que casualmente también generan una polución más intensa.”

La especialización de la producción que genera la liberalización del comercio permite que cada país asigne recursos de manera más eficiente, con lo que llega a mayores niveles de producción y de ingreso. Asimismo Radetski (1994: 134) sostiene que el medio ambiente es un bien normal. A partir de esa idea, si el comercio internacional aumenta el ingreso, también promueve la calidad ambiental. Radetski (1994: 131) propone la relación ilustrada en el siguiente diagrama.

Gráfico 1. Ingreso y el medio ambiente: Curva de Kuznets ambiental



En el gráfico se muestra que el ingreso per cápita y la degradación ambiental tienen una relación positiva hasta que se llega a un nivel promedio I^* de ingreso per cápita. A partir de ese punto, a medida que aumenta el ingreso per cápita, la relación se invierte. Esta relación se denomina curva de Kuznets ambiental⁵. La forma puede deberse al patrón de desarrollo de un país: se genera más contaminación cuando *despega* la industrialización, pero en los mayores niveles de desarrollo aparecen cambios estructurales, tecnologías más eficientes y una mayor demanda de calidad ambiental, lo que genera una reducción de la degradación ambiental (Panayotou, 2000:2).

[5] La curva de Kuznets ambiental (EKC) representa una relación similar a la que describe Simon Kuznets (1955) entre el ingreso per cápita y la desigualdad del ingreso.

Selden, Forrest y Lockhart (1999) resumen los tres mecanismos mediante los que es posible determinar los efectos que tiene en el ambiente el crecimiento económico causado por el comercio internacional. Se trata de los siguientes mecanismos: el efecto de *escala*, el de *composición* y el *técnico*. El efecto *escala* es el que se da cuando el libre comercio hace que se expanda la producción. Si en el proceso productivo no se dan cambios pero aumenta la producción, entonces la polución aumenta. El efecto de *composición* es el que ocurre cuando los cambios en la política comercial hacen que un país se especialice en su ventaja comparativa. Si se crea una ventaja comparativa como consecuencia de parámetros ambientales relativamente más laxos, este efecto puede provocar un aumento de la polución. El tercer efecto, el *técnico*, ocurre cuando los cambios tecnológicos mejoran los procesos de producción para que contaminen menos; esa idea fue planteada originalmente por Grossman y Krueger (1993) sobre la base del supuesto de que la nueva tecnología sería más eficiente en el uso de la energía y utilizaría fuentes energéticas más limpias. Las tecnologías más limpias pueden ser el resultado de transferencias internacionales generadas mediante el libre comercio e inversores extranjeros, o mediante el incremento de la demanda de procesos más limpios por parte de los ciudadanos, a medida que el libre comercio eleva el ingreso personal.

Además, algunos sostienen que la curva de Kuznets ambiental adopta su forma porque los países ricos exportan sus industrias sucias a países de ingresos más bajos y, de ese modo, crean una *fuga de polución* más allá de sus fronteras (Bruvo y Fæhn, 2006). Esto se relaciona con los temores por la *fuga de carbono*, que es la fuga de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, los acuerdos firmados en el Protocolo de Kyoto establecieron un límite para las emisiones industriales de los países del Anexo I (por ejemplo, Estados Unidos desde 1997 hasta la denuncia del Protocolo en 2001), lo que volvió a las políticas climáticas más rigurosas en esos países que en los que no correspondían al Anexo I (como México). Por lo tanto, los acuerdos internacionales también podrían afectar los niveles de polución en México.

Al examinar la relación entre el ambiente y el comercio, en primer lugar, es importante determinar si la liberalización del comercio en verdad promueve el crecimiento económico, aumenta el ingreso y, en consecuencia, puede tener un efecto benéfico en el ambiente, como sostiene Bhagwati. Rodríguez y Rodrik (1999) presentan un análisis crítico de estudios importantes basados en esta relación y concluyen que no hay consenso en la bibliografía pero que la mayor parte de los datos confirman la hipótesis teórica de una relación positiva entre el comercio internacional y el ingreso. Díaz-Bautista (2003) concluyó que esa relación se dio en México entre los años 1970 y 2000. Además, Salazar y Varella (2004) estimaron efectos positivos del crecimiento de la producción manufacturera en la especialización de las exportaciones utilizando datos a nivel de sus estados.

Bhagwati concuerda con que el libre comercio expande el crecimiento económico y la producción. Cree que eso ayudará al ambiente, porque el aumento de los ingresos tributarios generados por la expansión del comercio puede utilizarse para la conservación (Bhagwati, 1994). Además, este autor explica que el libre comercio puede ayudar a mejorar el ambiente transfiriendo tecnologías más limpias a los países en desarrollo. Esa explicación se basa en la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental.

Grossman y Krueger (1993) fueron los primeros en poner a prueba la curva de Kuznets ambiental y en hallar pruebas empíricas de su cumplimiento. Ellos concluyeron que el punto de inflexión común del azufre y el humo en la curva está en torno de los US\$5.000 (en paridad de poder adquisitivo de 1985) per cápita promedio de producto interno bruto (PIB). Si bien México alcanzó un promedio de US\$8.000 per cápita de PIB en 1999, aún no llegó al punto de inflexión de la curva de Kuznets ambiental (Gallagher, 2002). Según la polución que se considere, en el mejor de los casos, el rango de puntos estimados de inflexión es muy amplio. List y Gallet (1999) realizaron un análisis a nivel de los estados de la polución del aire en Estados Unidos entre los años 1929 y 1994. Hallaron puntos estimados de inflexión en US\$10.778 (en dólares de 1987) de ingreso per cápita para el óxido de nitrógeno (NO₂) y en US\$20.138 (dólares de 1987) de ingreso per cápita para el dióxido de azufre (SO₂). En cambio, se concluyó que el dióxido de carbono (CO₂) aumenta con el ingreso sin punto de inflexión (Neumayer, 2003).

Gallegher (2005) afirma que son limitados los indicios de una curva de Kuznets para un solo país. La mayoría de los primeros estudios sobre la curva de Kuznets utilizan datos cruzados de países en un grado considerable de desarrollo (Gallegher, 2005: 6). El presente documento contribuye a entender la curva de Kuznets analizando un único país en desarrollo, México, y un índice agregado de polución ponderado según el riesgo, en función de la toxicidad para la salud humana.

2.2 México

Se han realizado diversas investigaciones a fin de resolver el debate acerca de los efectos del libre comercio sobre el ambiente en México. Si bien se utilizó una gran variedad de métodos, no hay consenso en cuanto a esos efectos. Grossman y Krueger (1993) llevaron a cabo un estudio transversal para 1987, en el que analizaron si los elevados costos de la reducción de contaminantes del aire en Estados Unidos afectaban sus importaciones de México. Los autores hallaron una relación positiva entre el aumento de los costos y el crecimiento de las importaciones desde México, pero pequeña y estadísticamente no significativa. Además, Kahn (2001) comparó la polución del Toxic Release Inventory (TRI) en Estados Unidos y otros países -México, entre otros- para 1972, 1982 y 1992. Kahn concluyó que el nivel de polución se había reducido en los bienes importados de México por parte de Estados Unidos.

Otros estudios se concentraron en determinar si México es un refugio de polución analizando la inversión extranjera directa (IED). Eskeland y Harrison (1997) no hallaron ninguna asociación sólida entre los costos de reducción de la polución y los egresos de inversión extranjera directa en un estudio transversal para el año 1990. Por otra parte, Waldkirch y Gopinath (2004) concluyeron que las industrias en las que hay una relación positiva entre la IED y los niveles de polución del aire reciben casi el 40% de todo el ingreso de IED en México. Además, esas industrias representan el 30% de todo el producto.

Un método distinto utilizado para evaluar los efectos del libre comercio en la polución es el de analizar los cambios en cada sector. Gallagher (2004) comparó cinco de las industrias más sucias en términos de contaminación del aire en Estados Unidos con las mismas industrias en México para los años 1988, 1994 y 1998. Descubrió que la producción manufacturera de esas industrias decrecía en Estados Unidos pero, sorprendentemente, decrecía con aún más rapidez en México, lo que descarta la hipótesis de que las industrias contaminantes de Estados Unidos se trasladaban a México. En un estudio posterior, realizado para el período 1988-2000, Gallagher (2002) halló que las emisiones en México se habían reducido un 10% entre 1988 y 1994 pero que, después del TLCAN, entre 1994 y 2000, las emisiones se duplicaron.

Islas-Camargo (2002) calculó la ventaja comparativa revelada de cinco industrias sucias en 34 países –entre ellos México–, para los años 1970-1972, 1980-1982 y 1990-1992. Las cinco industrias sucias consideradas son los metales ferrosos, los metales no ferrosos, las sustancias químicas, los derivados de petróleo y por último el papel, las imprentas y las editoriales. En general, el autor llegó a la conclusión que los países en desarrollo tienden a formar una ventaja comparativa revelada en estas industrias sucias, mientras que los países desarrollados tienen la tendencia opuesta. El estudio demostró que específicamente México, en particular, tiene una ventaja comparativa revelada en metales ferrosos y derivados de petróleo, ventaja que no tenía en los primeros años de 1970-1972.

Los métodos utilizados, al igual que los resultados obtenidos al estudiar los efectos del libre comercio sobre los niveles de polución, son sumamente dispares. Uno de los mayores problemas es la falta de información sobre la polución en México. Muchos estudios sobre el ambiente y los procesos de producción se realizan con datos adaptados de Estados Unidos. Adriaan Ten Kate (1993) fue el primero en utilizar datos del Industrial Pollution Projection System (IPPS) de Estados Unidos y adaptarlos a México. Ese sistema proporciona datos estimados de las intensidades de polución por unidad de producción o cantidad de empleados en cada sector. Ten Kate observó que la cantidad de industrias contaminantes en el sector manufacturero de México se había incrementado un 50% entre 1950 y 1970 pero sólo un 25% entre 1970 y 1989. El autor explicó que ese cambio se debe al efecto de composición. Asimismo, afirmó que las industrias manufactureras contaminaban 20 veces más en 1989 que en 1950, lo que se explica por el efecto de escala.

3. La polución en la industria manufacturera de México

Dado que no hay suficientes datos sobre polución a nivel de los estados en México, para su elaboración se utilizó el IPPS. Se realizaron cálculos adaptando la intensidad tóxica aguda lineal humana⁶, estimada por Hettige, Martin, Singh y Wheeler (1995) para 74 industrias de Estados Unidos en 1987 a la producción manufacturera de México. Las 74 industrias estadounidenses se agruparon en las nueve divisiones manufactureras del Sistema de Cuentas Nacionales de México. Las nueve divisiones manufactureras se utilizaron por lo accesible de los datos. En el siguiente cuadro se exponen las ponderaciones de polución ajustadas por riesgo en libras* por cada US\$1.000.000 de producción para cada una de las nueve divisiones manufactureras:

[6] Hettige et al (1995) calcularon un índice de inventario de emisión tóxica (Toxic Release Inventory o TRI) para 74 industrias de Estados Unidos para 1987 en libras por cada US\$1.000.000 de producción. Hettige *et al* utilizaron información del Toxic Chemical Release Inventory, elaborado por la Environmental Protection Agency (EPA), referido a las emisiones anuales de 328 sustancias químicas tóxicas producidas por alrededor de 20.000 empresas industriales de Estados Unidos durante 1987. Las cantidades anuales de sustancias contaminantes se agregaron y, luego, se ponderaron de 0 a 4 según su nivel de toxicidad, tomando en cuenta el índice de toxicidad y el potencial carcinogénico tal como consta en la Base de Datos de Salud Humana y Ecotoxicidad, elaborada por la EPA.

* N. T.: La expresiones "libra" o "libras" hacen referencia a la medida de volumen del sistema inglés y no a la unidad monetaria.

Cuadro 1 México. Ponderaciones de polución ajustadas por riesgo

División manufacturera		Libras ponderadas por riesgo / valor de producción de un millón de dólares
I	Alimentos, bebidas y tabaco	16,30
II	Textiles, indumentaria y cuero	74,70
III	Industria y productos madereros	74,70
IV	Papel, productos de papel, imprentas y editoriales	63,25
V	Sustancias químicas, derivados de petróleo y plásticos	257,36
VI	Productos minerales no metálicos excepto derivados de petróleo y carbón	18,63
VII	Industrias metálicas básicas	26,16
VIII	Productos metálicos, maquinaria y equipamiento	59,00
IX	Otras industrias manufactureras	32,79

Cuadro 2. México: Distribución del volumen de polución manufacturera por estado

(toneladas de polución anuales ponderadas por riesgo, según la intensidad de toxicidad humana aguda lineal)

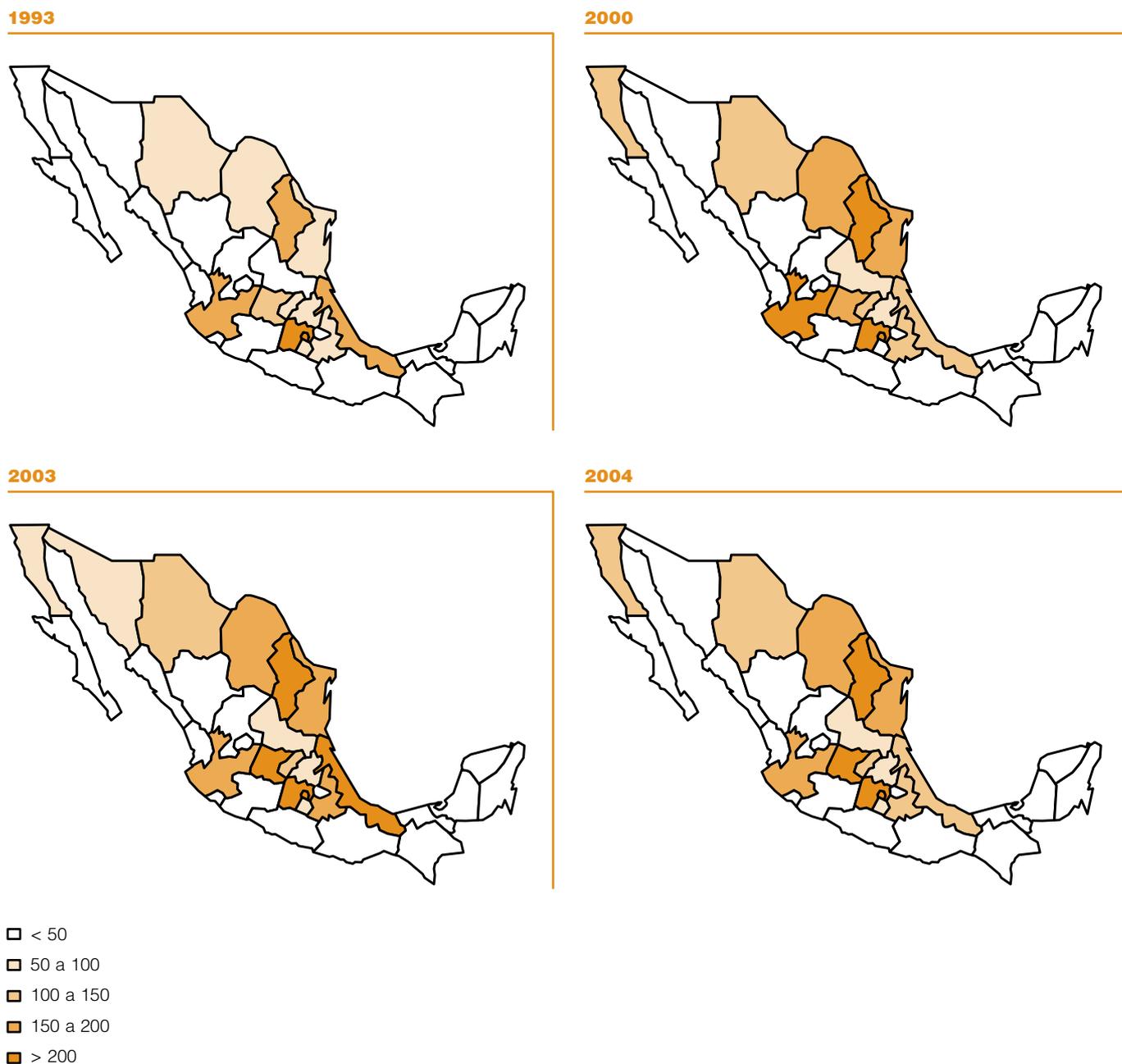
Nombre del estado	1993	2000	2003	2004
Aguascalientes	21,41	46,12	42,32	46,15
Baja California	49,00	106,68	85,35	97,22
Baja California Sur	0,84	1,68	1,32	1,29
Campeche	0,94	1,23	1,57	1,43
Coahuila	87,94	160,06	178,57	189,70
Colima	2,76	3,87	3,63	4,09
Chiapas	9,50	7,45	6,50	6,55
Chihuahua	75,40	130,31	105,77	109,83
Distrito Federal	672,18	903,61	821,49	792,56
Durango	18,64	24,15	21,82	23,48
Guanajuato	109,21	193,21	205,04	230,30
Guerrero	4,37	5,98	5,94	5,87
Hidalgo	53,76	70,52	64,91	75,08
Jalisco	162,41	208,31	180,63	190,35
México	507,36	654,38	599,43	626,51
Michoacan	29,32	45,67	40,17	41,34
Morelos	55,30	60,24	61,14	60,72
Nayarit	2,61	2,74	2,45	2,38
Nuevo León	195,65	305,38	297,95	319,67
Oaxaca	39,20	42,79	43,36	44,37
Puebla	80,68	143,19	143,36	133,02
Queretaro	60,52	121,72	112,60	123,29
Quintana Roo	1,87	2,27	2,49	2,48
San Luis Potosí	32,40	55,59	53,46	56,19
Sinaloa	8,73	10,81	10,88	11,80
Sonora	34,55	56,80	41,17	44,85
Tabasco	10,09	10,80	9,73	10,60
Tamaulipas	92,98	153,16	150,32	165,43
Tlaxcala	23,82	32,01	28,66	30,08
Veracruz	170,73	154,14	145,45	149,56
Yucatán	11,60	18,10	17,07	17,87
Zacatecas	1,82	3,14	3,16	3,41
Nacional	2.627,57	3.736,12	3.487,71	3.617,49

Seis de las industrias más contaminantes son el hierro y el acero, los metales no ferrosos, las sustancias químicas, la pulpa y el papel, los minerales no metálicos y las refinerías de petróleo (Murandian y Martínez-Alier, 2000). Puede verse que la industria que figura en la quinta división, las sustancias químicas, es extremadamente contaminante. Después de estimar las nueve ponderaciones, se las multiplica por el valor en dólares correspondiente a cada división manufacturera de cada estado⁷. Al convertir los resultados a toneladas, se obtiene un índice del volumen de polución ajustado por los riesgos para la salud humana para cada estado. En el *Cuadro 2*, se exponen estos índices de polución para cada estado, para los años 1993, 2000, 2003 y 2004.

[7] El Sistema de Cuentas Nacionales de México presenta la participación de cada división manufacturera en porcentajes. La multiplicación de estos porcentajes por el valor de la producción en miles de pesos a precios constantes de 1993, permitió obtener el PIB de cada división manufacturera para cada estado. Luego, se lo convirtió en millones de dólares utilizando un tipo de cambio peso-dólar de 3,11 tomado de Banxico.

Los índices listados en el *Cuadro 2* se reflejan en el siguiente gráfico, en el que pueden observarse las tendencias de polución de los estados mexicanos.

Gráfico 2. México: Distribución del volumen de polución en la industria manufacturera por estado



En la mayoría de los estados, las más grandes estimaciones de polución se realizaron en el año 2000. Después de un aumento sustancial registrado de 1993 a 2000, se observó un ligero descenso de 2000 a 2004. Sólo en ocho estados el nivel de polución no descendió en ese período: Coahuila, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa y Tamaulipas. Los tres estados que tienen el mayor nivel de polución son el Distrito Federal, México y Nuevo León. Los estados que ocupan el cuarto y el quinto lugar en cuanto a nivel de polución han cambiado a lo largo del tiempo. En 1993, Veracruz y Jalisco eran el cuarto y el quinto estado más contaminado respectivamente, mientras que, en 2004, Coahuila tomó el puesto de Veracruz y Jalisco permaneció en el quinto lugar.

Los tres estados más contaminantes también son los que tienen la mayor producción manufacturera. Vale la pena analizar a Guanajuato, ya que pasó del cuarto lugar en producción manufacturera en 1993 al quinto lugar en el año 2000. Guanajuato tiene una actividad manufacturera menor que Coahuila o Jalisco, pero las industrias ubicadas en Guanajuato son más tóxicas, de acuerdo con el IPPS. Eso se debe en parte, a la gran participación de este estado en la industria del plástico y la de los derivados de petróleo pero, sobre todo, a su participación cada vez mayor en la producción de metales y maquinarias. En 1993, esa división manufacturera representaba el 11% del PIB manufacturero total de Guanajuato; para el año 2000, la producción de metales y maquinarias había aumentado hasta conformar el 40%.

4. Polución y comercio

El índice de polución estimado previamente también se utiliza para ver cómo se relaciona la polución del sector manufacturero de México con la liberalización del comercio. El modelo empleado en este trabajo se basa en una variable dependiente: el índice de volumen de polución manufacturera, y en tres variables independientes: a) el nivel de apertura comercial; b) el ingreso per cápita, y c) el ingreso per cápita al cuadrado. Dadas las grandes diferencias que existen entre los 32 estados de México, se optó por estimar el modelo mediante la utilización de datos de panel y estimaciones de mínimos cuadrados ponderados (MCP). Para la estimación, se tomaron dos años a fin de captar el efecto de liberalización del comercio: el año 1993, antes de que entrara en vigor el TLCAN, y el año 2000, cuando el TLCAN ya regía.

Lucas, Wheeler y Hettige (1992: 71) explican las tres consecuencias de utilizar datos del IPPS para otros países: En primer lugar, la utilización de las emisiones de Estados Unidos, implica suponer los mismos parámetros tecnológicos y ambientales que los de Estados Unidos. También conlleva el supuesto de que la producción de cada industria manufacturera es similar a la de Estados Unidos, lo que deriva en el postulado de que las emisiones se relacionan con el producto y no con el valor agregado.

A causa de esas limitaciones, el presente trabajo no es adecuado para analizar el tema de la *fuga de polución*. No obstante, los resultados obtenidos aquí pueden indicar la posibilidad de una fuga, aunque se precisa llevar a cabo ulteriores investigaciones a fin de determinar esos movimientos en las actividades contaminantes. En concreto, para realizar un análisis de la fuga de carbono, se necesita una investigación del Balance de Emisiones Asociadas al Comercio (BEET, por su sigla en inglés).

Variables

La variable dependiente es el índice de volumen de polución manufacturera (PV), medido en toneladas ponderadas por riesgo por cada millón de dólares reales en producción manufacturera, con base 1993=100.

Hay tres variables representativas de la variable del grado de apertura: un índice de apertura, un índice de exportación y un índice de especialización de las exportaciones. El primer índice es la suma de las exportaciones y las importaciones de cada estado, dividida por el PIB total del estado correspondiente. El índice de exportación equivale a las exportaciones divididas por el PIB total de cada estado. El índice de especialización de las exportaciones es el cociente entre las exportaciones de cada estado divididas por el PIB manufacturero de cada estado, y las exportaciones nacionales divididas por el PIB manufacturero nacional.

No está claro cuál debería ser el signo esperado del coeficiente de la variable de apertura comercial. Un análisis de la bibliografía sobre el tema sugiere que los que creen en la hipótesis de que el libre comercio mejora el ambiente esperarían un signo negativo, porque ello significaría que cuanto mayor es el grado de apertura, menor es el nivel de polución. Por el contrario, se esperaría que el coeficiente presente un signo positivo si la mayor apertura comercial generara niveles más altos de polución.

La variable del ingreso per cápita es el PIB per cápita. Así, la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental predice que el coeficiente de la variable del ingreso per cápita al cuadrado debería ser negativo, lo que indicaría que, tarde o temprano, la curva empezaría a declinar y habría una mejora en el ambiente acompañada de un aumento en el ingreso (Frankel y Rose, 2002: 14). El signo del coeficiente de la variable del ingreso per cápita depende de en qué parte de la curva esté ubicado el estado. Será positivo en la primera parte de la curva, donde indica mayor daño ambiental, y negativo en la segunda parte, donde las emisiones contaminantes descienden a medida que aumenta el ingreso. Los datos se obtuvieron de la página web del Banco de Información Electrónica (BIE) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de México.

Dada la estructura de la información disponible y las distintas intersecciones posibles de los modelos, hay tres métodos de estimación: el de efectos fijos, el de efectos aleatorios y el de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Debido a que se incluyen tres medidas de la apertura comercial (el índice de apertura, el de exportación y el de especialización de las exportaciones) y tres métodos de estimación (el de MCO, el de efectos fijos y el de efectos aleatorios), se estiman nueve modelos (ver los apéndices para más información). Un resultado interesante en cuanto a la relación entre la polución y el nivel de apertura comercial es que se verifica la existencia de una relación positiva en los nueve modelos, es decir, para todas las variables de apertura comercial y todos los métodos de estimación utilizados. Por medio del razonamiento económico, se eligió como mejor modelo el método de efectos aleatorios y el índice de apertura como variable descriptiva del nivel de apertura comercial.

Todos los coeficientes estimados son estadísticamente significativos, y la variable de apertura comercial es económicamente significativa. Por ejemplo, el valor correspondiente a la elasticidad (evaluado al valor medio correspondiente) es 0,2029, es decir que, si todo lo demás se mantiene constante, un aumento del 10% en el índice

de apertura comercial conlleva un aumento del 2,03% en el índice de volumen de polución. Los signos de los parámetros de ingreso e ingreso al cuadrado estimados obtenidos fueron los expresados. *Ceteris paribus*, el efecto del ingreso per cápita en el logaritmo natural del volumen de polución es positivo y decreciente. La relación con forma de "U" invertida entre esas dos variables reflejan que la variable dependiente alcanza un máximo a un ingreso per cápita aproximado de US\$12.440 (a precios constantes de 1993) (ver el apéndice para más información), siendo éste superior a los niveles máximos de ingreso per cápita de cada estado. Ello indica que, incluso en los estados con los niveles más altos de ingreso promedio, no se ha alcanzado la parte decreciente de la curva de Kuznets.

Gallagher (2004) estimó la cantidad de años que le llevaría a México alcanzar distintos puntos de inflexión de la curva de Kuznets, bajo el supuesto de que la economía mexicana crece al doble de la tasa de crecimiento registrada entre los años 1985 y 1999, en el ingreso per cápita. Gallagher realizó esos cálculos tomando tres puntos de inflexión: US\$7.500, US\$10.000 y US\$15.000 (en dólares de 1985). Este trabajo estima un punto de inflexión a US\$12.440 (en dólares de 1993), que está entre los US\$10.000 y los US\$15.000 que, según los cálculos de Gallagher, México alcanzaría en los años 2057 y 2097 respectivamente. List y Gallet (1999: 410) afirman que si los puntos de inflexión estimados ocurren a niveles promedio de ingreso extremadamente altos, algunos países pueden no lograr mejoras ambientales con el crecimiento económico. Más aún, puede incluso producir daños irreversibles. Ese podría ser el caso de México.

5. Conclusión

Aún está abierto el debate relativo a los efectos del comercio internacional en los niveles de polución. Dos representantes de las visiones opuestas actuales son Bhagwati, que cree que la liberalización del comercio ayudará a mejorar la calidad ambiental, y Daly, quien considera que la degradación ambiental es mayor que el crecimiento económico que experimenta un país cuando abre sus fronteras al comercio internacional.

Hay trabajos que examinan la relación entre el comercio internacional y los niveles de polución en México en el ámbito nacional, pero son muy pocos los que analizan esa relación a nivel de los distintos estados. Otros estudios, como el de Mercado y Fernández (1998), analizan la polución a nivel de los estados pero no relacionan las emisiones con el comercio internacional. En el presente estudio, se elaboraron muchos modelos con el objetivo de comprender mejor esa relación, dado que la teoría aún no está bien definida en lo concerniente a los efectos del comercio internacional en la degradación ambiental. Aquí, se examinó el índice de polución ajustado por los riesgos para la salud humana como una forma de degradación ambiental.

Sobre la base del período analizado y los datos obtenidos, se llega a la conclusión que la integración de México al comercio internacional tuvo una relación pequeña pero positiva con los niveles de polución manufacturera entre 1993 y 2000. Si todo lo demás permanece constante, un aumento del 10% en el índice de apertura económica incrementa un 2,03% el índice del volumen de polución. Si bien el comercio internacional tiene una relación positiva con la degradación ambiental, es difícil cuantificar la polución que provoca, a causa de las distintas elasticidades halladas en la variable de apertura comercial y, además, porque la variable de polución utilizada

es ponderada según los riesgos que tiene para la salud humana y no en términos de cantidad de las emisiones producidas. Por otra parte, se precisa realizar investigaciones orientadas a determinar las causas exactas de ese incremento; por ejemplo, si se debe a la fuga de polución o a cambios en la estructura de la industria.

También cabe señalar que, en el período analizado, el aumento del ingreso tuvo un efecto positivo en la polución pero se espera que esa relación se invierta en el futuro. De acuerdo con los resultados, el punto en el que la curva de Kuznets comenzará a declinar es aquel en el que el nivel de ingreso promedio *per cápita* alcanza US\$12.440 (en dólares de 1993). Para que eso suceda, pueden faltar muchas décadas. Además, este estudio confirma una curva de Kuznets para un único país en desarrollo, lo que contribuye a entender la curva de Kuznets en la bibliografía.

Este trabajo ayuda a comprender algunos de los efectos que ha tenido el TLCAN mediante el análisis de la degradación ambiental en el sector manufacturero desde una perspectiva de los estados en México como resultado de la liberalización del comercio internacional. Sin embargo, requiere llevar adelante ulteriores investigaciones para comprender esta relación cabalmente. Una de las limitaciones de este estudio es que supone que las emisiones de México son similares a las de Estados Unidos, puesto que utiliza el IPPS para calcular el índice de volumen de polución. Si bien esto puede no ser correcto, es la mejor estimación que podría calcularse, dada la falta de información sobre los niveles de polución en México. Por otra parte, habría sido interesante construir la variable de polución con una mayor desagregación que las nueve divisiones de la industria manufacturera, pero el cálculo con subdivisiones también plantea riesgos importantes para la precisión, ya que no se dispone de datos suficientes en México para presentar ponderaciones con subdivisiones. Así, la elaboración de estimaciones más precisas de las emisiones es un reto para las investigaciones futuras. Asimismo, se necesita continuar con los trabajos de investigación a fin de examinar otros aspectos, entre ellos el del efecto de los acuerdos internacionales que restringen los contaminantes y que podrían crear distorsiones que derivaran en *fugas de polución*.

Apéndice 1

Los Modelos

Se proponen dos modelos. El primero supone que los coeficientes de la pendiente y de la ordenada en el origen son los mismos en los distintos estados. El primer modelo se escribe a continuación, donde i representa a cada estado y t es el tiempo.

$$\text{Log } PV_{it} = \alpha + \beta_1 TI_{it} + \beta_2 INC_{it} + \beta_3 INC_{it}^2 + a_i + \varepsilon_{it}$$

$i = 1, 2, \dots, 32$; $t = 1, 2$, donde $t = 1$ corresponde al año 1993 y $t = 2$ es el año 2000.

Para el grado de apertura comercial (TI), se proponen tres indicadores (el índice de especialización de las exportaciones, el índice de exportación y el índice de apertura). INC_{it} es el PIB per cápita del estado en el momento t . El término $a_i + \varepsilon_{it}$ es el error combinado. La variable a_i captura todos los factores y constantes no observables que afectan al $\text{Log } PV_{it}$ a lo largo del tiempo. Dado que i denota diferencias entre los estados, a_i indica un efecto estado no observable. El término ε_{it} representa los errores idiosincrásicos, porque cambia a lo largo del tiempo y según el estado. Este modelo se estimó utilizando mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

El segundo modelo supone que los parámetros de la pendiente son los mismos en los distintos estados pero que los coeficientes de la ordenada en el origen son distintos para cada estado. Por lo tanto, este modelo puede escribirse de la siguiente manera:

$$\text{Log } PV_{it} = \alpha_i + \beta_1 TI_{it} + \beta_2 INC_{it} + \beta_3 INC_{it}^2 + a_i + \varepsilon_{it}$$

Considerar una intersección para cada estado nos permite tomar en cuenta los efectos de las variables específicas omitidas en cada estado (Hsiao, 1999). Dada la divergencia que hay entre los estados de México, se espera que el segundo modelo sea una especificación mejor para explicar la variable dependiente. Uno de los beneficios de utilizar información tomada de datos de panel es que se puede controlar la heterogeneidad individual.

Con el razonamiento económico como criterio principal de decisión, se determinó que el mejor modelo consistía en utilizar el método de efectos aleatorios y el índice de apertura como variable para describir el nivel de apertura comercial, sus resultados se muestran a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Log } PV_{it} = & 0,82 + 0,92 TI_{it} + 690,89 INC_{it} - 27768,38 INC_{it}^2 \\ & (-0,466)^* \quad (-0,406)^{**} \quad (-137,07)^{***} \quad (-8927,91)^{***} \\ & R^2 \text{ aj. } 0,6422 \quad \quad \quad DW 1,704 \end{aligned}$$

Notas: **** Significativo estadísticamente al 10%, 5% y 1% respectivamente. Entre paréntesis se expresa el error estándar.

Log PV: Logaritmo natural del índice de volumen de polución

TI: Índice de apertura comercial ((Exportaciones + Importaciones)/PIB)

INC: PIB per cápita en dólares de Estados Unidos 1993=100

Apéndice 2

Punto de inflexión

El presente estudio estima un punto de inflexión en US\$12.440. Ese valor se obtiene tomando la derivada parcial de la variable dependiente con respecto al ingreso, de la siguiente manera:

$$\frac{\partial(\text{Log } PV_{it})}{\partial \text{INC}} = 690,89 - 2 \times (27.768,38) \text{INC}^* = 0$$

$$\left(\frac{690,89}{2 \times (27.768,38)} \right) = \text{INC}^*$$

$$\text{INC}^* = 0,012440229$$

Dado que los datos de ingreso están en millones de dólares, el resultado expuesto a continuación se multiplica por un millón.

$$0,012440229 \times 1.000.000 = 12.440,23$$

Bibliografía

- Bhagwati, J., *En defensa del libre comercio*, en Investigación y Ciencia, N° 208, enero de 1994, págs. 6-11.
- Borkakoti, J., *International trade: Causes and Consequences*, Londres, Macmillan Press, 1998, capítulo 6, págs. 54-76.
- Bruvoll, A. y Fæhn, T., *Transboundary effects of environmental policy: Markets and emission leakages*, en Ecological Economics, N° 59, 2006, págs. 499-510.
- Copeland, B. y Taylor, M.S., *Trade and the Environment. Theory and Evidence*, Nueva Jersey, Princeton University Press, 2003, capítulo 5, págs. 142-186.
- Daly, H., *Los peligros del libre comercio*, en Investigación y Ciencia, N° 208, enero de 1994, págs. 12-17.
- Dasgupta, S. y Wheeler, D., *Citizen Complaints As Environmental Indicators: Evidence From China*, en Policy Research Department, Working Paper, N° 1704, Banco Mundial, 1996.
- Díaz-Bautista, A., *Apertura Comercial y Convergencia Regional en México*, en Revista Comercio Exterior, Vol. 53, N° 11, 2003, págs. 995-1000.
- Eskeland, G. y Harrison, A., *Moving to Greener Pastures? Multinationals and the Pollution Haven Hypothesis*, en Journal of Development Economics, Vol. 70, N° 1, enero de 1997.
- Field, B. y Field, M., *Economía Ambiental*, tercera edición, Madrid, McGraw Hill, 2003, capítulo 19.
- Frankel, J y Rose, A., *Is trade good or bad for the environment? Sorting out the causality*, en NBER Working Papers Series, w9201, Cambridge, septiembre de 2002.
- Gallagher, K., *Industrial Pollution in Mexico: Did the NAFTA Matter?*, en C. Deere y D. Esty, *Greening the Americas: NAFTA's Lessons for Hemispheric Trade*, MIT Press, 2002, págs. 119- 141.
- Gallagher, K., *Free Trade and the Environment: Mexico, NAFTA and Beyond*, California, Stanford Law and Politics, University Press, 2004.
- Gallagher, K., *Economic Integration and the Environment in Mexico*, en Paper, N° 13, Berkeley, 2005.
- Gilpin, A., *Economía ambiental: Un análisis crítico, Distrito Federal*, Alfaomega grupo editorial, 2003, capítulo 1, págs. 1-34.
- Grether, J. y de Melo, *Globalization and Dirty industries: Do Pollution Havens Matter?*, en National Bureau of Economic Research, Cambridge, junio de 2003.
- Grossman, G. y Kruger, A., *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*, en The Mexico-US Free Trade Agreement, P. Garber, Cambridge, MIT Press, 1993.
- Hettige, H., Martin, P., Singh, M. y Wheeler, D., *The Industrial pollution projection system*, en Research Working Paper 1431, Washington, Banco Mundial, 1994.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, BIE, www.inegi.gob.mx, consultado el 6 de diciembre de 2006.
- Islas-Camargo, A., *Industria sucia: patrones de cambio y crecimiento en los países en desarrollo*, en Comercio Exterior, Vol. 52, N° 2, México, Instituto Tecnológico Autónomo de México, febrero de 2002.
- Jacoby, H.D., Eckaus, R.S., Ellerman, A.D., Prinn, R.G., Reiner, D.M. y Yang, Z., *CO₂ emissions limits: economic adjustments and the distribution of burdens*, en The Energy Journal, Vol. 18, N° 3, 1997, págs. 31-58.

- Kahn, M., *United States Pollution Intensive Trade Trends From 1972 to 1992*, Medford, Tufts University, 2001.
- Kuznets, S., *Economic growth and income inequality*, en *The American Economic Review*, Vol. 45, N° 1, 1995, págs. 1-28.
- List, J. y Gallet, C., *The environmental Kuznets curve: does one size fit all?*, en *Ecological Economics*, N° 31, mayo de 1999, págs. 409-423.
- Lucas, R., Wheeler, D. y Hettige, H., *Economic development, environmental regulation and the international migration of toxic industrial pollution: 1960-88*, en Low, P. (editor), *International trade and the environment*, Discussion Paper del Banco Mundial N° 159, 1992, págs. 67-86.
- Mercado, A. y Fernández, Ó., *La contaminación y las pequeñas industrias en México*, en *Comercio Exterior*, Vol. 48, N° 12, diciembre de 1998, págs. 960-965.
- Mercado, A. y Fernández, Ó., *Sustentabilidad ambiental en la industria: conceptos, tendencias internacionales y experiencias mexicanas*, Alfonso Mercado García e Ismael Aguilar Barajas (editores), primera edición, Distrito Federal, Tecnológico de Monterrey, 2005, capítulo 7, págs. 173-187.
- M.J. Bradley y Asociados, *Normas, reglamentos, planeación y aplicación de las leyes nacionales, estatales y locales sobre calidad del aire y cambio climático en América del Norte*, Comisión para la Cooperación Ambiental, 2004.
- Murandian, R. y Martínez-Alier, J., *Trade and the Environment: from a 'Southern' Perspective*, en *Ecological Economics*, N° 36, julio de 2000, págs. 281-297.
- Neumayer, E., *Weak versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms*, segunda edición revisada, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar, 2003.
- Panayotou, T., *Economic Growth and the Environment*, en CID Working Paper N° 56, julio de 2000.
- Taylor, M.S., *Trade, Development and the Environment*, en Associate at the National Bureau of Economic Research, Cambridge, 2003.
- Radetzki, M., *Economic growth and environment*, en Low, P., *International trade and the environment*, Discussion Paper, Banco Mundial, N° 159, 1994, págs. 121-134.
- Rodríguez, F. y Rodrik, D., *Trade policy and economic growth: a skeptic's guide to the cross-national evidence*, en NBER Working Papers Series, w7081, 1999.
- Sachs, J. y Warner, A., *Economic reform and the process of global integration*, en *Brookings papers on economic activity*, N° 1, 1995.
- Salazar, J. y Varella, A., *Externalidades de las exportaciones en la producción manufacturera en México*, en *Comercio Exterior*, Vol. 8, N° 54, 2004, págs. 681-689.
- Selden, T. M., A. S. Forrest y J. E. Lockhart, *Analyzing the Reductions in U.S. Air Pollution Emissions: 1970 to 1990*, en *Land Economics*, Vol. 75, N° 1, 1999, págs. 1-21.
- Steininger, K., *Reconciling trade and environment: towards a comparative advantage for long term policy goals*, en *Ecological Economics*, Vol 9, 1994, págs. 23-42.
- Ten Kate, A., *Industrial Development and the Environment in Mexico*, ciudad de Washington, Banco Mundial, 1993.
- Waldkirch, A. y Gopinath, M., *Pollution Haven or Hythe? New Evidence from Mexico*, Oregon, Oregon State University, junio de 2004.
- Wong, K., *International trade in goods and factor mobility*, Cambridge, MIT Press, 1997.