

Derechos reservados de El Colegio de Sonora, ISSN 1870-3925

## Especialización y contaminación en la industria manufacturera del estado de Colima

Víctor Hugo Torres Preciado\*  
Mayrén Polanco Gaytán\*\*

**Resumen:** El estudio analiza el efecto de la contaminación industrial y la especialización en el ramo de la manufactura en Colima, para ello se estima una función de producción de corto plazo, que incluye sus efectos fijos en cada municipio. Los resultados muestran que en dicho lapso las economías provenientes de la especialización son importantes para la industria. Cuando se agregan sus emisiones de contaminantes, se observa un efecto negativo y significativo en la actividad; y se obtiene un resultado similar al sumar las emisiones del resto de las industrias. En ambos casos, el esfuerzo de los trabajadores parece sostener la actividad industrial en el corto plazo, en tanto que las economías de especialización se tornan no significativas.

**Palabras clave:** externalidades, contaminación industrial, manufactura, trabajadores.

**Abstract:** This study analyzes the effect of industrial pollution and specialization on the manufacturing industry in Colima, by estimating a short-run production function that includes fixed effects for each municipality in this state. The results show that, in the

\* Profesor-investigador en la Facultad de Economía de la Universidad de Colima. Correspondencia: Josefa Ortiz de Domínguez 67, colonia La Haciendita, Villa de Álvarez, Colima, México. Correos electrónicos: torrespreciado@uacol.mx y tpreciado04@hotmail.com

\*\* Profesora-investigadora en la Facultad de Economía de la Universidad de Colima. Correspondencia: Av. Universidad 333, colonia Las Víboras, C.P. 28040. Colima, Colima, México. Correos electrónicos: mayrenpg@uacol.mx y mayrenpg@gmail.com

Agradecemos los valiosos comentarios de dos dictaminadores anónimos.

short-run, economies derived from specialization are significant for industrial activity. When industrial pollution emissions within the industry are included, there is a negative and significant effect. A similar result is reached when pollution emissions from all other industries are included in the model. In both cases, workers' effort seems to sustain industrial activity in the short term, while specialization economies become non-significant.

*Key words:* externalities, industrial pollution, specialization on the manufacturing industry, workers' effort.

## Introducción

Los factores determinantes del desempeño del sector manufacturero y su contribución al crecimiento económico han sido parte importante de la agenda de investigación. En *La riqueza de las naciones*, de Adam Smith (1999), es posible identificar la importancia del tamaño de la industria en el progreso de las naciones. Entre los trabajos posteriores que resaltan el rol del sector manufacturero en el crecimiento económico está el de Fabricant (1940, 15), que destaca la relación positiva entre los incrementos del rendimiento laboral y los de la producción, en este sentido los cambios en la relación productividad-producción en una industria tienen un efecto expansivo en el resto, a través de la imitación, la competencia y la cooperación. Posteriormente, Kaldor (1966, 18) demuestra la importancia del sector manufacturero como detonante del crecimiento económico de un país.

A partir de la década de 1990, las investigaciones acerca del sector manufacturero se han enfocado al estudio de las decisiones de localización de las firmas en un contexto de globalización económica (Boudier 2005, 607), y de su desempeño (Hanson 1994, 17; Henderson 1994, 4; Mikkala 2004, 2419). Estos estudios recogen las ideas de Marshall (1920) y Jacobs (1969) acerca de las economías externas, que resultan de la aglomeración industrial y urbana.

De acuerdo con Marshall (1920), las compañías tienden a concentrarse en un área geográfica debido a la aparición de economías externas, que favorecen la productividad industrial; al respecto, menciona tres de sus fuentes: a) la formación de un mercado de trabajo especializado, b) el acceso a insumos y servicios especializados y c) la difusión de información tecnológica. Por su parte, Jacobs (1969) resalta que la diversidad industrial propia de los proce-

tos de urbanización propicia el surgimiento de externalidades que favorecen el desarrollo de la actividad económica.

En este sentido, diversos estudios han encontrado evidencia empírica a favor de uno u otro tipo de aglomeración.<sup>1</sup> Mukkala (2004, 2419) descubre que las externalidades provenientes de la empresarial de un mismo ramo tienen efectos favorables en la productividad manufacturera regional de Finlandia. A su vez, Beeson (1987, 196) encuentra que para el mismo sector de Estados Unidos la diversidad industrial proveniente de la aglomeración urbana no es importante para el crecimiento de su productividad. En el marco del proceso de liberalización comercial iniciado por México, Hanson (1994, 30) demuestra que las economías de especialización derivadas de las empresas han sido poco importantes en el aumento del empleo industrial de este país, en tanto que los costos de transporte han motivado la creación de centros especializados en la frontera norte de México y un alza consecuente del empleo en esta área. También para el caso de México, Mendoza (2002, 185) analiza el efecto de las economías de aglomeración en el auge manufacturero en las ciudades de la frontera norte, y muestra que los conglomerados urbanos e industriales en esa región tienen un efecto positivo en el incremento del empleo.

De esta forma, uno de los avances principales logrados en los estudios sobre manufactura consiste en el esclarecimiento del rol de las externalidades en el desarrollo particularmente las relacionadas con los conglomerados urbanos e industriales. No obstante, el análisis actual parece revivir el debate que predominó durante los años de la posguerra, acerca de la importancia de las externalidades medioambientales y la necesidad de incluirlas en la agenda de investigación. Al respecto, Mishan (1971, 1) afirmaba que la literatura las había confinado a estudiarlas entre empresas e individuos.

En respuesta a este tipo de críticas y a una preocupación creciente por los problemas ambientales, hay un conjunto de esfuerzos centrados en la organización industrial y la economía ambiental, para analizar la relación entre el medio ambiente y el desempeño manufacturero. Por ejemplo, en un estudio realizado para El Paso, Texas y Ciudad Juárez, Chihuahua, Blackman et al. (2000, 22) encuentran que dicho sector es responsable, en mayor medida, de los daños en el ambiente y en la salud humana en esa región.

En esta dirección, Ten (1993, 46) estudia la repercusión del crecimiento manufacturero en el medio ambiente en México; sus resultados muestran

<sup>1</sup> Hanson (2000, 1-39) realiza una basta revisión de la literatura relevante sobre las economías de aglomeración, y concluye que hay dos resultados robustos: a) los salarios aumentan con trabajadores más educados (economías de especialización) y b) el crecimiento industrial de largo plazo es más elevado en regiones con economías diversificadas (urbanización/diversificación).

que entre 1950 y 1989 la intensidad de la polución creció debido al aumento del consumo de bienes intermedios, la inversión pública en industrias nocivas y las políticas de oferta de energía a bajo precio. Por su parte, Mercado y Fernández (2002, 214) estudian la emisión de contaminantes en los estados mexicanos, y han encontrado cuatro resultados relevantes: a) existe una diferenciación elevada entre estados respecto a sus volúmenes e intensidades, b) la relación entre volumen de contaminación y los factores, estructura y escala de producción industrial es positiva, c) las diferencias en el volumen de dichas sustancias dependen conjuntamente de la estructura y escala de producción y d) el peso de la estructura y escala de su producción varía entre estados.

Estos estudios han logrado avances notables en la medición de la emisión de contaminantes (particularmente los industriales), así como en el análisis de su efecto en el agua, aire, la salud humana y en general en el medio ambiente. No obstante, es relevante mencionar que la incorporación formal del concepto externalidad ha sido relegado en los análisis sobre el tema en México, lo cual refleja cierto distanciamiento entre la teoría de las externalidades y el estudio de la emisión de contaminantes. Además, la investigación de sus efectos en el ramo manufacturero está ausente, situación que refleja un confinamiento nuevo (a la manera de Mishan), en la que se abordan los efectos en el medio ambiente y no en la actividad económica.

En este contexto, el presente artículo pretende rescatar el papel de la contaminación como externalidad y su efecto en la economía. El análisis se centra en el caso de la manufactura de Colima, la cual se caracteriza por un crecimiento elevado de la actividad agregada y un dinamismo industrial diferenciado. Este desempeño ha ido acompañado de cambios en la estructura de producción de valor agregado (VA) y la especialización en algunas ramas, lo que permite definir a los municipios del estado a partir del tipo de actividad industrial, la escala de producción y el patrón de especialización. De acuerdo con esto, las conclusiones obtenidas por Mercado y Fernández (2002, 214) para el sector manufacturero nacional sugieren que Colima presenta un patrón diferenciado de emisión de contaminantes, lo que constituiría una fuente potencial de externalidades con efectos negativos en el medio ambiente y la salud (Frenkel 2003, 8) y en la propia actividad económica (Siebert 2005, 40-41; Gallagher 2000, 3).

El objetivo que se persigue es estimar el efecto de la contaminación industrial y las economías de especialización en el ramo fabril de corto plazo en Colima.<sup>2</sup> Las hipótesis planteadas son: a) la especialización en las ramas

<sup>2</sup> En la literatura sobre el tema, los conceptos de aglomeración y especialización industrial se refieren a la concentración de firmas de una misma rama en un área geográfica específica.

industriales de Colima propicia economías externas, que favorecen la economía de corto plazo y b) la emisión de contaminantes genera externalidades negativas en la actividad económica industrial de corto plazo en el estado.

En la primera parte del artículo se presentan los antecedentes sobre el tema, el objetivo y las hipótesis de investigación. En el segundo apartado se analiza el desempeño y la estructura de la producción industrial de Colima. En el tercero se describe el patrón de especialización de la industria del estado. El cuarto contiene la metodología para calcular la emisión de contaminantes y los resultados obtenidos. En el quinto se incluye un modelo econométrico para estimar el efecto de la polución y especialización industrial, y se analizan los resultados obtenidos; por último, se presentan las conclusiones.

## Dinámica y estructura del sector manufacturero en Colima

La industria manufacturera en Colima se ha caracterizado por un dinamismo importante en la actividad agregada. En este sentido, la producción de VA presentó una tasa de crecimiento medio de 15 por ciento anual entre 1989 y 2003, y ha sido estable, las tasas en subperiodos distintos han oscilado entre 12 y 14 por ciento (véase cuadro 1).

Cuadro 1

Colima: crecimiento del VA manufacturero por municipio, de 1989 a 2003  
(Miles de pesos, 1993=100)

Municipio	1989	1994	1999	2003	TCMA* % 89-94	TCMA % 94-99	TCMA % 99-03	TCMA % 89-03
Armería	39.9	63.7	93.9	76.4	8.1	6.7	-4.0	4.4
Colima	331.0	661.2	457.8	430.6	12.2	-5.9	-1.2	1.8
Comala	5.1	18.6	19.0	18.2	24.1	0.4	-0.9	8.8
Coquimatlán	20.8	7.7	8.9	11.5	-15.3	2.5	5.1	-3.9
Cuahtémoc	161.1	356.6	300.3	1148.4	14.2	-2.8	30.8	14.0
Ixtlahuacán	1.9	2.1	1.3	1.0	1.4	-7.0	-4.8	-3.9
Manzanillo	76.8	160.5	492.1	298.8	13.1	20.5	-9.5	9.5
Minatitlán	2.3	3.5	1.2	3.5	7.1	-16.5	24.4	2.9
Tecomán	247.3	691.4	2670.2	5432.8	18.7	25.3	15.3	22.9
Villa de Álvarez	47.2	111.0	98.9	179.6	15.3	-1.9	12.7	9.3
Total estatal	933.4	2076.3	4143.7	7600.7	14.3	12.2	12.9	15.0

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), XII Censo industrial 1994, XIV Censo industrial, XV Censo industrial, Censo económico 2004.

\* TCMA: Tasa de crecimiento media anual.

Al examinar los diez municipios que conforman Colima,<sup>3</sup> se observa un patrón de crecimiento diferenciado. Los que tienen un desempeño cercano o mayor a la actividad industrial agregada son Tecomán y Cuauhtémoc. El aumento medio experimentado en el VA durante el mismo periodo es de 22 y 14 por ciento, respectivamente. Por su parte, Armería, Colima, Comala, Manzanillo, Minatitlán y Villa de Álvarez muestran un desempeño menor con tasas entre 1.8 y 9.5 por ciento. El resto refleja una desaceleración, con un crecimiento medio negativo en el mismo lapso (véase cuadro 1).

La dinámica manufacturera mostrada por los municipios ha estado acompañada por un cambio en la estructura de producción del VA. En 1989, la de Colima fue la más importante, con 35.5 por ciento del VA total producido. Le siguieron Tecomán y Cuauhtémoc con 26.5 y 17.3 por ciento, respectivamente. En 2003, la estructura del VA producido evidencia tanto un proceso de alcance como de concentración de la actividad entre municipios. Al respecto, la participación de Colima en el total decreció a 5.7 por ciento, en tanto Tecomán la incrementó a 71.5 y Cuauhtémoc la redujo a 15.1. Es relevante señalar que no obstante la mayor importancia relativa de los dos últimos municipios, Tecomán fue el único en aumentar su participación en el estado. En este punto, su actividad manufacturera parece mostrarse como la más importante para el desarrollo industrial y del estado en su conjunto (véase cuadro 2).

## Cuadro 2

Colima: estructura del VA manufacturero por municipio, de 1989 a 2003  
(Miles de pesos, 1993=100)

Municipio	1989	%	1994	%	1999	%	2003	%
Armería	39.9	4.3	63.7	3.1	93.9	2.3	76.4	1.0
Colima	331.0	35.5	661.2	31.8	457.8	11.0	430.6	5.7
Comala	5.1	0.5	18.6	0.9	19.0	0.5	18.2	0.2
Coquimatlán	20.8	2.2	7.7	0.4	8.9	0.2	11.5	0.2
Cuauhtémoc	161.1	17.3	356.6	17.2	300.3	7.2	1148.4	15.1
Ixtlahuacán	1.9	0.2	2.1	0.1	1.3	0.0	1.0	0.0
Manzanillo	76.8	8.2	160.5	7.7	492.1	11.9	298.8	3.9
Minatitlán	2.3	0.2	3.5	0.2	1.2	0.0	3.5	0.0
Tecomán	247.3	26.5	691.4	33.3	2670.2	64.4	5432.8	71.5
Villa de Álvarez	47.2	5.1	111.0	5.3	98.9	2.4	179.6	2.4
Total estatal	933.4	100	2076.3	100	4143.7	100	7600.7	100

Fuente: INEGI, XII Censo industrial 1994, XIV Censo industrial, XV Censo industrial, Censo económico 2004.

<sup>3</sup> En orden alfabético: Armería, Colima, Comala, Coquimatlán, Cuauhtémoc, Ixtlahuacán, Manzanillo, Minatitlán, Tecomán y Villa de Álvarez.

En el caso de Tecomán, las fábricas más importantes en términos del VA producido son las de concreto y cemento; le siguen la de las bebidas y la conservación y envasado de frutas y verduras. En Cuauhtémoc, el segundo municipio en importancia en cuanto a la generación de VA manufacturero, las empresas principales son las que producen azúcar, bebidas y bienes metálicos. Un rasgo predominante en las empresas establecidas es el bajo grado de desarrollo tecnológico con que operan; no obstante, las que forman parte de grupos transnacionales, como las dedicadas de concreto y cemento, cuentan con tecnología avanzada (véase cuadro 3).

En el resto de los municipios, la industria establecida presenta rasgos similares. En el caso de Armería y Villa de Álvarez la actividad más importante es la relacionada con la conservación de frutas y verduras. En Manzanillo, ubicado en la costa, la más relevante es el envasado y preparación de mariscos y pescado. En el caso de Colima, la del concreto y cemento es primordial en cuanto a VA generado. Y en Comala, Coquimatlán, Minatitlán e Ixtlahuacán es la elaboración de pan y tortillas (véase cuadro 3).

El desarrollo alcanzado por la manufactura en Colima, caracterizado por un desempeño económico diferenciado entre municipios y la diversidad de compañías localizadas en ellos, estaría relacionado con las condiciones de mercado locales, nacionales o incluso internacionales; sin embargo, la ubicación de las actividades establecidas refleja también la importancia de factores internos de los municipios y de la propia industria.

## La especialización industrial en Colima

La aglomeración de firmas de un mismo ramo en un espacio geográfico (especialización industrial), establece las condiciones para la generación de externalidades, que favorecen el crecimiento del empleo en dicho espacio (Mendoza 2002, 187) y la eficiencia productiva de las industrias (Wood y Parr 2005, 4). Entonces, las firmas tienden a ubicarse en regiones determinadas, ante la expectativa de obtener mejoras en la eficiencia productiva, derivadas de las externalidades de aglomeración positivas.

De manera particular, la eficiencia proviene de la posibilidad de contar con un mercado de trabajo especializado en las empresas localizadas en el área geográfica, y con ello evitar parte de los costos de capacitación de trabajadores nuevos. Asimismo, otra fuente es el acceso a insumos y servicios especializados a disposición de las firmas ubicadas en la región, lo cual les permite disminuir el costo de transporte de los insumos e incluso evitar el de fabricación. Una tercera fuente de eficiencia proviene de la información que se difunde entre firmas, la cual permite transmitir conocimiento tecno-

Cuadro 3

Colima: principales industrias manufactureras según el VA por municipio, 2003 (miles de pesos, 1993=100)

Armería Actividad	VA	Colima Actividad	VA	Comalá Actividad	VA	Coquimatlán Actividad	VA
Conservación de frutas, verduras y guisos	25.5	Fabricación de cemento y productos de concreto	109.7	Elaboración de productos de panadería y tortillas	11.6	Elaboración de productos de panadería y tortillas	4.5
Elaboración de productos de panadería y tortillas	14.4	Fabricación de partes para vehículos automotores	74.3	Fabricación de muebles, excepto de oficina y estantería	1.7	Fabricación de muebles, excepto de oficina y estantería	2.6
Fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios	12.6	Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería	67.4	Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería	1.3	Matanza, empaçado y procesamiento de carne, ganado y aves	1.5
Otras industrias alimentarias	10.3	Elaboración de productos de panadería y tortillas	57.0	Industria de las bebidas	1.2	Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería	1.4
Industria de las bebidas	4.5	Impresión e industrias conexas	36.7	Matanza, empaçado y procesamiento de carne, ganado y aves	1.0		
Total	76.4	Total	430.6	Total	18.2	Elaboración de productos lácteos Total	0.6 11.5
Cuathtémoc Actividad	VA	Ixtlahuacán Actividad	VA	Manzanillo Actividad	VA	Minatitlán Actividad	VA
Elaboración de azúcar, chocolates, dulces y similares	1 035.9	Elaboración de productos de panadería y tortillas	0.8	Preparación y envasado de pescados y mariscos	129.4	Elaboración de productos de panadería y tortillas	1.5
Industria de las bebidas	81.1	Fabricación de muebles, excepto de oficina y estantería	0.1	Fabricación de otros productos químicos	57.0	Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería	1.2
Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería	18.9	Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería	0.1	Elaboración de productos de panadería y tortillas	47.9	Fabricación de muebles, excepto de oficina y estantería	0.8
Elaboración de productos de panadería y tortillas	7.4	Fabricación de productos de papel y cartón	0.1	Industria de las bebidas	19.4	Matanza, empaçado y procesamiento de carne ganado y aves	0.1
Confección de prendas de vestir	3.8	Total	1.0	Matanza, empaçado y procesamiento de carne, ganado y aves	10.3		
Total	1 148.4			Total	298.8	Total	3.5

## Continuación del cuadro 3

Tecomán Actividad	VA	Villa de Álvarez Actividad	VA
Fabricación de cemento y productos de concreto	4 314.2	Conservación de frutas, verduras y guisos	49.2
Industria de las bebidas	415.7	Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería	42.8
Conservación de frutas, verduras y guisos	368.3	Elaboración de productos de panadería y tortillas	31.3
Fabricación de otros productos químicos	156.8	Fabricación de otros productos de madera	9.9
Elaboración de productos de panadería y tortillas	53.1	Elaboración de productos lácteos	8.8
Total	5 432.8	Total	179.6

Fuente: elaboración propia, con información del Censo económico 2004 del INEGI.

lógico o de mercado a bajo costo (Marshall, 1920; Wood y Parr 2005, 3; Arrow 1962, 169). De esta forma, la especialización industrial parece ser un factor que traería consigo un conjunto de cambios estructurales en el sector manufacturero y por tanto en el desarrollo industrial y económico de las regiones.

En la literatura acerca de las economías de aglomeración, se ha avanzado de manera importante en la medición de este tipo de externalidades, si bien no deja de ser un aspecto difícil de medir debido a que la ganancia en eficiencia que proveen escapa al control de la firma (Mendoza y Díaz 2006, 110), además de la dificultad surgida al tratar de distinguir entre los efectos provenientes de las industriales y urbanas (Wood y Parr 2005, 2). Al respecto, Glaeser et al. (1991, 15) y Hanson (1994, 20) proponen un índice de especialización para medir la aglomeración de firmas que pertenecen a una misma industria en un espacio geográfico, y estimar los efectos externos derivados de ella.

El presente artículo aborda el análisis de la especialización industrial en Colima, con base en el cálculo del índice propuesto por Glaeser et al. (1991, 15) y Hanson (1994, 20). Éste se definió aquí con base en el empleo  $L$  en las ramas manufactureras de cada municipio, según una desagregación de cuatro dígitos, conforme al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), el índice es el siguiente:

$$A_{is} = \frac{L_{is} / L_s}{L_{in} / L_n} \quad (1)$$

El numerador  $L_{is} / L_s$  representa la participación del empleo de la rama industrial  $i$  del municipio  $s$ , respecto al empleo total en el municipio  $s$ ; el denominador  $L_{in} / L_n$  representa la participación del empleo nacional de la industria  $i$ , respecto al empleo nacional total. De esta forma, si  $A_{is} > 1$  se puede considerar que el municipio  $s$  es especializado en la rama  $i$ , y viceversa si  $A_{is} < 1$ .

El índice muestra la especialización del municipio  $s$  en la rama industrial  $i$  respecto a su especialización en el ámbito nacional. De acuerdo con los cálculos para el 2003, Colima cuenta con 60 industrias manufactureras especializadas distribuidas en los diez municipios. De manera particular, Tecomán concentra la mayor cantidad de ellas, con 20 por ciento del total. Por su parte, los porcentajes de Armería, Comala, Villa de Álvarez y Cuauhtémoc fluctúan entre 16 y 10 por ciento. Asimismo, Ixtlahuacán y Minatitlán tienen la participación menor, con 3.3 y 1.7 por ciento, respectivamente (véase cuadro 4).

En este contexto, es posible caracterizar a los municipios al vincular el número de industrias especializadas con el volumen de VA producido en cada uno de ellos. En primera instancia, sobresalen Tecomán y Cuauhtémoc, cuya aportación es relevante en el rubro y también concentran el volumen mayor de VA manufacturero en el estado. Por otro lado, Armería, Comala y Villa de Álvarez cuentan también con un número comparativamente importante de ellas, pero VA manufacturero bajo. Asimismo, el resto de municipios tiene VA bajo y pocas industrias especializadas (véase cuadro 4).

#### Cuadro 4

Colima: ramas industriales especializadas (RIE)  
y estructura porcentual del VA manufacturero municipal, 2003

Municipio	RIE	%	VA (%)
Tecomán	12	20.0	71.5
Armería	10	16.7	1.0
Comala	8	13.3	0.2
Villa de Álvarez	8	13.3	2.4
Cuauhtémoc	6	10.0	15.1
Coquimatlán	5	8.3	0.2
Colima	4	6.7	5.7
Manzanillo	4	6.7	3.9
Ixtlahuacán	2	3.3	0
Minatitlán	1	1.7	0
Total	60	100	100

Fuente: elaboración propia, con información del Censo económico 2004 del INEGI.

Al revisar el índice municipal de especialización por rama, se observa que en Tecomán las empresas con una mayor aglomeración de firmas son las que fabrican productos químicos y maderas, las de conservación de frutas, verduras y guisos y la preparación de bebidas. En el caso de Cuauhtémoc, son las que elaboran azúcar, dulces y bebidas, estructuras metálicas y herrería, pan y tortillas y los productos de la madera (véase cuadro 5). En estos municipios, las industrias más especializadas son también las que generan más VA, con excepción de las que confeccionan prendas de vestir en Cuauhtémoc.

En Comala, la más especializada es la dedicada a la elaboración de pan y tortillas; en tanto que en Armería y Villa de Álvarez es la de conservación de frutas, verduras y guisos. Al igual que en el caso anterior, son también las que producen mayor VA, con excepción de la fabricación de estructuras metálicas en Comala (véase cuadro 5).

En el resto de los municipios, las industrias más importantes de acuerdo al índice de especialización son: elaboración de alimentos para animales (Colima); de pan y tortillas (Coquimatlán); productos de papel (Ixtlahuacán); preparación y envasado de pescados y mariscos (Manzanillo) y fabricación de muebles (Minatitlán). Similarmente, parte de ellas coinciden en presentar el VA más elevado en cada municipio; incluso en Minatitlán, la única con el índice de especialización mayor a 1 está entre las que generan más VA (véase cuadro 5).

El análisis de los índices de especialización en las ramas industriales parece indicar que las economías externas provenientes de la aglomeración tendrían un papel fundamental en la producción alcanzada. Sin embargo, la información agregada indica que algunos municipios con un VA comparativamente bajo cuentan con más industrias especializadas (véase cuadro 4); al respecto, los índices de algunas son mayores a 1 y tienen un VA bajo, como en el caso de los productos metálicos forjados en Colima y la de fabricación de fertilizantes en Armería. De esta manera, ante la posibilidad de obtener ganancias de eficiencia por parte de economías de especialización, también es posible que existan factores que induzcan algún tipo de ineficiencia, como lo serían las industrias especializadas con VA bajo.

## Estimaciones de la producción de contaminantes industriales en Colima: aspectos metodológicos

La metodología utilizada para estimar la emisión de contaminantes del sector manufacturero en Colima se basa en las propuestas de Ten (1993, 1-76) y Hettige et al. (1995, 1-77). En estos dos estudios se definen siete índices

Cuadro 5  
Colima: principales industrias manufactureras especializadas por municipio, 2003

Armería Actividad	IE*	Colima Actividad	IE	Comala Actividad	VA	Coquimatlán Actividad	VA
Conservación de frutas, verduras y guisos	13.9	Elaboración de alimentos para animales	2.2	Elaboración de productos de panadería y tortillas	5.1	Elaboración de productos de panadería y tortillas	3.1
Fabricación de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos	11.5	Fabricación de cemento y productos de concreto	1.8	Elaboración de productos lácteos Otras industrias alimentarias	3.4	Elaboración de productos lácteos	2.3
Fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios	7.6	Fabricación de productos metálicos forjados y troquelados	1.2	Fabricación de muebles, excepto de oficina y estantería	2.1	Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería	2.2
Otras industrias alimentarias	5.9	Fabricación de estructuras	1.4	Fabricación de otros productos de madera	1.8	Fabricación de cemento y productos de concreto	1.9
Fabricación de otros productos de madera	3.6	metálicas y productos de herrería				Matanza, empacado y procesamiento de carne ganado y aves	1.5
Cuaulhémoc Actividad	VA	Ixtlahuacán Actividad	VA	Manzanillo Actividad	VA	Minatitlán Actividad	VA
Elaboración de azúcar, chocolates, dulces y similares	32.5	Fabricación de productos de papel y cartón	2.3	Preparación y envasado de pescados y mariscos	36.9	Fabricación de muebles, excepto de oficina y estantería	1.1
Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería	11.8	Fabricación de muebles, excepto de oficina y estantería	1.3	Fabricación de otros productos químicos	3.8		
Industria de las bebidas	9.2			Fabricación de productos derivados del petróleo y el carbón	1.6		
Elaboración de productos de panadería y tortillas	1.7			Fabricación de cemento y productos de concreto	1.4		
Fabricación de otros productos de madera	1.3						

Fuente: elaboración propia, con información del Censo económico 2004 del INEGI.

\* IE: índice de especialización.

que representan su intensidad, expresada en kilogramos por millones de dólares, con valores para cada clase de actividad a una desagregación de cuatro dígitos, de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (ISIC, por sus siglas en inglés). Estos índices son: a) cantidad total de químicos liberados o transferidos del inventario de tóxicos (AVTRIT); b) índice lineal de ecotoxicidad aguda para la salud humana y el medio terrestre (AVHUML); c) índice exponencial de ecotoxicidad aguda para la salud humana y el medio terrestre (AVHUMX); d) índice lineal de toxicidad aguda acuática (AVQAC); e) índice exponencial de toxicidad aguda acuática (AVQAX); f) índice de riesgo de cáncer (AVCANC) y g) cantidad total de metal compuesto liberado o transferido (AVMETAL).

Los índices anteriores fueron construidos por Wheeler (1991), con base en información de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA, por sus siglas en inglés), acerca de las emisiones anuales de contaminantes industriales para 328 químicos en 20 mil empresas de Estados Unidos durante 1987 (Ten 1993, 7). Para calcularlas en el ramo manufacturero en Colima, se utiliza la fórmula siguiente, propuesta en los estudios mencionados:<sup>4</sup>

$$VC_i = (IC_i)(P_i) \quad (2)$$

$VC_i$  volumen de contaminación emitido por la industria  $i$ .

$IC_i$  índice de contaminación AVHUML.

$P_i$  producción bruta de la industria  $i$  a precios de 1993.

Debido a la similitud entre los índices de contaminación, se seleccionó el denominado AVHUML para evitar una repetición excesiva en las estimaciones. Asimismo, para mantener la congruencia con el índice de especialización, se consideró una desagregación de la actividad industrial de cuatro dígitos, conforme al SCIAN. La aplicación de la metodología presente requiere utilizar los supuestos restrictivos siguientes: a) los coeficientes de emisión de la industria estadounidense son aplicables a la mexicana y b) dichos coeficientes permanecen constantes en el tiempo. De esta forma, los resultados se deben considerar con reservas, debido a que es posible la introducción de sesgo.

<sup>4</sup> Con la finalidad de comparar las estimaciones de las emisiones de contaminantes con las obtenidas por Mercado y Fernández (2000, 210) para Colima, se convirtieron los coeficientes de dólares a pesos.

El Banco Mundial ha difundido esta metodología, con el propósito de permitir el cálculo de la contaminación industrial en países con información escasa o nula. En el caso de México, ha sido utilizada por Ten (1993, 1-76) y Mercado y Fernández (2002, 208-214), también se ha empleado en Brasil, Letonia y Vietnam (Gallagher 2000, 1-23). Su validez se aprecia en la consistencia de los resultados obtenidos en los estudios internacionales, los cuales han mostrado regularidades que permiten clasificar las industrias según su grado de contaminación.

### Estimación de la producción de contaminantes industriales en Colima: resultados

De acuerdo con las estimaciones realizadas por Mercado y Fernández (2002, 210), las entidades federativas mexicanas con el volumen de contaminantes más elevado en 1993 fueron Veracruz, Estado de México, Nuevo León y Distrito Federal, con emisiones entre 111 y 279 toneladas anuales. Por su parte, 11 estados fueron clasificados como de contaminación mediana, con volúmenes entre 24 y 69 toneladas anuales. Y 17 se ubicaron como las menos contaminantes, con 0.4 y 19 toneladas. En ese año, Colima se clasificó en esta última categoría, con casi una tonelada anual; quedó en la antepenúltima posición.

Las estimaciones hechas para 2003 muestran que el volumen de contaminantes industriales en Colima se incrementó a 2.4 toneladas anuales (véase cuadro 6). Lo cual implica un aumento de 11.8 por ciento anual en promedio. Por tanto, este ritmo de crecimiento muestra una relación positiva con el dinamismo presentado por el sector manufacturero, cuya alza fue de 13.9 por ciento, en la producción de  $V_A$ , entre 1994 y 2003.

Entonces, durante este periodo se vislumbra la posibilidad de un daño permanente al medio ambiente y un factor latente de riesgo para la salud. Al considerar la concentración territorial por kilómetro cuadrado de los contaminantes, en 1993 ésta se calculó en 0.128 kilogramos, y en 2003 fue de 0.438 por metro cuadrado.

Las emisiones corresponden al desarrollo heterogéneo alcanzado en el estado. En el caso de Tecomán, la producción de contaminantes representa 54 por ciento del volumen total emitido durante 2003, seguido de Colima con 19. Entre ambos municipios concentran poco más de 70 por ciento (véase cuadro 6). Con base en lo anterior, se observa que el incremento de la producción no es el único determinante de los aumentos en la polución,

sino que ésta también varía según el tipo de industria. Por ejemplo, en Colima, el VA disminuyó entre 1994 y 2003, para alcanzar 5.7 por ciento del total estatal, lo cual implica que la industria establecida en esa subregión es altamente contaminante.

### Cuadro 6

Colima: producción de contaminantes por el sector manufacturero, 2003  
(toneladas)

Municipio	Emisión	%
Armería	0.1	2.9
Colima	0.5	19.2
Comala	0.01	0.3
Coquimatlán	0.01	0.2
Cuauhtémoc	0.2	7.1
Ixtlahuacán	0.001	0.0
Manzanillo	0.2	7.1
Minatitlán	0.002	0.1
Tecomán	1.3	54.1
Villa de Álvarez	0.2	9.0
Total	2.4	100

Fuente: estimaciones propias, con base en los coeficientes de emisión de contaminantes industriales del Sistema de Proyección de la Contaminación Industrial del Banco Mundial.

En el resto de los municipios, la diferencia con los antes mencionados es amplia, entre los más contaminantes se encuentran Villa de Álvarez, Cuauhtémoc y Manzanillo, con proporciones entre 7 y 9 por ciento del total. Los demás concentran entre 0.1 y 0.3 por ciento, con excepción de Ixtlahuacán con poca participación (véase cuadro 6). Cabe resaltar que Cuauhtémoc presentó un dinamismo industrial importante entre 1989 y 2003, lo cual no se refleja en aumentos considerables en la producción de contaminantes, lo que parece significar que cuenta con “industrias limpias”.

La relación positiva entre la producción manufacturera y la emisión de contaminantes descrita, permite llamar la atención hacia los problemas potenciales y las estrategias para resolverlos o disminuirlos. En este sentido, diversos estudios han encontrado una relación empírica en forma de U invertida entre la producción de un país y la emisión de contaminantes, denominada curva medio ambiental de Kuznets (Grossman y Krueger

1994, 18-19; Andreoni y Levinson 2001, 15; Vollerberg et al. 2005, 21-22), entre otros. Dicha relación empírica implica que durante las etapas iniciales de desarrollo económico de un país, los aumentos en la producción ocurren a la par de incrementos en la emisión de contaminantes; en tanto que una vez alcanzado un grado elevado de desarrollo, los aumentos en la producción están correlacionados negativamente con la emisión de contaminantes.<sup>5</sup>

Sin embargo, en Colima, las estimaciones parecen resaltar la existencia de industrias altamente contaminantes, cuyos esfuerzos por implementar tecnologías que los reduzcan son, al parecer, insuficientes. De esta forma, la predicción de la curva de Kuznets sería factible en el caso de Colima, si las empresas a la par incorporan tecnología favorable al medio ambiente.

En el cuadro 7 se presentan las industrias más contaminantes según los cálculos realizados. La mitad está en Tecomán: cemento y concreto, otros productos químicos, conservación de frutas y verduras y la de fertilizantes, pesticidas y agroquímicos. Con excepción de la última, las demás están entre las que generan más VA, por ejemplo, la fabricación de cemento y productos de concreto representa poco más de la mitad del VA y cerca de 20 por ciento de la emisión de contaminantes. Parece ser que las industrias se han esforzado en instalar tecnología limpia, sin embargo la escala de producción indica que es necesario continuar con la implantación de tecnologías nuevas.

El resto de empresas representa cada una aproximadamente 4 por ciento de la emisión total de contaminantes, y están relacionadas con la fabricación de azúcares, productos químicos, estructuras metálicas, conservación de frutas y verduras, otros productos de madera y la impresión. Al igual que en el caso anterior, la mayoría comparten la característica de presentar escalas de producción comparativamente elevadas, sin embargo, lo contrario ocurre al considerar su especialización.

La generación de contaminantes depende de la escala de producción industrial y su composición (Mercado y Fernández 2002, 214). De tal manera que, al fomentarla se incentivaría a la vez la polución, con efectos en el medio ambiente, la salud y la actividad económica. Por lo tanto, es importante estimar las emisiones y sus efectos en la actividad fabril en Colima.

<sup>5</sup> Sin embargo, la relación empírica expresada en la curva medio ambiental de Kuznets dista de ser aceptada ampliamente, puesto que diversos estudios encuentran que la relación expresada se cumple para ciertos tipos de contaminantes, y presenta una variedad de problemas en la estimación econométrica (Bradford et al. 2000, 20; Stern 2003, 13-15).

## Cuadro 7

Colima: las industrias manufactureras más contaminantes, 2003 (toneladas)

Municipio	Código	Actividad	Volumen de contaminantes	AVHUML
Tecomán	3273	Fabricación de cemento y productos de concreto	0.5	0.98015
Tecomán	3259	Fabricación de otros productos químicos	0.3	7.22862
Tecomán	3114	Conservación de frutas, verduras y guisos	0.2	2.14441
Tecomán	3253	Fabricación de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos	0.1	105.3026
Cuauhtémoc	3113	Elaboración de azúcar, chocolates, dulces y similares	0.1	1.12369
Colima	3231	Impresión e industrias conexas	0.1	14.93156
Manzanillo	3259	Fabricación de otros productos químicos	0.1	7.22862
Colima	3323	Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería	0.1	4.29229
Villa de Álvarez	3114	Conservación de frutas, verduras y guisos	0.1	2.14441
Tecomán	3219	Fabricación de otros productos de madera	0.1	9.93066

Fuente: elaboración propia, con base en los coeficientes de emisión de contaminantes industriales del Sistema de Proyección de la Contaminación Industrial del Banco Mundial.

## El modelo empírico y resultados econométricos

Con el fin de evaluar el efecto de las externalidades provenientes de la especialización y la contaminación industrial en la producción manufacturera de Colima, se propone el modelo econométrico siguiente:<sup>6</sup>

$$\ln(Y_{mi}) = \eta_m + \psi \ln(A_{mi}) + \phi \ln(L_{mi}) + \varphi \ln(P_{mi}) + \chi \ln(P_{mr}) + e_i \quad (3)$$

<sup>6</sup> En el Apéndice se incluye un modelo simple de producción manufacturera con externalidades, a partir del cual se obtiene la ecuación empírica.

Donde el término  $e_i$  estocástico se distribuye normalmente con media cero y varianza constante. Las variables se aproximan de la siguiente manera:

$\ln(Y_{mi})$  = es el logaritmo natural del valor agregado manufacturero de la industria  $i$  establecida en el municipio  $m$ , en millones de pesos a precios constantes de 1993.

$\ln(A_{mi})$  = es el logaritmo natural del índice de especialización de la industria  $i$  establecida en el municipio  $m$ .

$\ln(L_{mi})$  = es el logaritmo natural del empleo en la industria  $i$  establecida en el municipio  $m$  en 2003.

$\ln(P_{mi})$  = es el logaritmo natural del volumen de contaminantes en kilogramos emitido por la industria  $i$  establecida en el municipio  $m$  en 2003.

$\ln(P_{mr})$  = es el logaritmo natural del volumen de contaminantes en kilogramos emitido por el resto de industrias en el municipio  $m$  en 2003.

Los datos estadísticos para el valor agregado manufacturero y la ocupación se obtuvieron de los *Censos económicos del 2004*, elaborados por el INEGI. El índice de especialización industrial y el volumen de contaminantes se calcularon conforme a lo expresado en las secciones anteriores, en tanto que el volumen de contaminantes emitido por el resto de industrias se obtuvo restando al volumen total la emisión de la industria  $i$ .

Se estimaron cuatro modelos con base en la técnica de mínimos cuadrados ordinarios,<sup>7</sup> en cada uno de ellos la R-cuadrada y R-cuadrada ajustada muestran que las regresiones son aceptables. El primer modelo se estimó considerando únicamente el logaritmo del empleo manufacturero, el coeficiente es significativo a 5 por ciento y muestra un efecto positivo e importante en la manufactura. Al incluir el logaritmo de la especialización industrial, se observa que el coeficiente es positivo y significativo a 5 por ciento, lo cual sugiere que las economías externas provenientes de la especialización son importantes para la industria de Colima (véase cuadro 8).

Al incorporar el efecto de la contaminación proveniente de la propia industria  $i$ , se observa el signo esperado; al parecer ésta representa una exter-

<sup>7</sup> Permite estimar coeficientes lineales e insesgados con base en la minimización de los residuos al cuadrado. Los datos se organizaron combinando industrias y municipios (*pool data*), lo cual permitió estimar los efectos fijos para cada municipio en los cuatro modelos econométricos (véase cuadro 8). A esta técnica también se le conoce como mínimos cuadrados con variables ficticias (Greene 2003, 287).

nalidad negativa para la producción en el estado, cuyos efectos serían relevantes para el desempeño de la actividad. De acuerdo con los resultados, si el resto de variables permanecen constantes, un incremento de 10 por ciento en la emisión de contaminantes induciría una disminución de 2.6 por ciento en la producción industrial. Por consiguiente, es esencial la interacción con las fuerzas productivas que favorecen la producción. Al respecto, el coeficiente que mide el efecto del factor trabajo se redujo ligeramente al incluir las repercusiones de la contaminación, sin embargo continúa siendo importante para contrarrestar la externalidad negativa en el corto plazo. Por su parte, el coeficiente estimado de la variable de especialización es positivo y no significativo (véase cuadro 8).

Los resultados de las estimaciones del modelo, que incluye la contaminación del resto de industrias son consistentes con los obtenidos anteriormente. El coeficiente que mide la repercusión del número de trabajadores se incrementó de manera ligera y es significativo a 5 por ciento. El coeficiente de la especialización es positivo y no significativo a 5 por ciento de nueva cuenta, lo cual reafirma que las economías que pudieran resultar son de poca relevancia para la industria del estado, en presencia de externalidades negativas. Respecto al efecto de la emisión de contaminantes, los signos de ambas variables son negativos y los coeficientes son significativos a 5 por ciento. En este sentido, ambas externalidades se refuerzan mutuamente representando restricciones a la producción; sin embargo, en el corto plazo la actividad industrial se sostiene con el esfuerzo de los trabajadores, de tal manera que el efecto conjunto de ambas externalidades negativas parece no percibirse en su desempeño (véase cuadro 8).

Se estimaron los efectos fijos en los modelos para identificar la repercusión diferenciada de las variables en los municipios. Al incluir la contaminación de la industria  $i$ , los resultados muestran que los municipios con el mayor efecto restrictivo en orden descendente son: Tecomán, Cuauhtémoc, Minatitlán, Coquimatlán, Manzanillo, Colima, Villa de Álvarez, Armería, Comala e Ixtlahuacán. Cuando se incorpora el efecto de la contaminación proveniente del resto de industrias, el tamaño del daño varía ligeramente, de hecho Minatitlán y Coquimatlán avanzaron una posición en tanto que Cuauhtémoc fue desplazado al cuarto sitio. Los municipios se enlistan en orden descendente, de acuerdo a la magnitud del efecto: Tecomán, Minatitlán, Coquimatlán, Cuauhtémoc, Manzanillo, Colima, Villa de Álvarez, Armería, Comala e Ixtlahuacán (véase cuadro 8).

Estos resultados muestran que al considerar los daños de la contaminación provenientes de la propia industria, los municipios más contaminados presentan en mayor medida efecto restrictivo. Sin embargo, al tomar en cuenta la contaminación del resto de las industrias, algunas actividades y municipios

## Cuadro 8

Estimaciones econométricas de los efectos de la contaminación industrial y la especialización en la manufactura de Colima

Variable dependiente: $\ln(Y_{mi})$ , periodo 2003				
Variable	Coefficiente 1	Coefficiente 2	Coefficiente 3	Coefficiente 4
C	-2.63*	-2.23*	-0.14	15.47*
Error estándar	0.14	0.23	0.45	2.41
$\ln(L_{mi})$	1.15*	1.04*	0.87*	0.91*
Error estándar	0.04	0.07	0.06	0.06
$\ln(A_{mi})$		0.15*	0.04	0.008
Error estándar		0.07	0.07	0.071
$\ln(P_{mi})$			-0.26*	-0.19*
Error estándar			0.04	0.05
$\ln(P_{mr})$				-18.62*
Error estándar				2.89
R-cuadrada	0.85	0.85	0.88	0.89
R-cuadrada ajustada	0.84	0.84	0.87	0.88
Durbin-Watson	1.89	1.96	1.84	2.02
Effectos fijos	1	2	3	4
Armería	-0.302*	-0.438*	-0.267*	-0.177*
Colima	0.045*	0.186*	0.015*	0.049*
Comala	-0.596*	-0.804*	-0.376*	-0.327*
Coquimatlán	-0.156*	-0.354*	0.053*	0.088*
Cauhtémoc	0.020*	-0.096*	0.097*	0.083*
Ixtlahuacán	-0.502*	-0.815*	-0.454*	-0.396*
Manzanillo	-0.015*	0.120*	0.024*	0.061*
Minatitlán	-0.111*	-0.262*	0.065*	0.102*
Tecomán	0.616*	0.646*	0.383*	0.157*
Villa de Álvarez	-0.117*	-0.113*	-0.109*	-0.057*

Nota:

$\ln(L_{mi})$  es el logaritmo natural del empleo en la industria  $i$  establecida en el municipio  $m$  en 2003.

$\ln(A_{mi})$  es el logaritmo natural del índice de especialización de la industria  $i$  establecida en el municipio  $m$  en 2003.

$\ln(P_{mi})$  es el logaritmo natural del volumen de contaminantes en kilogramos emitidos en 2003 por la industria  $i$  establecida en el municipio  $m$ .

$\ln(P_{mr})$  es el logaritmo natural del volumen de contaminantes en kilogramos emitidos en 2003 por el resto de industrias en el municipio  $m$ .

que relativamente contaminan menos son los que reciben el perjuicio mayor, como Minatitlán y Coquimatlán.

## Conclusiones

En este estudio se estima el efecto de las externalidades provenientes de la especialización y contaminación en el ramo manufacturero de Colima. La actividad industrial agregada en el estado se caracteriza por un aumento rápido en la producción agregada entre 1989 y 2003. Al analizar el comportamiento del sector fabril en los diez municipios, se observa un patrón de crecimiento diferenciado. Mientras algunos crecieron a tasas elevadas, la mayoría lo hizo moderadamente e incluso algunos parecen encontrarse en un periodo prolongado de crisis.

En este sentido, se ha presentado un proceso de alcance en la actividad entre los municipios, acompañado de concentración paulatina de la producción. De esta manera, Tecomán parece erigirse como el pilar del desarrollo industrial de Colima, con una concentración del VA estatal cercano a 70 por ciento. Esta dinámica y los cambios en la estructura industrial han ido acompañados por un incremento en la emisión de contaminantes de las manufacturas, lo cual eleva las posibilidades de generar daños al medio ambiente, la salud humana y la propia economía.

Los resultados econométricos muestran que los efectos de la polución restringirían la actividad industrial del estado; lo cual contribuye a explicar su desempeño en algunos municipios, sobre todo en aquéllos cuyas fábricas especializadas presentan VA bajo. Los efectos fijos evidencian que los sectores con gran producción resultan más perjudicados por la contaminación de la actividad propia, aunque esta externalidad parece extenderse a las demás. Cuando se incluye la variable que considera la contaminación del resto de las industrias, se observa que a algunas de ellas y a los municipios con menos movimiento son a los que más daña.

Por su parte, las estimaciones muestran que en presencia de externalidades negativas, la especialización industrial parece ser de poca importancia para el desarrollo del estado, de tal forma que las economías resultantes contrarrestan débilmente los efectos adversos de la contaminación. Entonces, en el corto plazo, el esfuerzo de los trabajadores explica en mayor medida la actividad industrial, y representa el factor que compensa las externalidades negativas.

Lo anterior sugiere la importancia de adoptar políticas regionales que minimicen la emisión de contaminantes y a la vez promuevan el dinamis-

mo industrial. En primera instancia, una alternativa sería la creación de un mecanismo que incentive la adopción e implantación de tecnologías en las empresas, para lograr una producción más limpia, así como promover el establecimiento de compañías nuevas que contaminen menos.

Recibido en octubre de 2006

Revisado en marzo de 2007

## Bibliografía

- Andreoni, James y Arik Levinson. 2001. The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Public Economics* 80 (2): 269-286.
- Arrow, Kenneth. 1962. The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies* 29 (3): 155-173.
- Baumol, W. J y W. E. Oates. 1982. *La teoría de la política económica del medio ambiente*. Barcelona: Antoni Bosch Editor.
- Blackman, Allen, Stephen Newbold, Jhih-Shyang Shih y Joe Cook. 2000. The Benefits and Costs of Informal Sector Pollution Control: Mexican Brick Kilns. Discussion paper 46. Washington: Resources for the Future.
- Beeson, Patricia. 1987. Total Factor Productivity Growth and Agglomeration Economies in Manufacturing 1959-1973. *Journal of Regional Science* 27 (2): 183-199.
- Boudier, Fabienne. 2005. Agglomeration Economies and Location Choice: Foreign Direct Investment in Hungary. *Economics of Transition* 13 (4): 605-628.
- Bradford, David, Rebeca Schlieckert y Stephen Shore. 2000. The Environmental Kuznets Curve: Exploring a Fresh Specification. Working paper 8001. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Fabricant, Solomon. 1940. *The Output of Manufacturing Industries, 1899-1937*. Nueva York: National Bureau of Economic Research.

- Frenkel, Jeffrey. 2003. *The Environment and Globalization*. Working paper 10090. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Gallagher, Kevin. 2000. *Trade Liberalization and Industrial Pollution in Mexico: Lessons for the FTAA*. Medford: Global Development and Environment Institute. Tufts University.
- Gangadharan, Lata. 2003. *Environmental Compliance by Firms in the Manufacturing Sector in Mexico*. Discussion paper 881. Melbourne: The University of Melbourne.
- Glaeser, Edward, Hedi Kallal, Jose Scheinkman y Andrei Shleifer. 1991. *Growth in Cities*. Working paper 3787. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Greene, William H. 2003. *Econometric Analysis*. Nueva York: Prentice Hall.
- Grossman, Gene M. y Alan B. Krueger. 1994. *Economic Growth and the Environment*. Working paper 4634. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Hanson, Gordon H. 2000. *Scale Economies and the Geographic Concentration of Industry*. Working paper 8013. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- . 1994. *Regional Adjustment to Trade Liberalization*. Working paper 4713. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Henderson, Vernon. 1994. *Externalities and Industrial Development*. Working paper 4730. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Hettige, Hemamala, Paul Martin, Manjula Singh y David Wheeler. 1995. *The Industrial Pollution Projection System*. Working paper 1431. Washington: The World Bank.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2005. *Censos económicos 2004*. Aguascalientes: INEGI.
- . 2000. *XV Censo industrial, Censos económicos 1999*. Aguascalientes: INEGI.

- . 1995. *XIV Censo industrial, XI Censo comercial, XI Censo servicios, Censos económicos 1994*. Aguascalientes: INEGI.
- . 1992. *XIII Censo industrial, Censos económicos 1989*. Aguascalientes: INEGI.
- Jacobs, Jane. 1969. *Cities and the Wealth of Nations*. Nueva York: Random House.
- Kaldor, Nicholas. 1996. *Causes of Growth and Stagnation in the World Economy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- . 1966. Causes of the Slow Rate of Economic Growth of the United Kingdom. En *Economic Growth in Theory and Practice: A Kaldorian Perspective*, compilado por J. E. King, 279-318. Cambridge: Cambridge University Press.
- Marshall, Alfred. 1920. *Principles of Economics*. <http://www.econlib.org/library/Marshall/marP6.html> (1 de agosto de 2006).
- Mendoza Cota, Jorge Eduardo y Alejandro Díaz-Bautista. 2006. *Economía regional moderna: teoría y práctica*. México: El Colegio de la Frontera Norte-Universidad de Guadalajara-Plaza y Valdés Editores.
- Mendoza Cota, Jorge Eduardo. 2002. Agglomeration Economies and Urban Manufacturing Growth in the Northern Border Cities of Mexico. *Momento Económico* XI (1): 163-190.
- Mercado, Alfonso y Óscar Fernández. 2002. La emisión de contaminantes industriales en las entidades federativas de México. *Comercio Exterior* 52 (3): 208-214.
- Mishan, E. J. 1971. The Postwar Literature on Externalities: An Interpretative Essay. *Journal of Economic Literature* 9 (1): 1-28.
- Mukkala, Kirsi. 2004. Agglomeration Economies in the Finnish Manufacturing Sector. *Applied Economics* 36 (21): 2419-2427.
- Siebert, Horst. 2005. *Economics of the Environment, Theory and Policy*. Berlin: Springer.
- Smith, Adam. 1999. *The Wealth of Nations*. Londres: Penguin Classics.

- Stern, David. 2003. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. Working paper 302. Nueva York: Rensselaer Polytechnic Institute.
- Ten Kate, Adriaan. 1993. Industrial Development and the Environment in Mexico. Working paper 1125. Washington: The World Bank.
- Vollerberg, R.J. Herman, Elbert Dijkgraaf y Bertrand Melenberg. 2005. Environmental Center Kuznets Curve for CO<sub>2</sub>: Heterogeneity versus Homogeneity. Discussion Paper Series 25. <http://ssrn.com/abstract=683109> (6 de febrero de 2008).
- Wheeler, D. 1991. Industry Pollution Projections. Technical paper. Washington: The World Bank.
- Wood, Gavin y John Parr. 2005. Transaction Costs, Agglomeration Economies and Industrial Location. *Growth and Change* 36 (1): 1-15.

## Apéndice

Derivación de la función de producción manufacturera con externalidades

Aquí se describe un modelo simple de producción, para estudiar los efectos de la especialización y la contaminación industrial en la actividad económica del sector manufacturero de Colima. Se considera una industria  $i$ , cuya función de costos se representa:

$$C_i(W_i, Y_i, E) = EW_i Y_i^\alpha \quad (4)$$

$Y$  representa la producción de la industria  $i$ ,  $E$  es la externalidad y  $W_i$  es el precio del factor trabajo utilizable en la producción en el corto plazo. Las restricciones en los parámetros son  $\alpha > 0$  y  $\delta > 0$ .

La externalidad se comporta como un bien público, pues le da la posibilidad a otras industrias de tener acceso. Esta idea concuerda con la de Baumol y Oates (1982), quienes consideran una externalidad pública como inexhaustible, y para considerar su efecto más amplio, es posible separarla como sigue:

$$E = \frac{P^\mu}{A_i^\kappa} \quad (5)$$

El efecto de las externalidades en el costo total de la industria proviene de  $P^\mu$  y  $A_i^\kappa$ , el primer término es la contaminación industrial y el segundo representa las economías externas de aglomeración, se supone un efecto positivo en los costos si  $P^\mu > A_i^\kappa$  y uno negativo si  $P^\mu < A_i^\kappa$ . Esto concuerda con los modelos tradicionales, en los que la contaminación industrial aumenta los costos en el corto plazo; además, considerada como externalidad pública, cumple dos condiciones: a) todas las industrias tienen acceso gratis a la contaminación y b) la externalidad proviene de otro agente en el mercado.

No obstante que la mayoría de los modelos incluyen esta última condición de manera estricta, es posible que a la firma le perjudique su propia contaminación. Esta característica puede ser incluida al separar  $P^\mu$  en dos fuentes, como sigue:

$$E = \frac{P^\mu}{A_i^\kappa} = \frac{P_i^\sigma P_r^\tau}{A_i^\kappa} \quad (6)$$

La externalidad tiene tres fuentes,  $P_i^\sigma$  es la contaminación originada por la industria  $i$  que perjudica sus propios costos,  $P_r^\tau$  es la que proviene de otras y daña a la industria  $i$ . Como en (5), los costos de  $i$  pueden incrementarse si  $P_i^\sigma > P_i^\tau > A_i^k$ , y disminuir si las externalidades positivas sobrepasan las negativas.

Una disminución en los costos debido a  $A_i^k$  puede deberse a los tipos de externalidad que inducen cierta eficiencia. Algunas de ellas provienen de la aglomeración industrial y urbana (Mendoza y Díaz-Bautista 2006, 110).

A partir de la función de costos descrita arriba, es posible obtener una función de producción que relacione la actividad económica manufacturera con factores de producción y externalidades. Al sustituir (6) en (4) resulta la función de costo:

$$C_i(W_i, Y_i, E) = \left( \frac{P_i^\sigma P_r^\tau}{A_i^k} \right) W_i Y_i^\alpha \quad (7) \quad \text{donde } E = \frac{P_i^\sigma P_r^\tau}{A_i^k}$$

Las condiciones de primer orden son:

$$C'_w = \left( \frac{P_i^\sigma P_r^\tau}{A_i^k} \right) Y_i^\alpha \quad (8)$$

Por el teorema de la envolvente e igualando a la demanda condicionada para el factor considerado:

$$L_i(W_i, Y_i, E) = C'_w = \left( \frac{P_i^\sigma P_r^\tau}{A_i^k} \right) Y_i^\alpha \quad (9)$$

Resolviendo para el nivel de producción:

$$Y_i = \frac{A_i^{k/\alpha} L_i^{1/\alpha}}{P_i^{\sigma/\alpha} P_r^{\tau/\alpha}} \quad (10)$$

La función de producción obtenida es de corto plazo, cuyo único factor productivo es el trabajo  $L$ ; <sup>8</sup> y presenta rendimientos constantes a escala respecto a este factor si  $\alpha=1$ ; a escala creciente si  $1 > \alpha > 0$  y a escala decreciente si  $\alpha > 1$ . Expresa que un aumento en el volumen de la contaminación producida por la industria  $i$  y por otras dañará la producción de  $i$ . Por otro lado, es posible que las economías de aglomeración sobrepasen el efecto negativo e incrementen la producción. La ecuación (10) se encuentra en forma no lineal, por lo que al aplicar una transformación logarítmica se obtiene una versión lineal, que puede emplearse para establecer un modelo empírico:

$$\ln(Y_i) = (\kappa/\alpha)\ln(A_i) + (1/\alpha)\ln(L_i) - (\sigma/\alpha)\ln(P_i) - (\tau/\alpha)\ln(P_r) \quad (11)$$

<sup>8</sup> Una función de producción de corto plazo implica que algunos factores de producción son variables, mientras que otros son fijos. En este estudio se considera al trabajo como factor variable, en tanto que el acervo de capital físico es el fijo, este supuesto se debe a que en el corto plazo es más plausible ajustar la producción a partir de cambios en el trabajo que en el capital. Por otro lado, en el largo plazo es posible ajustar todos los factores de producción, de tal forma que en este caso todos son variables.