



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

**GASTO AMBIENTAL EN EL SECTOR SIDERÚRGICO
MEXICANO**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE.

LICENCIADA EN ECONOMÍA

P R E S E N T A:

ISALIA NAVA BOLAÑOS

DIRECTORA DE TESIS:

MTRA. LILIA DOMÍNGUEZ VILLALOBOS



MÉXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Isalia Nava

Beltrán

FECHA: 24/Febrero/04

FIRMA: (JMB)

A mis padres con profundo agradecimiento, por el amor que me han dado, por su apoyo y comprensión

A mi hermana Angela, quien con sus polémicos puntos de vista me ha hecho ver con mas claridad las cosas.

A mi hermano Alberto quien continuamente me hace regresar a mi niñez.

Con toda mi admiración:

A la Maestra Lilia Domínguez Villalobos quien hizo posible la realización de este trabajo y sobre todo por sus valiosos estímulos y consejos.

A la Dra. Flor Brown Grossman por el tiempo otorgado.

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Marco teórico	
Capítulo I. La economía ecológica y la teoría neoclásica	10
- Economía ecológica	11
- Interpretación de la contaminación en la economía ambiental	13
Capítulo II. Debate acerca del impacto ambiental	22
- La política ambiental y la ecoeficiencia en el medio ambiente	23
- Ser verde y competitivo: Porter	26
3. Capítulo III. Descripción del sector siderúrgico mexicano y su impacto ambiental	32
- Antecedentes de la Industria Siderúrgica Mexicana	32
- Características de la industria	34
- Descripción del proceso productivo	48
- Desarrollos tecnológicos	53
- Descripción de los problemas ambientales	56
- Conclusión	63
4. Capítulo IV. Gasto ambiental en el sector siderúrgico mexicano	66
- Características del gasto ambiental en la industria siderúrgica	66
- Determinantes del gasto para controlar la contaminación: revisión de la literatura	75
- Modelo econométrico tipo logit	85
(Primera estimación)	85
(Segunda estimación)	91

- Efecto del gasto ambiental en la productividad:	
revisión de la literatura	95
- Modelo econométrico de datos de panel	97
- Conclusión	101
- Anexo	103
5. Resumen y Conclusiones	105
6. Bibliografía	110

INTRODUCCIÓN

A lo largo de las primeras seis o siete décadas posteriores a la Revolución Mexicana, el modelo de desarrollo se basó en la sustitución de importaciones y, por consiguiente, los programas consideraron esencial evitar que las empresas estuvieran expuestas a las presiones de competidores del exterior. Durante esta etapa de desarrollo el medio ambiente estuvo completamente relegado. El crecimiento económico era imperativo (Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable, 2000).

Si bien desde 1971 existe una ley federal para prevenir la contaminación ambiental, los esfuerzos para abatirla sólo fueron parciales y desarticulados.

A partir de los años ochenta, la economía mexicana ha experimentado una transformación importante. En este cambio el mayor énfasis en el mercado y la liberalización comercial han constituido el motor de la economía nacional. En 1985 México se integra al Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio (GATT). A partir del 1º de enero de 1994 entró en vigor el Tratado de Libre Comercio (TLC). En ese mismo año se acepta a México como miembro de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

En términos del medio ambiente, la situación ha ido cambiando. En 1988 se expide la Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente, un año después a los cambios constitucionales que atribuyeron como deberes del Estado la preservación, restauración del equilibrio ecológico y la preservación del medio ambiente. Es así como la política ambiental mexicana se ha tornado mucho más compleja en los últimos diez años. Fundamentalmente, esta se caracteriza por medidas de comando y control, con limitados instrumentos económicos y programas de apoyo crediticio (Domínguez, 2002).

El resultado de la puesta en marcha de diferentes tratados comerciales, ha sometido a las empresas privadas en México a una mayor presión por los altos niveles de competencia internacional. Así mismo, las negociaciones previas a la firma del TLC, a la par del accidente de Guadalajara, aceleraron el surgimiento de instituciones ligadas a la preservación del medio ambiente, como el Instituto Nacional de Ecología, la Procuraduría Federal del Medio Ambiente y la Semarnap.

De ahí que pueda hablarse de un cambio en términos de la importancia que le daban las empresas al control de la contaminación

Hoy día un sector importante de la industria busca cumplir con las regulaciones ambientales. Esto es especialmente cierto entre las empresas grandes, ya sean de origen nacional o extranjero, estas han optado por llevar a cabo medidas pro ambientales. Al incursionar en los mercados internacionales, mediante la exportación de productos, se han apegado a los estándares internacionales en materia ambiental, promoviendo una trayectoria de conducta cada vez más favorable al ambiente (Mercado, 2002). En contraste, la micro y pequeña empresa no siempre desarrolla conciencia suficiente sobre la necesidad de adoptar medidas pro ambientales. Tampoco tienen los medios, dado que la protección ambiental requiere de grandes inversiones y de conocimiento técnico para la prevención y el control de la contaminación, sólo las grandes empresas, caracterizadas por contar con una posición económica sana, han podido llevar a cabo políticas pro ambientales, sin embargo, este sector es muy reducido para el caso de México (Domínguez, 1999).

Distintos estudios en el caso de las empresas micro, mencionan que estas desatienden sus problemas de contaminación por distintos factores: En primer lugar las empresas micro a menudo se encuentran dispersas, lo que dificulta su control e inspección por parte de las autoridades. Por otra parte dichas empresas se caracterizan por contar con una baja capacidad económica, acceso limitado a los créditos bancarios. En tercer lugar y no menos importante, tienen un escaso conocimiento tecnológico que permitiría identificar los problemas ambientales y plantear las soluciones de cambios en el proceso que no sólo disminuye la contaminación sino que podría traducirse en menos costos y un incremento de la productividad (Mercado, 1999, Domínguez, 1999).

A ello cabría añadir otra serie de factores limitantes como son: escasez de apoyos tecnológicos, de capacitación, de financiamiento. Se ha carecido de programas y medidas del sector público enfocadas a mejorar la capacidad ambiental del sector empresarial compuesto por las PYME (Urquidí, 2002). En consecuencia, la problemática de la contaminación ambiental es muy heterogénea.

Existen diversos estudios sobre el tema, pero en la mayor parte su enfoque es de carácter agregado. Urquidí (2002) expone una revisión de la situación ambiental en México a consecuencia de las emisiones de contaminantes de la industria. El autor señala la carencia de información estadística. Mercado (2002) analiza las trayectorias tecnológicas de la industria en México. Domínguez y Mercado (1999) examinan el comportamiento de la industria en la

Zona Metropolitana de la Ciudad de México en materia de preservación del medio ambiente. Dasgupta, et al (2000) indagaron, basándose en una muestra representativa de toda la industria, los determinantes del cumplimiento ambiental.

Existen algunos estudios sectoriales. Por ejemplo Domínguez (2000) estudia las acciones en materia de medio ambiente en la industria química. Brown (2000) analiza la industria textil y Mercado (2000) la industria siderúrgica. En general los estudios anteriores examinan las acciones de las empresas para cumplir con la reglamentación, pero no aportan información sobre el costo de estas acciones. Esta variable expresa más cercanamente la magnitud de la respuesta de las empresas hacia el medio ambiente y da la posibilidad de hacer comparaciones más precisas en términos económicos.

El objetivo de esta tesis es analizar el comportamiento ambiental de las empresas industriales expresado en las erogaciones monetarias de las empresas con tal efecto. La tesis tiene un enfoque sectorial. Se seleccionó la industria siderúrgica como caso de estudio, dado que esta industria tiene una intensidad y volumen de contaminación relativamente altos según el IPPS (Domínguez, 2002). El sector siderúrgico en términos ambientales es muy importante. A lo largo de su proceso productivo, consume altas cantidades de energía, es la industria más importante del sector manufacturero en términos de consumo de energía, es el usuario industrial más grande de electricidad y coque, el segundo consumidor de gas natural, emplea grandes cantidades de agua durante su proceso productivo. Es decir, es una de las industrias que produce mayor contaminación industrial.

Nos interesa examinar los determinantes del gasto ambiental de las empresas que integran esta industria. Las preguntas en este respecto se refieren a si variables como el tamaño, las exportaciones, el origen del capital y la localización afectan el nivel de gasto. En segundo lugar, esta tesis analiza el efecto de este gasto sobre el desempeño de sus empresas, en particular sobre la productividad industrial.

El interés por realizar este trabajo ha surgido por una convicción de que el tema del medio ambiente será cada día más importante como tema en la política y aún en nuestra vida diaria, aunque esto todavía no se reconozca suficientemente. Además, la política ambiental es redituable, no sólo en función de una actividad en particular sino socialmente, porque es una inversión a futuro. Sacrificar el medio ambiente equivale a desinvertir, a retroceder, con costos que jamás podrán amortizarse. Sin embargo, para lograr una política ambiental eficaz

es necesario conocer la magnitud y características del problema. De ahí la importancia de examinar el comportamiento ambiental de la industria siderúrgica.

Las empresas juegan un papel trascendental en la generación de residuos contaminantes. Al estudiar la estructura del gasto ambiental, percibiremos en que medida las empresas responden a la normatividad. Por otra parte conocer el impacto del gasto ambiental en la producción nos permitirá determinar si es posible la ecoeficiencia y que complementos a la política ambiental pueden incentivarlo.

La investigación consta de 5 capítulos además de esta introducción. El primer capítulo aborda la contaminación ambiental como un problema económico. Se explica la teoría de las externalidades desde el punto de vista neoclásico, se analiza el ejemplo de la contaminación como una externalidad, y las posibles alternativas “internalización de la externalidad”, que se plantean para lograr una adecuada asignación de los recursos. En el segundo capítulo se presenta el planteamiento de la ecoeficiencia en donde se habla de la posibilidad de ser “verde” y competitivo. La controversia planteada por Porter y los autores de la economía ambiental de corte neoclásico será abordada ampliamente en este capítulo.

El tercer capítulo está dedicado a realizar una presentación de las características y estructura reciente del sector siderúrgico, hasta donde las estadísticas nos preemiteron. Se incluye la evolución económica de dicho sector, en términos del producto interno bruto, exportaciones e importaciones. Enseguida se hace una breve descripción del proceso productivo y los desarrollos tecnológicos. Finalmente, aparece una reseña del impacto del sector siderúrgico en el medio ambiente, ésta incluye una descripción de: los problemas ambientales, la calidad y las normas ambientales.

La cuarta parte titulada “Gasto ambiental en el sector siderúrgico mexicano” está dedicada al análisis de la problemática ambiental en el sector siderúrgico. Estudia los determinantes del gasto ambiental en la industria (tamaño, origen del capital, destino de la producción, ya sea nacional o extranjera, localización). En este capítulo se hace una revisión teórica de varios autores que estudian los determinantes en el abatimiento de la contaminación, en su mayor parte llevados a cabo en diferentes países en desarrollo. En base al sustento teórico anterior se realiza un modelo econométrico aplicado al sector siderúrgico mexicano, para ello se elaboran dos estimaciones a través de un modelo Logit, el cual permite identificar los determinantes del gasto ambiental. Para determinar el impacto del gasto

ambiental en términos de la productividad de las empresas se realizó la estimación de un modelo econométrico de datos de panel.

El último capítulo está dedicado al resumen y conclusiones del trabajo.

Esta tesis tiene distintas fuentes de información. El análisis de los procesos tecnológicos de la industria y sus programas hacia medio ambiente se basaron en la revisión de materiales en la CANACERO y algunas entrevistas. Los datos sobre el gasto ambiental y el desempeño industrial se obtuvieron de la Encuesta Industrial Anual (varios años). Esta información fue proporcionada por INEGI al proyecto “Reestructuración Industrial y Medio Ambiente” IN300901 coordinado por las profesoras Lilia Domínguez Villalobos y Flor Brown Grossman. Durante los últimos dos años, fui becaria en este proyecto. Mi agradecimiento por ello.

CAPÍTULO I

LA ECONOMÍA ECOLÓGICA Y LA TEORÍA NEOCLÁSICA

Con el paso de los años, los temas medioambientales han adquirido una importancia primordial. La sociedad actual se enfrenta a una serie de problemas globales que dañan el ambiente y consecuentemente la vida humana. En la mayoría de los casos los daños son irreversibles (Capra, 1998).

Al analizar la problemática del medio ambiente, podemos apreciar que todo proceso económico y avance tecnológico en la industria trae consigo una disminución en la calidad del aire, agua, suelo, vida humana, así como el agotamiento del capital natural y de la biodiversidad. En este sentido es urgente regular el proceso económico que genera desechos que con el paso del tiempo se traducen en contaminación ambiental.

El problema del deterioro ambiental surge por causas esencialmente económicas, debido a que los agentes económicos pueden transferir parte o la totalidad del costo de sus acciones a otros segmentos de la población. Al no incluirse estos costos dentro del bienestar de quienes los causan no existe incentivo alguno para que estos agentes económicos modifiquen su comportamiento a favor de una conducta pro ambiental y reducir así los costos que sus acciones provocan sobre la sociedad y el medio ambiente (Belausteguigoitia, 1999).

Existe acuerdo en la necesidad de que los agentes generadores de daños ambientales los prevengan o los reparen. Las políticas tendentes a frenar la creciente emisión y acumulación de desechos de todo tipo, o el agotamiento de los recursos naturales, exigen que las empresas destinen una parte importante de sus recursos hacia gasto en medio ambiente, con el objetivo de adoptar medidas pro ambientales. En lo que hay debate es respecto a las consecuencias de los gastos que las empresas realizan sobre el desempeño económico.

Este capítulo presenta los principales enfoques económicos sobre la contaminación. En primer lugar expondremos brevemente el planteamiento de la economía ecológica, la cual trabaja sobre la premisa inicial de que la Tierra tiene una capacidad limitada. Para mantener a la economía operando de modo sustentable dentro de estos límites, es necesario el establecimiento de políticas ambientales específicas que promuevan el respeto a estos límites. Después se analiza la interpretación de la economía ambiental basada en un marco neoclásico. Según esta teoría la contaminación es un claro ejemplo de externalidad que provoca un fallo

en el mercado. Es un costo que la sociedad paga y no el que la genera. En consecuencia cuando el productor internaliza ese costo la teoría señala que sus costos aumentan y su productividad será menor (Pindyck, 1995). Estas externalidades pueden disminuirse a través de instrumentos de política con énfasis en el funcionamiento del mercado.

Economía ecológica

La economía ecológica cuestiona los fundamentos de la economía desde la percepción de sus límites ecológicos y entrópicos, abriendo un campo de investigación que se enfoca al estudio de las condiciones ecológicas de la sustentabilidad. De esta forma la economía ecológica ha puesto particular interés en los problemas de escasez de energía y recursos, de la contaminación, y de los medios tecnológicos para resolverlos. La cuestión de la equidad y la distribución son considerados como “problemas de límites” que se originan por la excesiva presión de la creciente población sobre los recursos que son escasos y el impacto desigual de la degradación ambiental (Leff, 1998).

La economía ecológica se sustenta en el análisis de los aspectos biofísicos fundamentales, como las leyes de la termodinámica, donde la escala de desarrollo de la economía está limitada por el propio ecosistema. En este marco, los procesos de transformación deben diferenciarse claramente entre el capital natural y el capital hecho por los humanos.

Enrique Leff (1998) menciona que la condición de escasez, ha pasado del proceso de sustitución continua de los recursos que ya han sido agotados, a una situación de escasez global estimulada por la continua expansión de la economía. La destrucción ecológica, el agotamiento de los recursos no son problemas que se han generado por procesos naturales, sino que son el resultado de la expansión de la actividad económica, que ha llevado a una sobreexplotación de los recursos naturales.

Es la racionalidad intrínseca del crecimiento económico la que destruye las condiciones ecológicas de la sustentabilidad al acrecentar el transflujo de materia y energía, provocando una escasez global de los recursos naturales, producto de la degradación ambiental y el incremento de la entropía (O'Connor, 2001).

Es imposible extraer de los sistemas biológicos más de lo que se puede considerar como su rendimiento sostenible o renovable pues de lo contrario acabaríamos con ellos, e

indirectamente, con nosotros mismos. El proceso económico actual parece haber olvidado las dimensiones físicas y centrar su atención sólo en el valor. Se podría llevar al máximo el valor, y éste bien podría crecer indefinidamente, pero la masa física a la que es inherente al estado estacionario, debe acatar ciertas restricciones (Daly, 1991)

Robert Costanza (1999) menciona que para la economía ecológica nuestro planeta Tierra tiene una capacidad limitada para mantener de modo sustentable a los seres humanos, dicha capacidad esta determinada por combinaciones de límites de recursos y umbrales ecológicos. Si se pretende que la economía opere de modo sustentable dentro de estos límites, es necesario establecer políticas ambientales específicas.

El mismo autor menciona que la visión de la economía ecológica destaca que: la tierra es un sistema termodinámico cerrado y que no crece, ello implica que existen límites al rendimiento biofísico de los recursos del ecosistema. Los límites estarán determinados por la interacción que se da entre los recursos naturales a través del subsistema económico y de regreso al ecosistema como desperdicios, que pueden causar diferentes daños al medio ambiente, dependiendo de la emisión de toxicidad. El autor menciona la existencia de procesos irreversibles, de ahí la importancia de tomar posturas precautorias en el tiempo y espacio correctos. Este aspecto es relevante debido a que hoy en día la contaminación en sus diferentes modalidades está causando estragos al medio ambiente, que en la mayoría de las ocasiones son irreversibles. Es importante la implementación de medidas que permitan aminorar el daño que se está ocasionando al medio ambiente.

La economía ecológica analiza la existencia de una problemática ambiental producto de la degradación ecológica y energética resultante de los procesos de producción y consumo. Este enfoque aborda estos problemas en la siguiente secuencia. Primero, se establecen los límites ecológicos de la escala sustentable y se determinan las políticas adecuadas que garanticen el rendimiento de la economía dentro de los límites preestablecidos. Segundo, se establece una distribución equitativa y justa de los recursos. Tercero, después de haber resuelto los problemas de escala y distribución se procede a asignar de forma eficiente los recursos, usando mecanismos basados en el mercado. La preservación, el cuidado que se le dé al medio ambiente, son aspectos primordiales para lograr la armonía entre el medio ambiente y el hombre. Para lograr la implementación de políticas que sean sustentables, es necesario

que las instituciones y otros organismos den lugar a políticas sencillas, adaptativas e implementables (Costanza, 1999).

En resumen los ecosistemas naturales, son la base de la vida humana y de la sociedad; la actividad humana y los procesos económicos deben ajustarse a la capacidad limitada del planeta Tierra. La economía ecológica destaca la necesidad de enfocar la inversión hacia la preservación y restauración del capital natural, es decir la prioridad debe dejar de ser la acumulación de capital. Asimismo, la tecnología deberá estar dirigida al aumento de la productividad del capital natural más que del capital hecho por el hombre.

Interpretación de la contaminación en la economía ambiental

Según la economía ambiental la contaminación es un claro ejemplo de la presencia de externalidades negativas. Conforme a la teoría neoclásica cuando se presenta el equilibrio en una economía perfectamente competitiva se tiende a una situación de óptimo, salvo cuando las interdependencias entre los agentes económicos no operan a través del mecanismo del mercado. Estas interdependencias que no se manifiestan mediante el mecanismo del mercado reciben el nombre de "externalidades" (Pindyck, 1995). La literatura existente, reconoce la existencia de efectos externos, tanto positivos como negativos, que se producen a consecuencia de las interrelaciones entre consumidores, entre unidades productivas y entre consumidores y unidades productivas. Su resultado provoca la divergencia entre los beneficios (costes) sociales y los beneficios (costes) privados (Bifani, 1997).

Las externalidades pueden ocurrir a partir de la producción o el consumo. Decimos que se presenta una *externalidad en el consumo* si a un consumidor le afecta directamente la producción o el consumo de otros. Así mismo, existe una *externalidad en la producción* cuando las decisiones de una empresa o de un consumidor influyen en las posibilidades de producción de otra empresa (Varian, 1987).

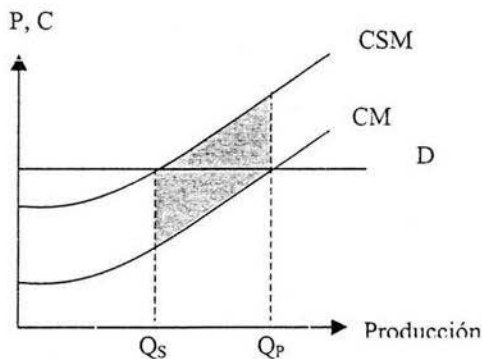
La relevancia del concepto de externalidad en el tema de medio ambiente ocurre porque buena parte de los recursos naturales no se transa en el mercado. Tal es el caso de: el aire, el agua, la vegetación; no existe un mercado donde se venda la contaminación, no se puede asignar una expresión monetaria, por lo tanto, este problema pasa a ser absorbido por el concepto de las externalidades negativas.

Las empresas al verter sus residuos al medio ambiente sin previo tratamiento, están incurriendo en un acto que daña al medio ambiente. Esta acción constituye un ahorro o reducción de costos para las empresas, ya que no invierten en la aplicación de medidas pro ambientales enfocadas a disminuir la cantidad de desechos peligrosos que dañan al medio ambiente. Cuando las empresas no pagan los costos asociados a la contaminación que están produciendo, estiman sus costos por debajo de los costos reales de producción, lo que resulta en un precio de mercado menor que el social. En consecuencia, la empresa fija un nivel de producción más alto, que el que ocurriría si el precio de mercado coincidiera con el precio social, y genera contaminación. Este costo lo paga la sociedad.

Las externalidades ambientales ocurren con mayor frecuencia cuando los derechos de propiedad no están bien definidos, es decir en los bienes con derechos de propiedad común a aquellos a los que todo el mundo tiene libre acceso. Algunos de estos recursos son: el aire, el agua, la pesca, la fauna, la explotación, la extracción de minerales, etc. Al no tener un propietario, los recursos se sobre explotan, provocando un deterioro del medio ambiente.

En la gráfica siguiente, se presenta una externalidad negativa cuando el costo social marginal (CSM) es mayor que el costo marginal privado (CM). Desde el punto de vista social, la empresa produce demasiado (Pindyck, 1995).

Gráfica 1.1



La curva CM mide el costo marginal privado. La curva CSM mide el costo social marginal y aparece por encima de CM, ello se debe a causa de la presencia de una externalidad negativa (el producto social marginal es menor que el producto marginal privado), el costo social marginal es mayor que el costo marginal privado. Tenemos entonces

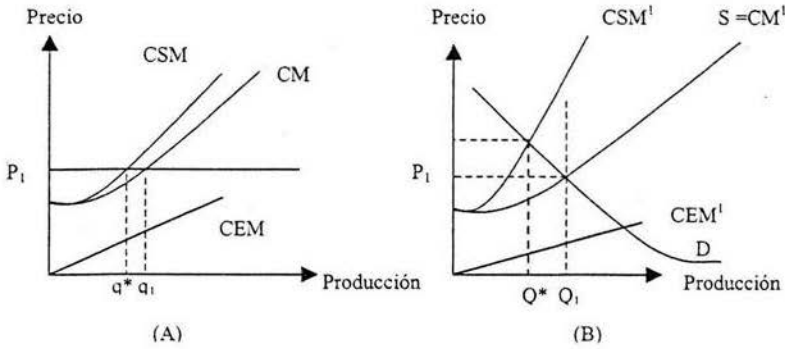
que la producción óptima se encuentra en Q_s no en Q_p , este último punto corresponde a la solución del máximo beneficio privado. El área que aparece sombreada representa la cantidad de externalidad indeseable, en Pearce (1985) se le denomina “relevante de Pareto”.

- La presencia de externalidades negativas implica que el nivel de producción que se ha determinado es demasiado grande.
- No debe eliminarse por completo la externalidad negativa, sino debe buscarse la cantidad de externalidad óptima.

¿Cómo puede resolverse la ineficiencia creada por la presencia de externalidades negativas, como el caso de la contaminación generada por los desechos industriales? La externalidad sólo puede reducirse animando a la empresa a internalizar la externalidad. Para ello es necesario que las empresas destinen una parte de su presupuesto en gasto ambiental, este rubro de gasto ambiental estará enfocado en la compra de tecnología nueva, la implementación de nuevos procesos, la mejora en la calidad de la producción, la innovación, la investigación y algunas otras medidas que permitan disminuir la emisión de contaminantes.

La internalización de la externalidad, la podemos expresar de manera gráfica de la siguiente forma: el nivel de producción eficiente es aquél en el que el precio del producto es igual al coste social marginal de producción (CSM), que es el coste marginal de producción (CM) más el coste externo marginal (CEM) de verter residuos (o cualquier acción que dañe el medio ambiente). Es decir el nivel en el que el beneficio marginal de una unidad adicional de producción es igual al coste social marginal (ver gráfica 1.2) (Pindyck, 1995).

Gráfica 1.2
El coste externo



En la parte (A) una empresa maximizadora de los beneficios produce q_1 , donde el precio es igual al CM. El nivel de producción eficiente es q^* , en el cual el precio es igual al CSM. En el escenario (B), el nivel de producción competitiva de la industria es Q_1 , que se encuentra en el punto de intersección de la oferta de la industria CM^1 y la demanda D . No obstante, el nivel de producción eficiente Q^* es menor y se encuentra en el punto de intersección de la demanda y el coste social marginal CSM^1 .

La internalización de la externalidad provoca un aumento en los costes de producción de la empresa y por consiguiente una reducción en el nivel de producción Pindyck (1995). Esto se traducirá en una reducción de sus beneficios.

Maneras de corregir la externalidad

Diversos autores han planteado que la solución al problema de las externalidades, consiste en internalizar las externalidades mediante la asignación de precios a los daños (o beneficios) que surgen de las interdependencias indirectas del sistema. La forma de lograrlo consiste en fijar ciertas normas que se traduzcan en un estado del medio ambiente que sea considerado como aceptable, en términos de calidad para los consumidores, ello puede lograrse a través de la aplicación de instrumentos de política ambiental (Bifani 1997). Existen diversos instrumentos de política ambiental.

Un primer instrumento busca resolver la externalidad, a través de los llamados impuestos pigouvianos. Estos consisten en gravar al generador de la contaminación de acuerdo con el costo externo que este impone a otros y así obtener el óptimo social.

El impuesto pigouviano¹ es un impuesto que es exactamente igual al coste externo marginal en el nivel de contaminación “óptimo” (Martínez, 1995). Este nivel “óptimo” de contaminación es aquél donde se iguala la ganancia marginal de la empresa y el costo externo marginal.

En la gráfica 1.3 observamos que la curva de demanda es perfectamente elástica, y la de costos marginales (CM) es diferente a la de los costos sociales marginales (CSM), por una cantidad igual a los costos externos marginales (CEM), es decir, los costos marginales de la contaminación.

Si el agente económico se mueve del óptimo privado al social, ahorra costos externos equivalentes al área abcd, pero deja costos externos que corresponden al área Oab, por lo tanto, es la cantidad óptima de externalidad en donde se debe aplicar el impuesto pigouviano, de acuerdo con el costo que se impone a la sociedad.

Tenemos entonces que:

$$IM = CM + CEM$$

Si fijamos un impuesto (T) equivalente al CEM, tenemos:

$$IM = CM + T$$

Ello implica:

- Maximizar el beneficio social
- Establecer un impuesto igual a los costos marginales de la contaminación en el nivel de producción óptimo.
- La empresa soportará los costos externos en forma de un impuesto, que es tratado como un costo privado (“el que contamina paga”).

Tenemos entonces que el costo externo se interioriza, por lo tanto:

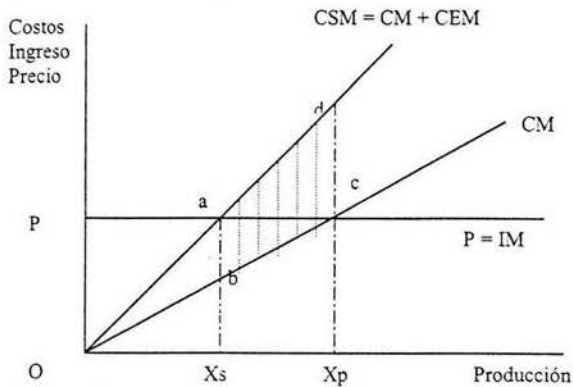
$$CSM = CM + CEM = CM + T$$

La maximización del beneficio corresponde al nivel de producción, donde $P = CSM$, que representa el óptimo de Pareto. Este es un claro ejemplo del impuesto Pigou, aplicado

¹ Del nombre de Pigou, gran economista de la Universidad de Cambridge que sugirió esta solución.

directamente a una externalidad, por ejemplo: a la emisión atmosférica de gases, a la contaminación del agua.

Gráfica 1.3



Sin embargo, este tipo de impuesto plantea un problema: necesitamos conocer el nivel óptimo de contaminación para poder establecerlo. No obstante, si conociéramos el nivel óptimo de contaminación, podríamos ordenar a la empresa que produjera exactamente esa cantidad y no sería necesario introducir el impuesto. Además, falta un mercado: el mercado del contaminante.

Teóricamente cuando los derechos de propiedad se encuentran bien definidos, el intercambio entre los agentes puede dar lugar a una asignación eficiente de la externalidad. La cuantía de las externalidades que se generan en la solución eficiente depende de quién tenga los derechos de propiedad. Sin embargo, existe un caso especial en el que el resultado de la externalidad es independiente de quién tenga los derechos de propiedad. El teorema de Coase establece que cuando las partes afectadas por externalidades pueden negociar entre ellas, se puede obtener un resultado eficiente, sin importar cómo la ley asigna la responsabilidad por los daños. La observación de Coase es que la gente puede obtener los resultados más eficientes cuando pueden negociar sin costo. En consecuencia la regla propuesta por este teorema es que las leyes o instituciones sociales más eficientes son aquellas que permiten imponer la carga del ajuste de las externalidades a aquellos que lo pueden realizar con el menor costo (Frank, 2003).

La negociación coasiana plantea la medición del valor monetario de una externalidad en términos del costo de restauración o depuración o descontaminación, para ello es necesario averiguar el costo de restauración del perjuicio causado o el costo del reemplazo del recurso natural agotado. No obstante, la valoración monetaria de externalidades según el costo de restauración es aplicable solamente en el caso de externalidades reversibles. El razonamiento de Coase funciona bien cuando se trata de externalidades mutuas entre empresas, o de una empresa hacia otra, y si esas empresas son capaces de atribuirles a las externalidades un valor monetario actual.

Un supuesto necesario para la negociación coasiana es que los perjudicados sean identificados, y puedan acudir a la negociación. Es importante mencionar que la contaminación daña a personas que están muy distantes o que no han nacido aún, a plantas y animales que no son capaces de acudir a negociaciones coasianas.

El siguiente cuadro presenta los principales instrumentos de la política ambiental. La finalidad de la aplicación de los instrumentos económicos antes señalados es la de generar un cambio en la conducta de los agentes económicos, que se traduzca en una mejor disposición hacia el cuidado del medio ambiente, que garantice un descenso de los niveles de contaminación, y la preservación de los recursos naturales.

INSTRUMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL		
1. Campañas de concientización y convencimiento	- No constituyen una forma de integrar los costos ambientales en las decisiones de los agentes económicos.	
2. Inversión gubernamental		
3. Instrumentos de control directo	<ul style="list-style-type: none"> - Consiste en la aplicación de normas y reglamentos. - Su finalidad es imponer un límite permisible a las emisiones de contaminantes, o especificar los procesos y equipos que deben utilizarse. 	
4. Incentivos económicos	<ul style="list-style-type: none"> - Se presentan cuando se incluye un cambio en los precios relativos que perciben los agentes económicos, de tal manera que se afectan tanto los costos como los beneficios de los mismos. - Su finalidad es un cambio en los patrones de conducta de los agentes económicos, a favor de una mayor protección del medio ambiente. 	
	4.1 Cobros por contaminar <ul style="list-style-type: none"> - Constituye la forma más directa al determinar un precio por el uso del medio ambiente. 	4.1.1 Cobros por emisiones <ul style="list-style-type: none"> - Es un gravamen que se establece sobre la descarga de contaminantes en el aire, el agua y el suelo. - El monto del gravamen está en función de la cantidad y el tipo de contaminante. 4.1.2 Cobros a usuarios <ul style="list-style-type: none"> - Son los pagos que deben realizar los usuarios de un sistema público de tratamiento de residuos contaminantes, con el objetivo de cubrir los costos del mismo. 4.1.3 Cobros a productos <ul style="list-style-type: none"> - Consiste en imponer gravámenes a aquellos productos que dañan el medio ambiente.
	4.2 Permisos comerciales <ul style="list-style-type: none"> - Consisten en fijar un tope máximo a la emisión de contaminantes que está permitida. - Pueden ser comerciales bajo ciertas reglas. 	

	<p>4.3 Esquemas de depósitos y reembolso</p> <ul style="list-style-type: none"> - Este instrumento consiste en el pago de un depósito por la producción y comercialización de productos que constituyen una amenaza para el medio ambiente. 	
	<p>4.4 Subsidios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Constituyen una violación al principio de "el que contamina paga". - Su aplicación permite recompensar a los agente económicos que generan externalidades positivas o realizan acciones de reacondicionamiento y limpieza en lugares contaminados. - Disminuyen los costos de protección del medio ambiente. - Proveen incentivos para que los agentes económicos continúen reduciendo los niveles de contaminación. - Brindan mayor flexibilidad a las acciones de protección ambiental. 	

Elaboración propia en base a Belausteguigoitia, 1999.

CAPÍTULO II

DEBATE ACERCA DEL IMPACTO DEL GASTO AMBIENTAL

Existen diversas interpretaciones en torno al impacto que advierte la empresa, en términos de su productividad al erogar una parte de su presupuesto al rubro de gasto ambiental.

La teoría neoclásica señala que cuando las empresas deciden internalizar la externalidad, esta acción provocará un aumento en los costos de producción de la empresa y por lo tanto, será necesario disminuir el nivel de producción, se presentará una baja en la productividad y una disminución de la rentabilidad. Una opinión muy extendida en la década de los setenta y ochenta es que la regulación ambiental disminuyó la productividad de las empresas norteamericanas. La regulación de la contaminación podría afectar la productividad a través de varias formas.

Según Gray y Shadbegian (1993) la primera ocurre porque la medición de los costos en la empresa, con fines de estimar la productividad no distingue entre insumos usados para la producción e insumos usados para el cumplimiento de la regulación. Si una planta está requiriendo gastar \$1 millón para comprar un filtro para su chimenea, este gasto es tratado como un aumento en el stock de capital de la planta, justamente como si este hubiera sido gastado en nueva maquinaria de producción. Sin embargo, el filtro no contribuye con producción, en tanto que la maquinaria si lo haría. Dado que la instalación del filtro aumenta los insumos de la planta sin aumentar su producción, la productividad total de los factores podría disminuir por la fracción del total de gastos erogados para el cumplimiento de la regulación. Podríamos esperar observar un efecto similar en la medida de productividad laboral, pero más pequeño, ya que el trabajo es una parte relativamente más pequeña de los costos de cumplimiento.

Segundo, la regulación podría siempre aumentar la incertidumbre de las firmas, afectando sus decisiones en varios caminos. El desarrollo de un nuevo proceso de producción podría siempre estar obstaculizado por la incertidumbre sobre las regulaciones futuras, así como las regulaciones actuales están generalmente diseñadas con procesos de producción existentes en mente (Gray y Shadbegian, 1993).

En tercer lugar, cuando las empresas emprenden cambios en su proceso o administración, las nuevas prácticas pueden ser menos eficientes que las antiguas.

Finalmente, las inversiones ambientales podrían desplazar otras inversiones de las empresas. Es decir, cuando las empresas deben realizar gastos para solucionar sus problemas ambientales, muy posiblemente reducirán gastos que estarían encaminados a realizar investigación y desarrollo u otras inversiones que incidan sobre su productividad (Jaffe, 2000) Adicionalmente se menciona que los requerimientos para que las empresas usen la mejor tecnología de control pueden incrementar el uso de nuevas tecnologías en el tiempo que las regulaciones tienen lugar, pero subsecuentemente pueden quitar los incentivos a las empresas para desarrollar nuevos controles para la contaminación o enfoques preventivos.

Esta visión ha sido debatida desde tiempo atrás por la visión de la ecoeficiencia en el mundo de los negocios. Posteriormente, Porter (1995 y 1997) cuestiona la ausencia de aprendizaje y la visión estática de la teoría. Sin estos supuestos, es posible que las consecuencias del gasto ambiental sobre la productividad no sean negativas.

La política ambiental y la ecoeficiencia en el medio ambiente

Hablar de medio ambiente, hace 10 años, era evocar un universo de contaminación del aire, del agua y del suelo. Actualmente la concepción de medio ambiente se ha ampliado para englobar a prácticamente todas las actividades del hombre así como los valores humanos y los cuadros institucionales. El desarrollo debe sustentarse en una utilización racional de nuestro medio ambiente, del ecosistema en el cual vivimos, y en el respeto de sus límites "internos" y "externos". El concepto de ecoeficiencia trata de dar solución a esta forma de desarrollo.

El desarrollo del concepto de ecoeficiencia surge en el año de 1992, se atribuye al Consejo Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD), desde sus orígenes fue ampliamente utilizado por el sector corporativo internacional. La ecoeficiencia busca alcanzar un progreso económico y ambiental, ambos elementos son necesarios para garantizar el desarrollo económico que permita un uso eficiente de los recursos, con menores emisiones de contaminantes.

El WBCSD define a la ecoeficiencia de la siguiente forma "La Ecoeficiencia se alcanza al proveer bienes y servicios con precios competitivos que satisfacen necesidades humanas y traen calidad de vida, al tiempo de reducir progresivamente impactos ambientales

y la intensidad de recursos, a lo largo del ciclo de vida de los bienes y servicios a un nivel por lo menos en línea con la capacidad estimada de la Tierra de absorberlos”².

La búsqueda de la compatibilidad entre los procesos industriales encaminados a la producción de bienes y servicios y la preservación del medio ambiente ha encontrado un importante sustento en el concepto de ecoeficiencia.

El concepto de ecoeficiencia fue creado al establecer acciones que estaban relacionadas con la preservación del medio ambiente, produciendo al mismo tiempo un aumento en la rentabilidad de las inversiones. La ecoeficiencia permite determinar el grado de eficiencia con el que se ha hecho uso de los diversos recursos naturales y los servicios ambientales con el fin de garantizar el proceso productivo de bienes y servicios (Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable, 2000).

Un proceso ecoeficiente es aquel capaz de realizar la producción de bienes y servicios a precios competitivos, que satisfacen necesidades humanas ofreciendo una mejor calidad de vida, y al mismo tiempo que sea capaz de disminuir los impactos ambientales y la intensidad con la que se usan los recursos naturales a lo largo de su ciclo de vida (Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable, 2000).

La ecoeficiencia es un concepto clave para las empresas, gobiernos, consumidores, y otras organizaciones, pues permite lograr un desarrollo sustentable. El concepto incentiva a las empresas a obtener más valor a partir de menos insumos y con menores niveles de emisiones contaminantes. Para lograr esto último las empresas deben ser innovadoras.

Schmidheiny (1992) habla de la existencia de siete criterios básicos que permiten avanzar hacia la ecoeficiencia:

- Minimizar la intensidad de uso de materiales.
- Minimizar la intensidad de uso de energía.
- Minimizar la emisión de contaminantes.
- Fomentar el reciclado.
- Maximizar el uso de los recursos renovables.
- Aumentar la durabilidad de los productos.
- Elevar la intensidad de servicio de los productos.

² World Business Council for Sustainable Development, Measuring Eco – efficiency. A guide to reporting company performance, Suiza, 2000

El concepto de ecoeficiencia brinda gran importancia a la reducción de la contaminación, al uso adecuado de los recursos naturales. Además abarca aspectos de productividad y provee las herramientas para lograr un aumento de la competitividad.

La ecoeficiencia enfatiza en la creación de valor adicional para las empresas y la sociedad, elevando los niveles de competitividad. Al incrementarse el valor de los bienes y servicios, las empresas tienen la posibilidad de maximizar el rendimiento de sus recursos, entonces es posible obtener beneficios adicionales. De esta forma las empresas encuentran incentivos para volverse cada vez más competitivas, innovadoras y ambientalmente responsables (Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable, 2000).

A través de la ecoeficiencia las empresas serán capaces de combinar su funcionamiento ambiental y económico con el fin de obtener mayores beneficios con menores efectos ambientales.

CÉSPEDES (2000) menciona que los efectos de la ecoeficiencia abarcan diversos niveles del proceso productivo, tales como:

- Procesos ecoeficientes: Una disminución de los impactos provocados al medio ambiente, al igual que el ahorro de los insumos de la producción, permite que la industria disminuya sus costos de producción.
- Valorización de los subproductos: Las empresas generan subproductos o desperdicios que en diversas ocasiones pueden fungir como insumos para otras empresas. Este tipo de acciones permite minimizar los residuos y disminuir los costos de producción.
- Creación de nuevos y mejores productos: La diferenciación de los productos a través de la eco innovación y el diseño ecológico puede representar para las empresas nuevas oportunidades de mercado.
- Economías ecoeficientes: La ecoeficiencia permite incrementar el bienestar proveniente del uso de la naturaleza, a través de diferentes medias como pueden ser: generar mayor valor económico con menor impacto ambiental.

La ecoeficiencia hace uso de indicadores específicos, ampliamente asociados con la industria siderúrgica, que permiten analizar las actividades de las empresas como son: indicadores de emisiones de gases individuales o grupos de gases y metales emitidos al aire o al agua, indicadores de fracciones de desperdicio o subproducto, indicadores del uso del producto.

La interpretación económica de la ecoeficiencia es definida con gran vehemencia por Porter y Van der Linde.

Ser verde y competitivo: Porter

Según Porter (1995), las empresas han basado sus elecciones en la minimización de sus costos, la regulación del medio ambiente inevitablemente aumenta los costos, por consiguiente las empresas no siempre han seguido políticas pro ambientales. Las políticas de mercado, los líderes de negocios y los ambientalistas se han concentrado en el impacto de los costos estáticos de la regulación ambiental y han ignorado lo más importante, la compensación de los beneficios, el aumento de la productividad que la innovación trae consigo. Como resultado ellos han actuado con demasiada frecuencia en caminos que innecesariamente aumentan los costos y manifiestan un lento progreso en los temas medioambientales.

En los últimos 20 - 30 años ha surgido un nuevo paradigma en la competencia. Esta competencia está basada en la creación de ventajas dinámicas y no en el modelo estático de la teoría económica que supone que la competitividad depende de la disponibilidad dada de factores.

Porter señala que los estudios realizados en diversas industrias, revelan que las empresas internacionalmente competitivas son aquellas que han implementado regulaciones medioambientales.

En "Verde y competitivo, terminar el estancamiento" hace referencia a la industria holandesa de flores, esta es responsable aproximadamente del 65 por ciento de las exportaciones de flores en el mundo. Los holandeses han tenido que ganar terreno al mar y luchar con el clima que es notoriamente problemático. ¿Cómo pueden los holandeses ser los mejores del mundo en el negocio de las flores cuando ellos carecen de una ventaja comparativa? La respuesta entre otras razones, es que ellos han innovado, creando tecnología y aumentando la especialización de sus insumos que realzan la productividad de sus recursos y compensan la desventaja natural del país. Además la industria ha respondido a los problemas medioambientales. El cultivo intenso de las flores en pequeñas áreas contaminó la tierra y parte del agua con pesticidas, herbicidas y fertilizantes. Frente a una regulación estricta en la descarga de químicos, los holandeses comprendieron que el único camino efectivo para resolver el problema sería desarrollar un sistema cerrado - de presilla. El

resultado no sólo fue una disminución drástica del impacto ambiental, sino además una disminución de los costos, una mejor calidad de los productos y un aumento de la competitividad global. Atender el medio ambiente no resultó en menores ganancias.

Una de las críticas es que mientras las compensaciones de la innovación son teóricamente posibles, en la práctica aparecen muy raramente o son poco posibles. Sin embargo, los autores no están de acuerdo con esto, ellos mencionan que la contaminación es la emisión o la descarga de una sustancia (dañina) en el medio ambiente. Fundamentalmente, esto es una manifestación de la generación de basura (gasto) económica e implica la utilización innecesaria, ineficaz o incompleta de los recursos, o los recursos no han sido utilizados para generar su valor más alto. En muchos casos, las emisiones son un signo de ineficiencia y obligan a las industrias a realizar actividades que no crean valor como el almacenaje y la disposición. Existen muchos otros gastos más tarde en el ciclo de vida del producto que aparecen ocultos, a raíz de la ineficiencia de los recursos. Los clientes llevan gastos adicionales cuando ellos usan productos que contaminan o productos que gasta energía. Los recursos también son gastados cuando los clientes desechan productos que incorporan materiales no reciclados o cuando éstos van directo a los gastos de venta del producto.

Por lo tanto, se sugiere la oportunidad de reducir costos a través de la disminución de la contaminación. Materiales sumamente tóxicos como metales pesados o solventes son a menudo caros y difíciles para manejarse, y reducir su empleo tiene sentido desde diferentes puntos de vista. Más ampliamente, los esfuerzos de reducir la contaminación y maximizar ganancias comparten los mismos principios básicos, incluyendo el empleo eficiente de insumos, la sustitución de materiales menos caros y la minimización de actividades innecesarias.

Pero aunque la prevención de la contaminación es un importante paso para la dirección correcta, en última instancia las empresas y reguladores deben aprender a enmarcar la mejora medioambiental en términos (condiciones) de la productividad de los recursos. El mejoramiento de la productividad de los recursos dentro de las empresas va más allá de la eliminación de la contaminación (y el costo de ocuparse de ello), permite además una disminución del verdadero costo económico y el cultivo del verdadero valor económico de productos. Es decir la productividad de los recursos, la mejora ambiental y la competitividad vienen juntos.

Una segunda crítica a la hipótesis planteada por Porter y Van der Linde (1995) es la que señala que los estudios han encontrado altos costos de cumplimiento con la regulación ambiental, es evidente que hay una compensación fija en la regulación y la competitividad. Para los autores estos estudios están muy lejanos de lo definitivo.

Las estimaciones de gastos de cumplimiento de las regulaciones antes de la promulgación de una regla nueva, típicamente exceden los gastos reales. En parte, esto es porque tales estimaciones a menudo son auto - hechas en un informe por la industrias quienes se oponen a la regla y crean una tendencia a la inflación. En un estudio en el sector de pulpa y de papel, los gastos reales de cumplimiento fueron de \$4.00 a \$5.50 por tonelada comparado a las estimaciones de industrias originales de \$16.40 (Boston, Mc Cubbin and Sprague, 1988).

Las estimaciones de costo de cumplimiento también tienden a ser exageradas porque estas no asumen ninguna innovación.

Son escasos los estudios que miden los efectos de la regulación medioambiental sobre la competitividad de la industria, tomando la competitividad inicial en consideración.

Una tercera crítica a la tesis planteada por Porter y Van der Linde es que aunque la regulación da pie a la innovación, esto dañaría la competitividad al adueñarse de otras inversiones potencialmente más productivas. Es seguro que la línea de innovación no ha sido suficientemente explorada ya que los beneficios marginales de la inversión han sido bajos. Además, las inversiones ambientales representan sólo un pequeño porcentaje de la inversión total en muy pocas industrias.

Un contra argumento final, es que los autores afirman que cualquier regulación ambiental estricta, inevitablemente conducirá a la innovación y a la competitividad. Ellos mencionan que esta no es su posición. Los autores consideran que si las regulaciones son trabajadas correctamente y las empresas son armonizadas según las posibilidades, entonces la innovación puede reducirse al mínimo y hasta compensar el costo de cumplimiento probablemente en muchas circunstancias.

Lo que distingue a Porter y van der Linde de la economía ambientalista no es sólo la "visión estática" de estos últimos. Existen dos elementos más. El primero es que ellos observan que el sector privado constantemente pasa por alto aquellas ocasiones que resultarían provechosas para la innovación. Segundo, y no menos importante, ellos prevén una autoridad reguladora que está en una posición para corregir los "fallos de mercado". Con medidas

correctamente diseñadas, las regulaciones pueden traer consigo acciones que sean innovadoras y a través de las cuales las firmas puedan realizar sus actividades sin dejar pasar por alto sus oportunidades. Su visión sugiere un papel nuevo para la actividad reguladora en la eficacia dinámica: al aclarar las regulaciones, se proporcionan los incentivos necesarios para innovar, ahorrar costos y mejorar la calidad, que la competencia al parecer no logra proveer. La regulación puede, como Porter y van der Linde han mencionado, ayudar a la empresa "para superar la inercia organizacional y fomentar el pensamiento creativo", con lo cual aumentarían las ganancias (Palmer et-al, 1995).

La contaminación frecuentemente es una forma de pérdida económica. Cuando los fragmentos, sustancias tóxicas o las formas de energía son descargadas hacia el interior del ambiente en forma de contaminación estamos presenciado una señal de que los recursos han sido usados incompletamente, ineficientemente e ineffectivamente.

La necesidad de regular para proteger el medio ambiente es aceptada de forma generalizada, pero es aceptada de mala gana. Generalizada porque cada persona quiere un planeta con un nivel de vida aceptable, decimos que de mala gana porque aún existe la creencia de que la regulación ambiental erosiona la competitividad. La visión que prevalece es que existe trueque (*trade off*) inherente y fijo: ecología vs economía. Por un lado tenemos, que los beneficios sociales aumentan según los estándares estrictos medio ambientales. Por otro lado están los costos privados de prevenir y limpiar que en primer lugar elevan los precios y disminuyen la competitividad. Con el argumento estructurado anteriormente, progresar en términos de la calidad del medio ambiente, se ha convertido en un tipo de arma que se debe usar para competir. Una parte empuja hacia la implementación de fuertes estándares, otra trata de volverlos hacia atrás. El balance del poder desvía de un camino a otro, dependiendo de las políticas que prevalezcan (Porter, 1995).

Porter (1995) señala que los estudios de casos detallados de diversas industrias, revelan que las empresas internacionalmente competitivas no son aquellas de escala más grande o costos de producción más bajos, sino las que tiene capacidad para mejorar e innovar continuamente. Este nuevo paradigma sobre la competitividad dinámica proporciona las bases para plantear el diseño correcto de normas ambientales que puedan inducir la innovación. En el mediano o largo plazo se podrán compensar los costos del cumplimiento de las normas. Tales compensaciones de innovación, pueden no sólo disminuir el costo neto de encontrar

regulaciones ambientales, sino pueden conducir a ventajas absolutas sobre empresas en países extranjeros no sujetos a regulaciones similares.

La regulación como incentivo para la innovación

A pesar del énfasis que se le ha dado al cuidado del medio ambiente, existe hoy en día un gran número de empresas inexpertas en cuestiones ambientales. El medio ambiente no ha sido la principal área a tratar, no se ha dado el suficiente énfasis al desarrollo de tecnología pro ambiental, el conocimiento sobre los impactos del medio ambiente es rudimentario en muchas empresas e industrias, elevando la incertidumbre sobre los beneficios de la innovación. Los consumidores aún son inconscientes de los gastos de ineficiencia de recursos en los productos que adquieren y posteriormente desechan. Bajo este escenario es importante la presencia de la regulación, la cual puede ser una influencia importante en la dirección de la innovación.

Una adecuada regulación medioambiental puede resultar en procesos y tecnologías innovadoras que en el mediano y largo plazo se traducirán en una disminución de los costos totales. Como las innovaciones permiten a las compañías usar un rango de insumos más productivos, esto permitiría una compensación de los costos ocasionados por la implementación de políticas encaminadas a disminuir los impactos ambientales, se terminaría con el estancamiento de la empresa (Porter, 1995). Efectivamente esto incrementa la productividad de los recursos, haciendo a las compañías más competitivas y no menos (como lo sugiere la teoría neoclásica).

Porter (1995) señala que la regulación medioambiental correctamente trabajada puede servir al menos para seis propósitos.

- Al brindar a las compañías señales de regulación adecuadas y mejoras tecnológicas, las empresas que son inexpertas en la medición de descargas, utilización adecuada de recursos y la toxicidad, pueden lograr accesos nuevos para minimizar sus descargas o eliminar sustancias peligrosas.
- Centrarse en la regulación de la información recolectada puede brindar mayores beneficios al aumentar el conocimiento sobre los problemas que enfrenta la corporación.
- La regulación disminuye la incertidumbre que los inversionistas puedan tener sobre el valor del medio ambiente. Una mayor certeza estimula la inversión en cualquier área.

- La regulación crea presiones que motivan la innovación y el progreso. Una investigación completa sobre competitividad pone de manifiesto la importancia de las presiones externas en el proceso innovador, superando así la inercia organizacional.
- Las regulaciones proveen un tope hasta que nuevas tecnologías son generadas y los efectos del aprendizaje reducen sus costos.
- Se admite que la innovación no siempre compensa totalmente el costo de conformidad, especialmente en el corto plazo antes de aprender a reducir los costos en soluciones basadas en la innovación.

En la opción alterna planteada por Porter la regulación medio ambiental puede reducir los costos de los productos después de un proceso de aprendizaje de cómo eliminar materiales costosos, reduciendo el embalaje innecesario o simplificando diseños. El diseño de normas ambientales puede conducir a la innovación que reduce costos de disposición para el usuario. La solución de problemas ambientales puede ceder ventajas en términos de reducción de tiempo. La regulación puede provocar compensaciones de innovación por la sustitución de materiales menos costosos o la mejor utilización de materiales en el proceso.

El autor menciona que cuando una ventaja competitiva es lograda, las ganancias económicas pueden durar. Aunque la prevención de la contaminación es un importante paso para la dirección correcta, en última instancia las empresas y reguladores deben aprender a enmarcar la mejora medioambiental en términos de la productividad de sus recursos. El mejoramiento de la productividad dentro de las empresas va más allá de la eliminación de la contaminación.

Para el caso de las empresas en México, la evidencia señala que las grandes empresas tienen mejor desempeño ambiental que las pequeñas. Esto es compatible con las características de la organización industrial mexicana (Brown y Domínguez, 2002). La industria siderúrgica altamente concentrada y heterogénea realiza gastos en medio ambiente. Así esperaríamos que la distribución del gasto ambiental refleje las mismas características.

Respecto al análisis del impacto del gasto ambiental en el desempeño de la industria, esperaríamos que la hipótesis de Porter fuera válida, dada la importancia de los incentivos de mercado para lograr mayor eficiencia.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL SECTOR SIDERÚRGICO MEXICANO

Y SU IMPACTO AMBIENTAL

En este capítulo se estudia al sector siderúrgico mexicano en su entorno económico y los daños ambientales asociados con el desarrollo industrial de este sector.

Este capítulo está dividido en 6 secciones. En la primera se presentan los antecedentes de la industria siderúrgica mexicana. En la segunda se analizan las características de la industria, tales como: la producción, el empleo, las exportaciones e importaciones, el comercio exterior, la organización industrial, la productividad. En la tercera sección se describe el proceso productivo que se lleva a cabo en la industria. La cuarta sección está dedicada al estudio de los desarrollos tecnológicos. En la quinta se analizan los problemas ambientales. La sección final presenta una conclusión.

Antecedentes de la industria siderúrgica mexicana

La actividad siderúrgica en México data de principios del siglo XX. No obstante, el crecimiento más apreciable de la siderurgia mexicana ocurrió en el período de posguerra. A partir de los años cuarenta con la idea de fortalecer al sector industrial nacional, el gobierno mexicano impulsó la expansión de la industria siderúrgica (Guzmán, 2002).

La industrialización del país avanzó aceleradamente de 1940 a 1950, y la demanda de productos siderúrgicos creció en consecuencia. En la década de 1960 y 1970 el crecimiento del sector siderúrgico fue dinámico. Entre 1970 y 1975 se registraron enormes inversiones tanto del sector público como del privado, con el propósito de incrementar la capacidad instalada y modernizar los equipos de la industria siderúrgica, no obstante, el ritmo de crecimiento de la producción durante este lustro fue menor al de años anteriores.

Durante el auge petrolero en México, de 1976 a 1981, la demanda de productos siderúrgicos, básicamente de tubos, creció sustancialmente (14.9 por ciento anual). Durante este período, a través de las inversiones que se realizaron fue posible la construcción de enormes complejos industriales, tales como Pajaritos, La Cangrejera (Guzmán, 2002).

La crisis financiera de 1982 frenó la dinámica de crecimiento que venía registrando el sector siderúrgico. Guzmán (2002) menciona que la demanda doméstica de acero se contrajo en 45.0 por ciento, las importaciones en 86.0 por ciento y la producción doméstica en 13 por ciento. La recesión que se presentó en el sector manufacturero, esencialmente en la industria consumidora de acero durante los ochenta, agudizó la caída de la demanda interna de acero.

A raíz de la crisis financiera de 1982 las empresas siderúrgicas resultaron severamente afectadas. Su deuda externa aumentó durante los siguientes años, el ritmo de las inversiones fue menor en comparación con los años precedentes, de tal forma que el problema de la obsolescencia se agudizó. Cabe mencionar que a raíz de las políticas proteccionistas que habían favorecido en el corto plazo la expansión de la industria siderúrgica, se limitó la mejoría de la eficacia industrial, por lo tanto, se registró un bajo crecimiento de la productividad, una limitada especialización, baja competitividad, a menudo ineficiente inversión física. En consecuencia, un efecto negativo para las industrias consumidoras de acero, las cuales se vieron en la necesidad de usar productos siderúrgicos domésticos de baja calidad y caros (Banco Mundial, 1988).

En 1984 se inició el proyecto de reconversión industrial en el sector siderúrgico estatal (Sidermex), la primera etapa buscó redimensionar al sector paraestatal, por lo que fue necesario vender, liquidar, fusionar, desincorporar a aquellas empresas ligadas a Sidermex, cuyas actividades no eran propias del ramo siderúrgico. De un total de 91 empresas asociadas, sólo quedaron 27. La segunda etapa consistió en la reestructuración del sector siderúrgico, se buscó: la modernización técnico productiva, la modernización comercial, la modernización de la administración de la gestión directiva y de la capacitación, el saneamiento financiero y la propagación de las inversiones y el crecimiento. La reestructuración se centró en tres medidas: el ajuste del tamaño de las plantas a escalas competitivas, la incorporación de los avances tecnológicos, una disminución de la planta laboral (en función del tamaño de la planta). Para cumplir con lo anterior fue necesario reducir la dimensión de Sidermex, se clausuraron algunos hornos, se eliminaron varios departamentos (Guzmán, 2002)..

A partir de 1988 el sector siderúrgico mexicano pudo incrementar su capacidad productiva, optimizar su capacidad instalada, extender la automatización y los sistemas y equipos para el control de la calidad, además fue posible consolidar los proyectos planteados en años precedentes, gracias al financiamiento del Banco Mundial y otros bancos

internacionales. La modernización también se extendió a las relaciones laborales, la capacitación laboral fue considerada como un elemento crucial para asimilar las nuevas tecnologías.

En 1990 se anunció la venta de las dos empresas siderúrgicas integradas estatales: AHMSA y Sicartsa. Además de otras 20 empresas agrupadas en Sidermex. A finales de 1991 el gobierno mexicano privatizó la industria siderúrgica paraestatal, que en los últimos tres años de operación bajo la administración del Estado participó con el 54 por ciento de la producción nacional de acero. Las nuevas condiciones del mercado hicieron necesario renovar la infraestructura de producción de acero, a raíz de ello se inició un proceso de ampliación y modernización, con la finalidad de poder competir en el mercado internacional (Espinosa, 2002).

Como resultado del proceso de privatización se acrecentó la concentración financiera y se fortalecieron los grandes grupos económicos de México. Por ejemplo, el Grupo Acerero del Norte (GAN) adquirió Altos Hornos de México. GAN realizó la operación en sociedad con las empresas Hoogovens, de Holanda y Misión Energy, Co., de Estados Unidos. La privatización de Sicartsa se dividió en dos fases. La primera denominada Sicartsa fue adquirida por el Grupo Nacional Villacero, Servicios Siderúrgicos Integrados y Servicio Minero Metalúrgico de Occidente. La Fase II, denominada Imexsa, fue comprada por el grupo siderúrgico Caribbean (Cruz, 2001).

La privatización del sector siderúrgico permitió la modernización tecnológica de las empresas, encaminando a la industria siderúrgica hacia la competitividad nacional e internacional. Una buena parte de los flujos de inversión se destinaron a la modernización de los procesos productivos, y al mejoramiento en la calidad de los productos.

Características de la Industria

En los últimos 12 años, se han presentado una serie de acontecimientos dentro del sector siderúrgico mexicano. Con ello nos referimos al proceso de privatización de la industria estatal y la apertura comercial, consolidada en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC). A partir de estos acontecimientos, se originan los principales desafíos de la industria siderúrgica, acentuados por la severa crisis económica-financiera ocurrida en 1995.

Bajo este contexto la evolución económica que registra el sector siderúrgico mexicano se resume de la siguiente forma:

La participación de la industria siderúrgica, dentro del total del valor agregado generado por la economía oscila entre el 0.56 y 0.79 por ciento para el período analizado (1990-2001), durante el año de 1992 la industria siderúrgica participó sólo con el 0.56 por ciento del total del valor agregado de la economía. La industria siderúrgica arroja una participación del 2.05-2.88 por ciento dentro del sector industrial, en el año 1992 colaboró con sólo el 2.05 por ciento.

La industria siderúrgica contribuye en promedio con el 3.39 por ciento del valor agregado generado por la industria manufacturera. Durante el año de 1997 el sector siderúrgico tuvo una mayor participación (3.91 por ciento), a partir de esta fecha se ha registrado una continua disminución, en el año 2001, participó con el 3.25 por ciento (ver cuadro 3.1).

Cuadro 3.1
México: Participación del sector siderúrgico ^{a/}, 1990-2001

"PERIODO	% del Sector Siderúrgico en el Total	% del Sector Siderúrgico en el Sector Industrial	% del Sector Siderúrgico en la industria manufacturera
1990	0.62	2.28	3.18
1991	0.57	2.10	2.93
1992	0.56	2.05	2.86
1993	0.58	2.15	3.04
1994	0.60	2.24	3.18
1995	0.71	2.70	3.71
1996	0.78	2.82	3.85
1997	0.82	2.88	3.91
1998	0.79	2.76	3.71
1999	0.77	2.67	3.60
2000	0.75	2.60	3.47
2001p/	0.68	2.43	3.25

Fuente: INEGI, Estadísticas sectoriales, *La Industria Siderúrgica en México*, 2001, 2002.

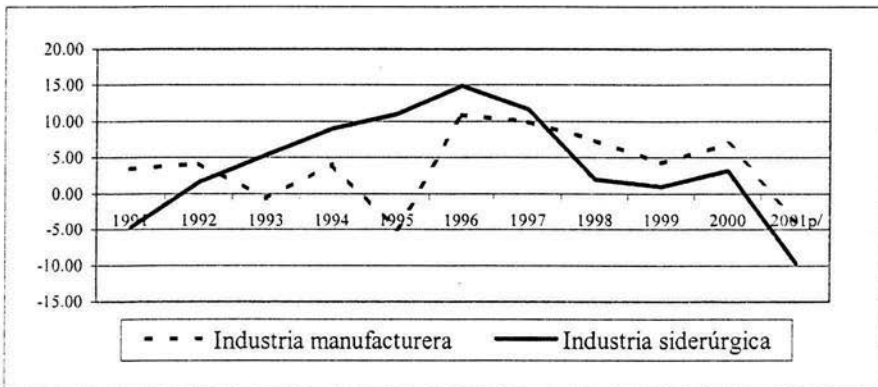
^a Se refiere a la rama 46 (Industrias básicas de hierro y acero)

A partir de 1992, una vez terminado el proceso de privatización del sector siderúrgico, el valor agregado generado por la industria siderúrgica comenzó a registrar tasas de crecimiento anuales superiores a las registradas por la industria manufacturera.

Durante la crisis económica-financiera ocurrida en 1995 la industria registro tasas de crecimiento positivas, la industria siderúrgica logró un nivel de producción récord en su historia. Esto se debe a que la devaluación permitió que los productos siderúrgicos se volvieran más competitivos en el mercado interno y externo; pudiendo entonces recuperar el espacio perdido en el mercado nacional e iniciar la exportación que hasta entonces, había sido muy limitada (Hernández et-al, 2002). En el período de 1995-96 la industria siderúrgica mexicana registró un crecimiento de 14.91 por ciento.

La tendencia antes descrita prevaleció hasta 1997. A partir de este año se han registrado tasas de crecimiento inferiores a las de la industria manufacturera, durante el año 2001 se registró una disminución del valor agregado generado tanto por la industria manufacturera como por la siderúrgica. Esta última pasó de una tasa de 3.15 por ciento en el 2000 a -9.70 por ciento en 2001. Cabe señalar que la caída fue muy grande, al compararla con la industria manufacturera que registro una tasa de crecimiento de -3.71 por ciento durante 2001 (ver gráfica 3.1).

Gráfica 3.1
México: Tasas de crecimiento de la industria manufacturera y del sector siderúrgico (%), 1990-2001.

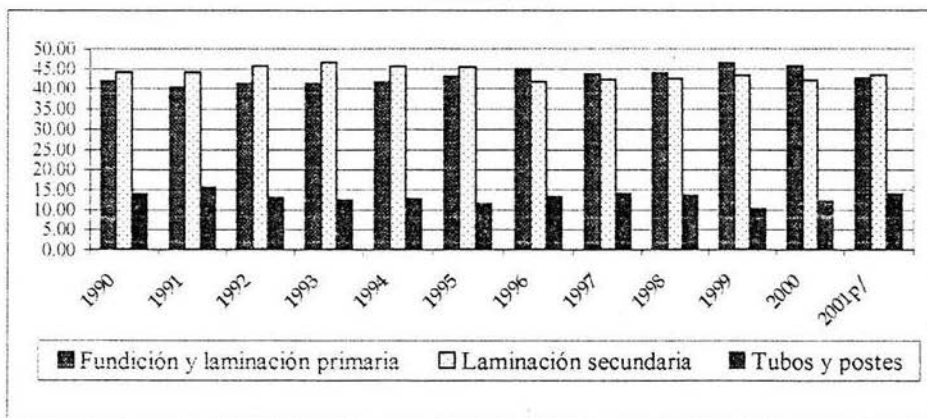


Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, Estadísticas sectoriales, *La Industria Siderúrgica en México*, 2001, 2002.

El valor agregado bruto generado por la industria siderúrgica, se compone de: fundición y laminación primaria, laminación secundaria, tubos y postes. Al analizar los dos

primeros rubros, encontramos que su participación es más o menos similar dentro de la industria siderúrgica, durante el año de 1995 la fundición y laminación primaria contribuyó con el 43.09 por ciento en tanto que laminación secundaria lo hizo con el 45.45 por ciento. Con una menor participación, encontramos el rubro de tubos y postes, el cual contribuyó con el 11.47 por ciento. A partir de 1996 y hasta 2000 el rubro de fundición y laminación primaria registraron las participaciones más altas en lo que se refiere a valor agregado bruto de la industria siderúrgica (ver gráfica 3.2).

Gráfica 3.2
México: Participación de los componentes de la Industria siderúrgica (%),
1990-2001.

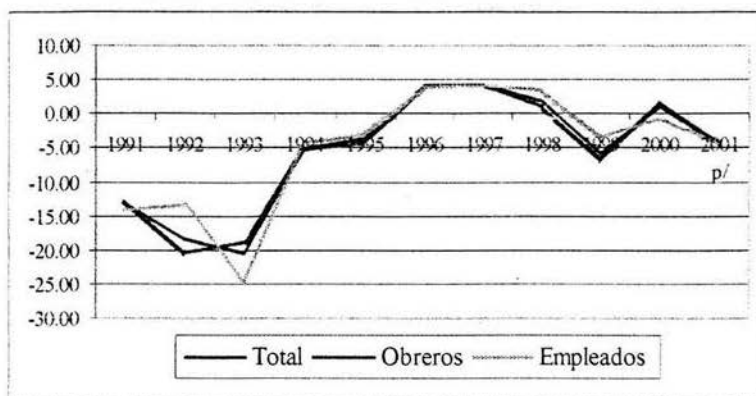


Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, Estadísticas sectoriales, *La Industria Siderúrgica en México*, 1996, 2002.

El dinamismo de la industria siderúrgica mexicana que se presentó a partir de 1992, no favoreció la generación de empleos en esta industria. Contrario a la tendencia observada en la producción, el empleo en este sector disminuyó durante la década de los noventa, alcanzando los máximos niveles de desempleo entre 1991 y 1993. En el período de 1991 a 1992 se registró una tasa de crecimiento del empleo de -18.51 por ciento. Durante 1992-1993, la tasa de crecimiento correspondiente al nivel de empleo fue de -20.64 por ciento. Esto significa que se presentó un aumento en el nivel de productividad.

Gráfica 3.3

México: Tasa de crecimiento del personal ocupado en la industria siderúrgica (%), 1990-2001.



Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, Estadísticas sectoriales, *La Industria Siderúrgica en México*, 1996, 2002.

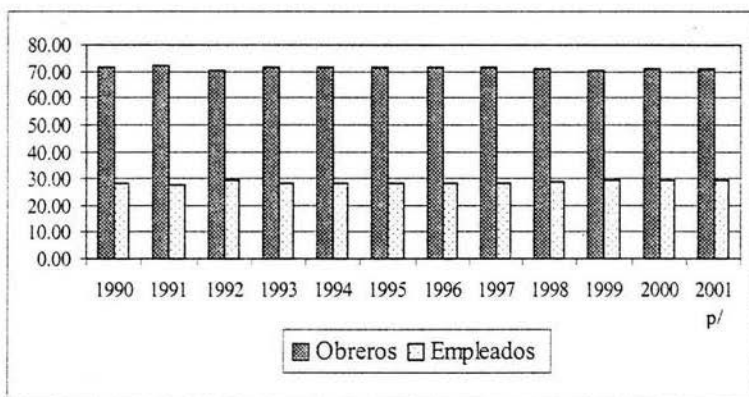
La reorganización que se presentó al interior de las empresas, el aumento de las inversiones, la innovación, la aplicación de los sistemas de aseguramiento de calidad ISO 9000, trajeron consigo un aumento en el nivel de productividad laboral. Los procesos antes mencionados permitieron una reducción importante del personal ocupado, esencialmente en los primeros años del proceso de reestructuración, 1992-1994, reduciéndose el volumen de empleo, de alrededor de 63 mil personas en 1990 a 34 mil en 1994.

Durante el período de 1995-1996 se registró una tasa de crecimiento del personal ocupado en la industria siderúrgica de 4.05 por ciento, a partir de esta fecha nuevamente se registraron altos niveles de desempleo en esta industria, durante 2000 se registró una tasa de crecimiento del empleo de -5.87 por ciento, en el 2001 la tasa equivalió al -6.54 por ciento (ver gráfica 3.3).

El descenso del personal ocupado se dio tanto en el rubro personal obrero como empleado, tenemos entonces, que la composición entre ambos grupos de personal (aproximadamente 70 por ciento obreros, 30 por ciento empleados) no cambió significativamente en el período de estudio, a pesar de la mayor tecnificación del proceso. (ver gráfica 3.4). Ante la intensificación del uso de maquinaria y la importación de tecnología se esperaría hubiera significado proporcionalmente menos personal obrero. Pero lo anterior no ocurrió. Podemos decir que el proceso de ajuste y modernización, implicó un costo social

implícito en términos de reducción de empleos, además se reflejó una disminución de los salarios reales de los trabajadores, los cuales quedaron muy rezagados en comparación con el aumento de la productividad (Hernández et-al, 2002).

Gráfica 3.4
México: Participación del personal ocupado en la industria siderúrgica (%), 1990-2001.



Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, Estadísticas sectoriales, *La Industria Siderúrgica en México*, 1996, 2002.

El rubro de fabricación de laminados y otros productos de acero, contribuye en promedio con el 47.46 por ciento del personal ocupado en el sector siderúrgico. El rubro de fabricación de tubos y postes de acero genera el 24.33 por ciento del empleo siderúrgico. Cabe señalar que este último presenta mayores oscilaciones en lo que se refiere a la variación porcentual anual de la población ocupada, durante 1995 la tasa de crecimiento del personal ocupado fue de -14.31 por ciento, en contraste para 1997 se registró una tasa de 15.93 por ciento. Podemos apreciar que a pesar de la evolución económica que se experimentó durante la década de los noventa en el sector siderúrgico, aún no se ha traducido en mejores condiciones en el nivel de empleo a nivel de rama de actividad.

A raíz del proceso de ampliación y modernización, los productores nacionales de las industrias básicas de hierro y acero elevaron su capacidad instalada, esta última elevó su capacidad instalada de 10 millones de toneladas en 1991 hasta un nivel cercano a los 19 millones de toneladas en 1999. Ello hizo posible aumentar la producción nacional de productos siderúrgicos. El consumo de los productos siderúrgicos es influido por diversos

factores como pueden ser: la evolución de la actividad económica, los precios de los productos siderúrgicos, el nivel de ingreso, la disponibilidad de crédito y el costo del mismo, etc. (Hernández et-al, 2002).

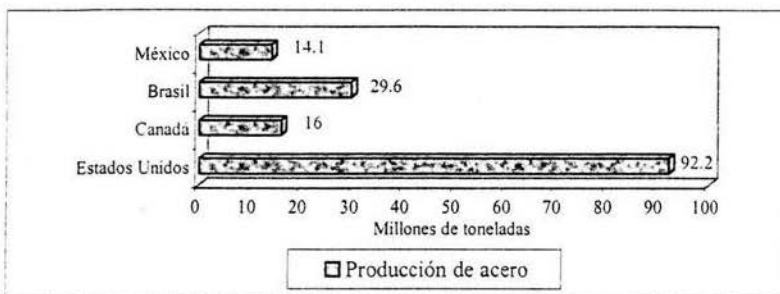
La producción de productos siderúrgicos ha mostrado una tendencia creciente a lo largo del período de estudio, con excepción del año 2001 el cual registró una tasa de crecimiento de -9.16 por ciento. En lo que se refiere al perfil del consumo intermedio total de la industria siderúrgica, este ha mostrado una tendencia cíclica de 1990 a 1994, en los años de 1995 a 2001 la tendencia registrada fue muy similar a la de la producción, es decir registro tasas de crecimiento positivas a excepción de 2001, año en que se registró una tasa de crecimiento del consumo de -8.89 por ciento .

Durante el periodo de 1990-1994, el consumo de productos siderúrgicos fue superior a la producción, por lo tanto fue necesario importar acero para cubrir toda la demanda. De 1995 a 1999 la producción de acero fue superior al consumo intermedio total de la industria siderúrgica, la diferencia entre la producción y el consumo se destino a la exportación (-9.16 por ciento).

Comercio exterior

De acuerdo a CANACERO, en el mundo México ocupa el lugar número 16 como productor de acero, es el segundo productor de acero en América Latina después de Brasil que en el año 2002 produjo 29.6 millones de toneladas (ver gráfica 3.5). Con estas cifras podemos percatarnos de la importancia del sector siderúrgico mexicano en el sector externo.

Gráfica 3.5 Producción de acero, (cifras preeliminares 2001).



Fuente: Elaboración propia en base a CANACERO, *Perfil de la Industria Siderúrgica Mexicana*, Marzo, 2003.

El aumento de la participación de la industria siderúrgica en el sector externo, se remonta a principios de la década de los noventa, ya que años atrás se concentraba sólo en la demanda doméstica. El proceso de apertura comercial de la siderurgia mexicana empezó a sentar sus bases con la reestructuración industrial que tuvo lugar en el período de 1983 a 1991, ello permitió fortalecer a las empresas, mejorar su competitividad en términos de calidad y precios, y promover su actividad exportadora.

La apertura comercial de esta industria se dio al mismo tiempo que las empresas llevaban a cabo procesos de reestructuración y modernizaban su planta tecnológica. Cabe señalar que la industria siderúrgica prácticamente no había explorado los mercados de exportación. Como resultado de lo anterior varias plantas, especialmente las pequeñas y medianas, no fueron capaces de afrontar la competencia externa y se vieron en la necesidad de cerrar.

Las exportaciones de la industria siderúrgica en términos de valor (dólares), durante el año de 1991 registraron una tasa de crecimiento de 20.39 por ciento, esta misma variable pero en términos de volumen (toneladas) ese mismo año registra -9.18 por ciento. Es decir, el sector siderúrgico aumento el nivel de exportaciones en términos de valor, no obstante el volumen exportado disminuyó. Durante la crisis de 1995 el sector siderúrgico registró los niveles más altos de exportaciones tanto en términos de valor como de volumen (en términos de valor la tasa de crecimiento fue de 146.41 por ciento, en términos de volumen la tasa fue de 147.59 por ciento). Esto se debe a que la devaluación del peso sobre el dólar, permitió que los productos siderúrgicos se volvieran competitivos en el mercado externo. Durante 1999 las exportaciones en términos de volumen registraron una tasa de crecimiento del 1.07 por ciento, no obstante, en términos de valor se registró una caída, el país dejó de percibir 171421000 dólares al registrar una tasa de crecimiento de -4.40 por ciento.

En lo que se refiere a las importaciones, durante 1995 se registró una tasa de -63.74 por ciento en términos de valor y de -53.39 por ciento en términos de volumen, es decir, las importaciones de productos siderúrgicos disminuyeron notoriamente tanto en valor como en volumen, siendo más notoria la primera (ver cuadro 3.2).

Cuadro 3.2

México Tasas de crecimiento del valor (dólares) y volumen (toneladas) de las exportaciones e importaciones de la industria siderúrgica mexicana, 1990-2000.

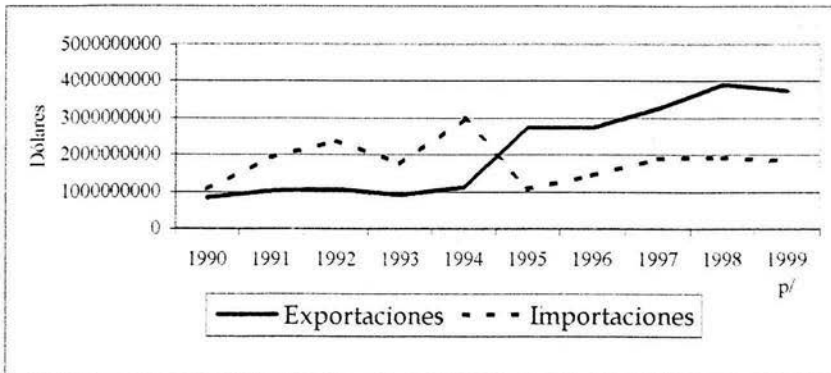
	Exportaciones		Importaciones	
	Valor (dólares)	Volumen (toneladas)	Valor (dólares)	Volumen (toneladas)
1991	20.39	-9.18	79.02	50.03
1992	3.66	13.58	23.72	12.23
1993	-13.92	29.09	-26.04	-13.70
1994	22.44	14.05	70.35	68.47
1995	146.41	147.59	-63.74	-53.39
1996	-0.52	-8.60	32.18	42.41
1997	19.41	6.02	32.26	48.56
1998	19.38	-5.80	1.84	-53.85
1999 ^{P/}	-4.40	1.07	-4.78	-7.74

Fuente: INEGI, Estadísticas sectoriales, *La Industria Siderúrgica en México*, varios años.

^{P/} A partir de 1999 se manejan cifras preliminares.

Al realizar el balance entre exportaciones e importaciones (tanto en términos de valor como de volumen), podemos apreciar que las segundas tuvieron un ritmo de crecimiento mayor entre los años de 1990-1994, lo que contribuyó a la generación de una balanza comercial deficitaria para este período. Durante el segundo lustro de la década de los noventa la tendencia se revirtió, es decir, el nivel de exportaciones estuvo por encima del nivel de importaciones lo que produjo una balanza comercial superavitaria (ver gráfica 3.6).

Gráfica 3.6 México: Evolución de las exportaciones e importaciones de productos siderúrgicos (dólares), 1990-1999.



Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, *La industria Siderúrgica en México*, varios años, CANACERO, *Diez años de estadística siderúrgica*, México, varios años.

Según la CANACERO, de 1998 a 2002 las exportaciones siderúrgicas totales descendieron 7.64 por ciento al pasar de 5.24 a 4.83 millones de toneladas, ello se debió a la disminución de la producción doméstica y a la sobreoferta de productos siderúrgicos que se presentó en el resto del mundo. En lo que se refiere a las importaciones éstas registraron durante el período de 1998-2002 un aumento del 24.29 por ciento, al pasar de 5.64 a 7.01 millones de toneladas. Con estos resultados la balanza comercial siderúrgica en el 2002 mostró resultados deficitarios de 2.18 millones de toneladas, expresado en términos de valor equivale a mil 185 millones de dólares. Es importante resaltar que actualmente la industria siderúrgica exporta a 99 países, mientras que realiza importaciones de 92 países.

Al analizar el comercio exterior de México, encontramos un alto grado de concentración geográfica, alrededor de 75 a 85 por ciento de los flujos comerciales se llevan a cabo con Estados Unidos. Dicha tendencia se ha fortalecido con la puesta en marcha del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (TLCAN).

Sin embargo, a raíz de la apertura comercial los mercados de exportación se diversificaron. En lo que se refiere a las exportaciones siderúrgicas, éstas se han enfocado hacia otros mercados, especialmente asiáticos. Entre 1990 y 1991 aproximadamente dos terceras partes de los productos siderúrgicos tuvieron como destino el mercado estadounidense. En los años 1994-1995 momento de la entrada en vigor del TLCAN el mercado estadounidense seguía siendo el principal, sin embargo, su importancia relativa se había reducido (57.6 por ciento) y, en contraparte, la de los mercados asiáticos había crecido. No obstante, los flujos comerciales que tuvieron como destino Asia se vieron frenados, por la crisis que registraron los países asiáticos en 1997, en 1998 la crisis de Rusia agudizó la recesión asiática (Guzmán, 2002).

Organización industrial

La industria siderúrgica, se ubica dentro de los oligopolios concentrados, caracterizados por altos niveles de concentración, economías de escala, productos homogéneos.

Cuadro 3.3
Oligopolios concentrados

Clase	Concepto	CR4 %	Intensidad en Publicidad %	Penalización de costos	Margen de ganancias %
371001	Fundición primaria de hierro	65.92	0.01	1.09	26.37
371006	Laminación secundaria de hierro y acero	58.70	0.02	1.27	23.96
371007	Tubos y postes de hierro y acero	64.6	0.06	2.70	19.33
	Promedio	63.07	0.03	1.68	23.22

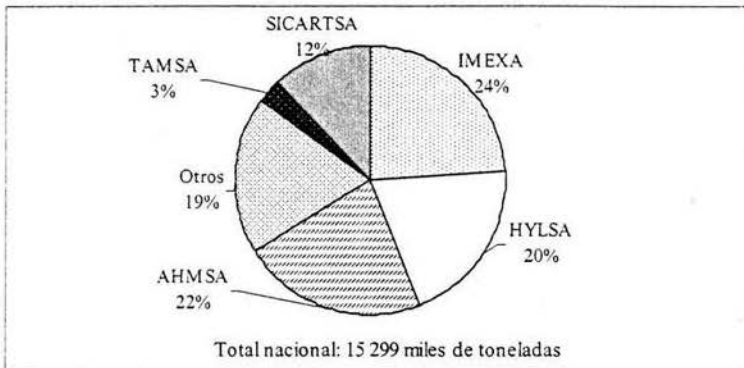
Fuente: Brown, Flor y Domínguez, Lilia (2002), *Estructura de Mercado de la Industria Mexicana*.

El nivel de concentración promedio de las clases que pertenecen a la siderúrgica es alto, para el caso del promedio 63.07 por ciento. De acuerdo al CR4 sólo cuatro empresas concentran el 65.92 por ciento del mercado de fundición primaria de hierro. Para el caso de tubos y postes de hierro y acero 64.6 por ciento del mercado se concentra en cuatro empresas.

Durante 2001 la producción de acero, registró un CR4 de 70.73 por ciento. La estructura productiva estaba conformada por las siguientes empresas (ver gráfica 3.7):

- Altos Hornos de México, S.A. (AHMSA) registró volúmenes de producción de 3 034 miles de toneladas, concentrando el 22.83 por ciento del mercado.
- Ispat Mexicana, S.A. de C.V., cuyo volumen de producción ascendía a 2 397 mil toneladas, lo que equivalía al 18.03 por ciento.
- Hierro y Lámina, S.A. (Hylsa) registró un volumen de producción de 2 233 mil toneladas, abarcando el 16.80 por ciento del mercado.
- Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas, S.A. (SICARTSA) registró un volumen de producción equivalente a 1 737 mil toneladas, lo que representaba el 13.07 por ciento del mercado.

Gráfica 3.7
México: Producción de acero por empresas (porcentajes), 2001.



Fuente: Elaboración propia en base a CANACERO, *Diez años de estadística siderúrgica*, México, ediciones 1990 – 1999.

El gasto en publicidad en la fundición primaria de hierro equivale a 0.01 por ciento, laminación secundaria de hierro y acero registra un gasto de publicidad de 0.02 por ciento de las ventas. Tenemos entonces que la competencia no se manifiesta en la diferenciación de los productos, sino en los altos niveles de inversión en capital realizados por las empresas con el fin de aprovechar las economías de escala.

En los oligopolios concentrados, las economías de escala constituyen un elemento importante para garantizar una ventaja competitiva. El coeficiente de penalización de costos es de 1.68 para el promedio, a la clase de tubos y postes de hierro y acero corresponde una penalización de costos de 2.70. Según Brown y Domínguez (2002) el tamaño eficiente de las plantas industriales es de \$1,113,961 miles de pesos en promedio. Este nivel de inversión constituye una barrera a la entrada, debido a que no es un monto accesible para un número importante de empresas que deseen entrar al mercado.

Las ramas industriales de la industria siderúrgica tienen en promedio, un margen de ganancia del 23.22 por ciento, para el caso de la fundición primaria de hierro le corresponde una ganancia de 26.37 por ciento, es decir se ubica por encima del promedio de la industria. Tubos y postes de hierro y acero registran un margen de ganancias de 19.33 por ciento, debajo del promedio del mercado, no obstante, la diferencia es mínima.

De acuerdo a INEGI (2001) la participación de los distintos tamaños de empresa en el sector siderúrgico durante el año 2001 en términos de valor agregado se expresa de la siguiente manera: las empresas micro sólo participan con un pequeño porcentaje, equivalente al 0.68 por ciento, en contraste con las grandes, las cuales participan con un 71.49 por ciento.

Álvarez (2000) menciona que el sector siderúrgico mexicano está integrado por 159 empresas de las cuales cuatro están integradas, es decir su proceso productivo abarca desde la transformación del mineral de hierro, posteriormente se realiza su transformación ya sea en; alto – horno o reactor de HRD; de hierro a acero, en BOF u horno eléctrico; de semiterminado a productos planos o no planos, en plantas de laminación. Altos hornos de México y SICARTSA realizan su producción a través de la ruta alto horno – BOF. HYLSAMEX e IMEXA emplean la vía HRD – horno eléctrico.

Existen 18 acererías semiintegradas, las cuales producen acero a partir de chatarra. Utilizan hornos eléctricos para la producción de acero. Cuentan con instalaciones para dos de las etapas del proceso de producción: reducción, y acería y laminación. Se especializan en la producción de productos largos y no planos.

En las empresas productoras de recubiertos encontramos a las galvanizadoras, éstas parten de productos semiterminados y por medio de procesos de laminación fabrican productos recubiertos y algunos subproductos. Además realizan procesos de pintado. Encontramos a industrias Monterrey (IMSA), Galvak del grupo HYLSAMEX, Zincacero del grupo Villacero.

Las laminadoras son fábricas de laminados a partir de lingotes parcialmente laminados y adquiridos en las empresas integradas, parten de productos semiterminados y fabrican productos con mayor valor agregado. Destacan Aceros Planos de Monterrey (APM), Acabos de Acero Mexicano, S.A de C.V, Corrugados y Alambrones de México, S.A. de C.V, Hylsa división alambres y derivados S.A de C.V. Las tuberías, parten de lámina para producir tubos con costura. En México TAMSA es la única empresa que se dedica a la fabricación de tubos sin costura.

Finalmente se encuentran los talleres que cortan, dan forma, y pintan los subproductos.

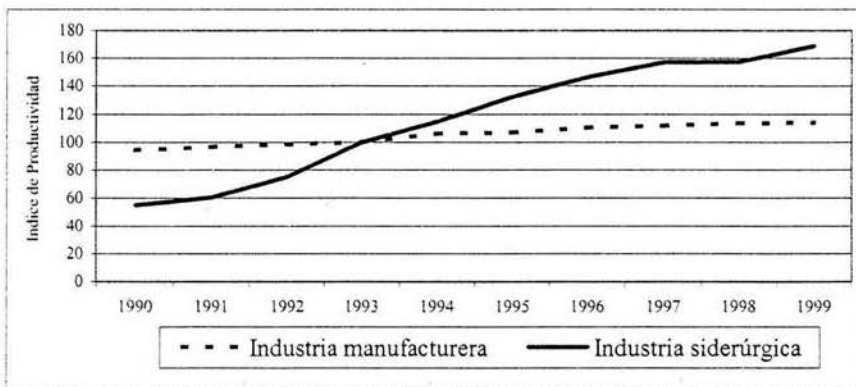
Productividad

El sector siderúrgico mexicano a raíz del proceso de reestructuración y de privatización, ha registrado importantes transformaciones en sus plantas productivas. Como ya señala Mercado (2000), en la década de los noventa se han producido una serie de cambios tecnológicos importantes, así como una mayor difusión de tecnologías avanzadas que contribuyeron a una mejora productiva de las plantas siderúrgicas.

Así, a partir del año de 1990 encontramos una mejora en el índice de productividad. De 1994 en adelante el índice de productividad del sector siderúrgico alcanzó niveles superiores a los registrados por la industria manufacturera (ver gráfica 3.8).

Gráfica 3.8

México: Índice de productividad de la industria manufacturera y de la industria siderúrgica (Base 1993=100.0), 1990-1999.



Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, *La industria Siderúrgica en México*, varios años, CANACERO, Diez años de estadística siderúrgica, México, varios años.

Nota: A partir de 1999 se manejan cifras preliminares.

Se calculó con base en la siguiente fórmula: $[(\text{PIBK}/\text{PO})_i / (\text{PIBK}/\text{PO})_b] * 100$, donde PIBK es el Producto Interno Bruto a precios constantes, PO es el personal ocupado, i es el año que se analiza, y b es el año base, en este caso es 1993.

El incremento de la productividad que registró el sector siderúrgico mexicano en la década de los noventa es el resultado de un conjunto de factores, según Guzmán (2002) los más importantes son: la disminución de los niveles de obsolescencia del capital físico, la incorporación de innovaciones tecnológicas, la mejora en los niveles educativos, la capacitación y el adiestramiento de los trabajadores, la flexibilización de la organización

productiva, la mejora en los índices de la utilización de la capacidad instalada, el uso de las economías de escala, la mejor calidad de los productos, el aumento de la actividad exportadora, la recuperación del mercado interno.

Además, se podría argumentar que la creciente exigencia del marco regulatorio ambiental ha obligado a las empresas a reducir emisiones. En la medida que esto se logra, es posible eficientar el consumo de energía, existe una coincidencia entre el proceso de producción y el cumplimiento de las normas.

Descripción del proceso productivo

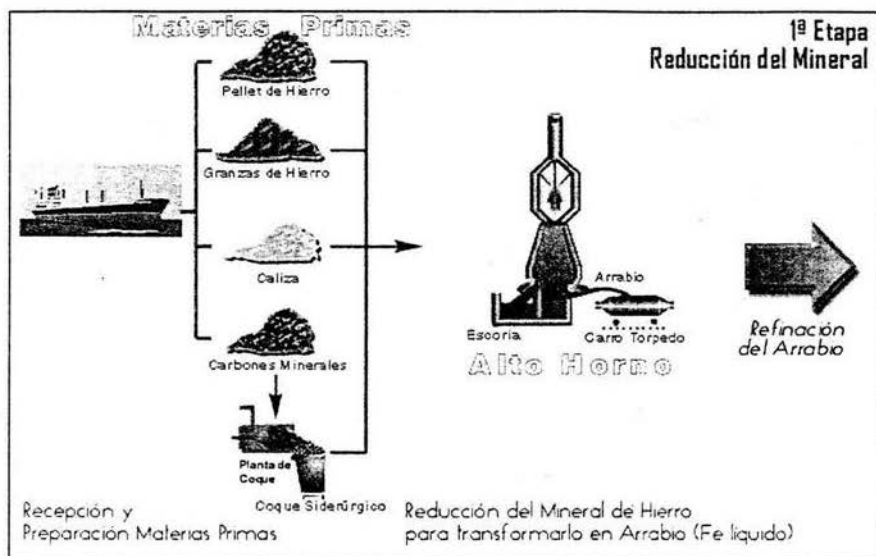
El proceso de modernización y el impacto de este proceso se puede analizar con mayor claridad si partimos de una descripción esquemática del proceso productivo. En esta sección hacemos un uso extensivo de Infoacero (2003) y Álvarez (2000).

De acuerdo a Infoacero (2003) el proceso productivo siderúrgico se puede dividir en tres etapas. La primera de ellas "reducción del mineral", comienza con la descarga, clasificación, pesaje y almacenamiento de las materias primas necesarias para la fabricación del acero, básicamente son: fierro, carbón mineral que se convierte en coque y caliza. El fierro constituye la materia básica para la fabricación del hierro primario, generalmente este mineral se encuentra mezclado con otros minerales.

La mezcla de carbones metalúrgicos se somete a un proceso de destilación seca que lo transforma en coque metalúrgico. La segunda materia prima más importante para la producción de acero en una siderurgia integrada es el coque metalúrgico. La coquificación del carbón mineral deja, como subproducto, gas de alto poder calorífico, que es utilizado como combustible en los diversos procesos de la industria.

La producción del hierro es posible a través de tres tecnologías: el alto horno y el método de fusión cuyo producto es el arrabio o metal caliente, el de reducción directa cuyo producto es el hierro esponja, el briqueteado y el hierro caliente (HRD).

La reducción del mineral para obtener arrabio, se lleva a cabo en el alto horno. Por el tragante (la parte superior del horno) se cargan por capas los minerales de hierro, la caliza y el coque. A través de la inyección de aire precalentado a 1.000 °C, se lleva a cabo la combustión del coque, generando elevadas temperaturas y gases reductores que actúan sobre el mineral y la caliza, transformándolos en arrabio (hierro líquido) y en escoria.

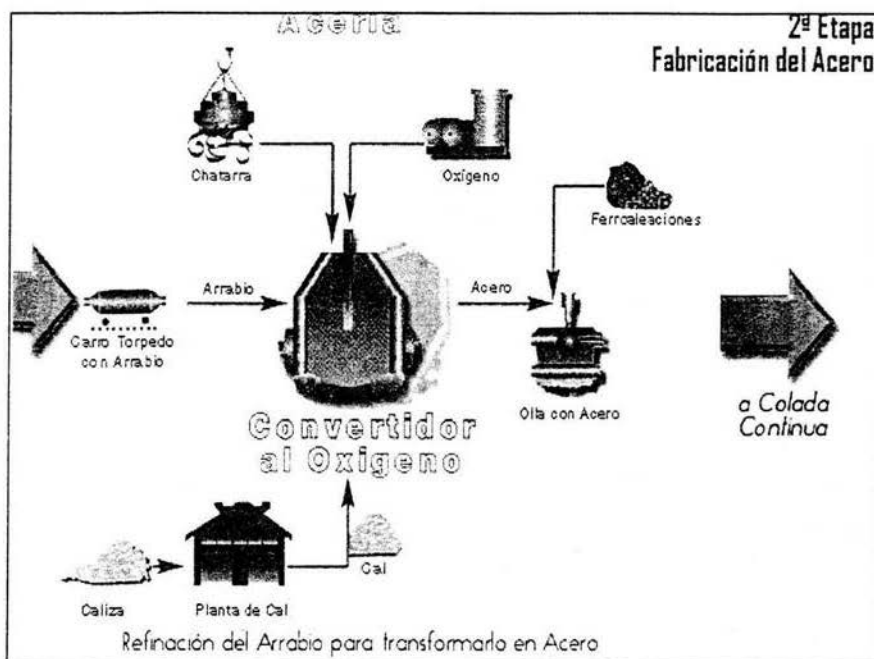


Fuente: Infoacero (2003)

El método de fusión directa permite la obtención del metal caliente o arrabio a partir de carbón y metales finos. Este método de producción es más ventajoso que el de reducción directa porque no contiene ganga y retiene su sensibilidad al calor. El uso del carbón es preferible ya que es abundante y resulta más barato que el coque o el gas natural. El proceso de fusión directa se divide en dos grupos; los que utilizan carga de gruesos de mineral y pellets en hornos de lecho móvil como los procesos Corex, los de lecho fundido que usan metales finos como el hsmelt y el dios.

El método de reducción directa permite la obtención de hierro metálico (HRD), en forma de hierro esponja o briqueteado, a partir de mineral de hierro o pellets, empleando gas o carbón como reductores. Este proceso permite aprovechar la disponibilidad de recursos naturales como el gas y el carbón no metalúrgico y producir hierro en escalas económicas de producción a costos menores que el proceso de alto horno. El proceso de reducción directa se dividen en dos grupos, el primero de ellos utiliza carbón como el proceso SL/RN y el fastment, el otro utiliza gas natural, a su vez se dividen en los que usan horno de cuba o carga vertical como el midrex y el Hyl III, y los de lecho fluidizo como el fior - finment, iron carbde.

La siguiente etapa del proceso es la fabricación del acero, en esta etapa se lleva a cabo la colada, que consiste en extraer los elementos acumulados en el crisol (parte inferior de los altos hornos). Esta labor se realiza aproximadamente cada dos horas. El arrabio es recibido en carros torpedo, éstos lo transportan a la acería de convertidores al oxígeno; la escoria, separada del arrabio por su menor densidad, se hace fluir hacia un foso donde es "apagada" y granulada por un chorro de agua.

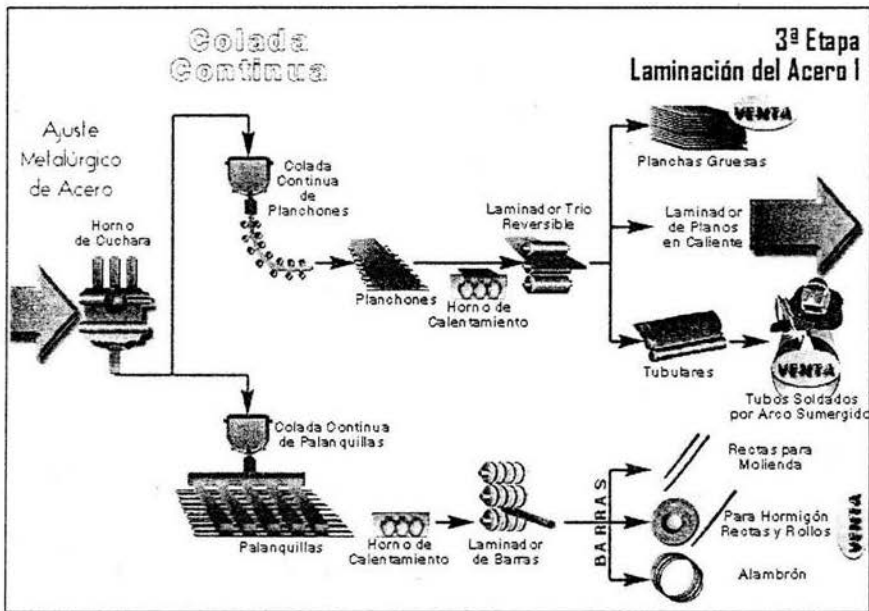


Fuente: Infoacero (2003)

El arrabio que proviene de los altos hornos se carga junto con la chatarra del acero. Por la acción del oxígeno puro que se inyecta al convertidor, se oxidan el carbono, silicio y el fósforo del arrabio. Estas reacciones son exotérmicas y causan la fusión de la carga metálica fría sin necesidad de agregar ningún combustible y, por adición de cal, se forma la escoria en que se fijan las impurezas oxidadas. Posteriormente se agregan las ferro aleaciones, las cuales conceden las características esenciales de los diversos tipos de aceros. El acero líquido producido puede enviarse a la colada continua o vaciarse en moldes para fabricar los lingotes.

Durante la tercera etapa del proceso de producción, se lleva a cabo la laminación del acero. El acero líquido de la cuchara es vaciado a una artesa que se comunica por el fondo con un molde el cual se encuentra en constante movimiento y es enfriado por agua. Aquí se inicia el proceso de solidificación del acero que se completa a lo largo del trayecto por el interior de la máquina.

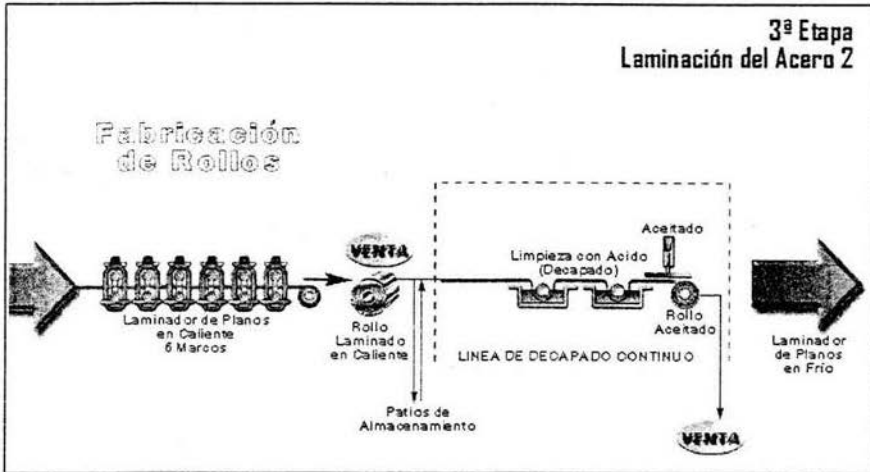
Los planchones que se producen en la colada continua son sometidos a laminación en caliente, con lo cual se reduce el espesor y aumenta su longitud.



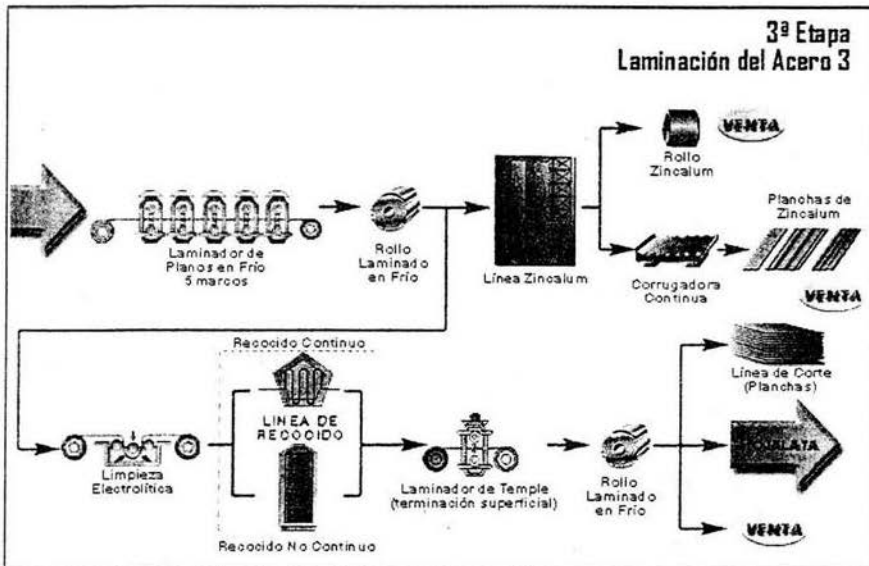
Fuente: Infoacero (2003)

El proceso comienza calentando el material en un horno. Una vez alcanzada la temperatura requerida, los planchones son reducidos en su espesor, primero en un laminador frío, el que mediante pases sucesivos logra una plancha gruesa, posteriormente pasa al laminador para obtener rollos. Una parte de los productos obtenidos en este laminador, van directamente al mercado, tanto en forma de rollos o planchas, donde encuentra una gran aplicación en la industria, y la otra parte de rollos, continúa su proceso en el laminador de planos en frío.

A los rollos laminados en caliente, que se destinan a la fabricación de productos planos laminados en frío, se les somete al proceso de decapado para eliminar los óxidos y laminación en frío para disminuir el espesor.



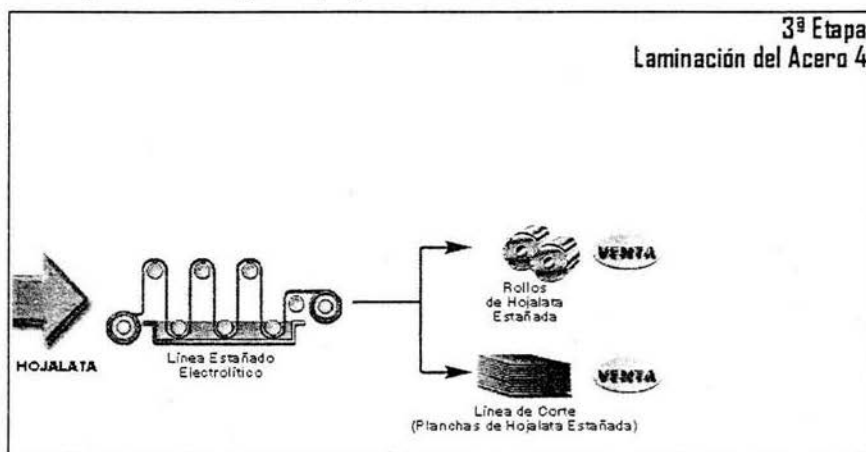
Fuente: Infoacero (2003)



Fuente: Infoacero (2003)

Una parte de los rollos son procesados en la línea zinc-alum, para obtener productos recubiertos con una aleación de zinc y aluminio, necesarios en la construcción.

El resto de los rollos son sometidos a limpieza electrolítica para eliminar el aceite empleado en la laminación en frío; recocido en atmósfera protectora, que puede ser en hornos o en línea de recocido continuo para eliminar la acritud dada por el trabajo mecánico realizado en frío, y laminador de temple para eliminar las líneas de fluencia, corregir la forma y dar la terminación superficial requerida. Una fracción de los rollos templados que resultan se despacha a los clientes, como tales o cortados previamente en planchas, para ser usados en la industria metalmecánica. Otra fracción de ellos es estañada en la línea de estañado electrolítico para obtener hojalata apta para la industria conservera.



Fuente: Infoacero (2003)

Desarrollos tecnológicos

El proceso de modernización de la planta siderúrgica mexicana, es relativamente reciente en comparación con otros países. Según CANACERO (2003) dicho proceso fue posible por la privatización de la industria siderúrgica mexicana. Los nuevos propietarios realizaron inversiones importantes con el fin de mejorar las instalaciones y aumentar su eficiencia. A nivel de sector, las inversiones en modernización durante la década de los noventa ascendieron aproximadamente a 4.9 miles de millones de dólares.

Dos desarrollos tecnológicos fueron determinantes en la mejoría de la eficiencia productiva y la calidad del producto dentro de la industria siderúrgica mexicana (Álvarez, 2002). El primero de ellos fue el uso expansivo de la colada continua: la solidificación del acero líquido se efectuaba hasta hace pocos años, en el patio de colada, convirtiéndose en lingotes, el acero líquido se vaciaba en moldes denominados lingoteras. El lingote mediante nuevo calentamiento en hornos especiales era laminado para convertirlo en planchón o tocho y luego repetir la operación para convertirlo en plancha o bobina, o en no planos para lo cual era calentado el tocho y mediante la laminación se convertía en palanquilla y luego repetir la operación para obtener de la palanquilla la barra lisa, corrugada, alambón o cualquier tipo de perfil. La colada continua revolucionó completamente el procedimiento y originó un incremento notable de la productividad con la consiguiente reducción de costos como resultado de vaciar directamente el acero líquido y salir convertido en una palanquilla o en un planchón. Uno de los mayores adelantos en la fabricación del acero ha sido la utilización de la colada continua, la cual ha permitido reducir las mermas o desperdicios y reducir el consumo de energía

El impulso de nuevos procesos como la colada continua, colada ultra delgada y la laminación compacta ha sido de gran importancia, debido a que el potencial de aplicación de esta tecnología es muy grande, según Espinosa (2002) en la actualidad, los productos de lámina representan el 37 % de la demanda mundial de acero.

En la fabricación de productos de acero semiterminados, la nueva tecnología de colada continua ha reemplazado rápidamente al colado en lingotes. Como se pueden obtener láminas más delgadas mediante la laminación en caliente, este método de producción ha crecido, mientras que el de laminación en frío ha descendido.

El segundo se refiere al uso de los hornos eléctricos.

En lo referente al uso del acero, podemos referirnos esencialmente a tres operaciones genéricas de manufactura: el corte en metal, el formado y la fabricación. En estos últimos se generan los mayores costos y desperdicios. El principal problema es la unión de los elementos de acero de acuerdo con las soluciones de ingeniería. Las tecnologías que han surgido, con el objetivo de resolver los problemas de la unión en acero incluyen la soldadura por fricción, el uso de adhesivos, la unión por bridas y sujetadores, y destacan particularmente la soldadura de

ACRO y láser. La soldadura de ACRO es de gran importancia por su gran uso. En lo que se refiere al láser, se le atribuye un gran potencial de desarrollo en el futuro (Espinosa, 2002).

El alto horno es un reactor que ha sido eficientado de manera extraordinaria, ello ha permitido que actualmente se encuentren en operación los hornos más modernos y de menor costo de producción. Se han desarrollado tecnologías para la inyección de carbón en los altos hornos. A través de estas, se ha logrado disminuir la dependencia de materias primas como el coque, utilizado para producir arrabio.

La tecnología también ha modificado la distribución de la producción primaria de acero entre procesos de Alto Horno (AH), Horno de Hogar Abierto (HHA) y Horno Básico de Oxígeno (HBO). A principios de la década de los noventa la producción de acero con el método de Horno de Hogar Abierto desapareció por completo y fue sustituida por producción con AH/HBO en las plantas integradas. En lo que se refiere a la producción de acero secundario por procesos de HRD, horno de arco eléctrico (HAE) y chatarra también ha cambiado. La producción de acero con HAE ha aumentado debido al incremento en la producción de HRD y a la expansión de la capacidad instalada de las plantas de acero secundario con HAE a base de chatarra (CANACERO, 2003).

Los nuevos procesos tecnológicos se caracterizaron por la incorporación de equipos automatizados, ello permitió el aumento de la productividad de acero por hombre empleado. Un aspecto notable del cambio tecnológico es el mayor énfasis en el contenido electrónico y de instrumentación en las plantas metalúrgicas (Espinosa 2002).

Hoy día se ha dado gran importancia a aspectos como la calidad, las nuevas tecnologías tienen la capacidad de controlar el análisis químico desde la acerería, de esta forma pueden cumplir con estándares de calidad más estrictos (Espinosa, 2002).

El funcionamiento de las nuevas tecnologías depende en gran medida del uso de materiales de alto desempeño, como el caso de los refractarios y los materiales cerámicos de mayor duración, el uso de éstos permite lograr altos grados de pureza en el producto.

Al analizar los avances tecnológicos en las principales empresas, según Álvarez (2002) encontramos que: Hylsamex, es la única siderúrgica que realiza actividades de investigación y desarrollo formalmente y cuenta además con patentes nacionales e internacionales. De acuerdo a los directivos de AHMSA, Sicartsa e Imexsa sus innovaciones van dirigidas a mejoras en el proceso con el fin de elevar la calidad y reducir sus costos. Algunas de las

innovaciones realizadas se realizan en los talleres de las empresas. En Sicartsa se construyó un carro termo para transportar arrabio, tiene un valor de 1 millón de dólares. En Imexsa se desarrolló un método que permite fabricar acero utilizando al 100 por ciento el horno de reducción directa (HRD), este método de producción es de gran importancia, ya que permite la producción de acero sin usar chatarra, esto les da una ventaja competitiva a Imexsa, ya que el acero que obtienen es de alta pureza. Las innovaciones que se han generado en estas empresas son en su mayoría producto de una búsqueda continua por disminuir los costos, esencialmente los energéticos.

Imexsa trabaja por perdido y bajo especificaciones de calidad del cliente. Hylsamex es una empresa con una alta eficiencia operativa, especialmente en su nueva planta, por lo que puede ser competitiva en precio y calidad. Cuenta con un sistema de control de inventarios KAN BAN vía electrónica, por lo que los clientes pueden dar seguimiento a sus pedidos a fin de saber en todo momento el avance de los mismos (Álvarez, 2002).

Las principales empresas que conforman el sector siderúrgico mexicano, no tienen un staff de investigación y desarrollo. Tampoco existe una generación activa de nuevos productos para poner en el mercado en tiempo récord. Hylsamex en el período de 1992-1999 invirtió 1500 millones de dólares en tecnologías. Esto representa 44.4 por ciento de la inversión total de las siderúrgicas integradas. La inversión permitió la creación de nuevas tecnologías, instalar equipo para fabricar productos como es la lámina ultra delgada de alta calidad y muy bajo costo (Álvarez, 2002). En el período de 1992 a 1997 AHMSA invirtió 971 millones de dólares, correspondientes al 28.8 por ciento del total de la inversión de las siderurgias integradas. Su inversión se enfocó: a modernizar los procesos de laminación que estaban sumamente atrasados y a adquirir nuevos procesos que agregan mayor valor al producto (Álvarez, 2002). La inversión realizada por Sicartsa e Imexsa ha sido mínima y ha sido enfocada a incrementar su capacidad instalada, automatizar equipo que mejora el proceso productivo y la calidad (Álvarez, 2002).

Descripción de los problemas ambientales

Los temas medio ambientales han adquirido gran importancia en el contexto de la economía mexicana actual. Los sectores de manufacturas y servicios han recibido una atención especial en México como resultado del impacto ambiental de la industrial química, siderúrgica, y de

servicios médicos. En México la industria siderúrgica es la más importante del sector manufacturero en términos de consumo de energía, es el usuario industrial más grande de electricidad y coque, el segundo consumidor de gas natural y es una de las cuales producen mayor contaminación industrial (Mercado, 2000).

Calidad y normas ambientales

En lo referente a las normas de certificación, Álvarez (2000) menciona que existe una relación estadísticamente significativa entre el tamaño de la empresa y los proyectos para elevar la calidad de los productos.

Cuadro 3.4.
Industria Siderúrgica, calidad y normas ambientales (Proyectos trabajados en los últimos cinco años por Álvarez (2000)).

Estratos por tamaño	Elevar la calidad del producto		Certificación ISO 9000		Normas ambientales		Certificación ISO 9002	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
38 Micro	19	50.0%	5*	13.2%	16	42.1%	3*	7.9%
14 pequeña	9	64.3%	2*	14.3%	3	21.4%	1*	7.1%
9 Mediana	8	88.9%	5	55.6%	6	66.7%	0	0
5 Grandes	5	100.0%	3	60.0%	3	60.0%	3	60.0%

Fuente: Álvarez Ma. De Lourdes (2000), Cambio tecnológico en la Industria Siderúrgica Mexicana integrada (1992-1999), México.

Nota: La realización de esta tabla se elaboró en base a una muestra de 66 empresas pertenecientes a la industria siderúrgica, no en base al total de las industrias que conforman el sector siderúrgico.

* Aunque no cuentan con las normas ISO se contabilizan ya que están trabajando para obtener la certificación.

Existe una relación entre los tamaños de las empresas y los proyectos enfocados a elevar la calidad de los productos, todas las grandes empresas han trabajado en proyectos enfocados a elevar la calidad de sus productos en los últimos cinco años. Sólo el 50 por ciento de las empresas micro se ha preocupado por aumentar la calidad de sus productos.

Respecto a la obtención de la norma ISO 9000, el 60 por ciento de las grandes y más de la mitad de las medianas cuentan con la norma de certificación, mientras que menos del 15 por ciento de las micro y pequeñas empresas han trabajado para obtener la certificación, ninguna de éstas la ha conseguido aún. Para las micro y pequeñas empresas resulta

complicado conseguir la norma de calidad ISO 9000, ya que es costosa, requiere de una asesoría especializada y una estrategia a largo plazo.

En lo que se refiere al cumplimiento de las normas ambientales, se observa que el 60 por ciento de las grandes empresas y el 66.7 por ciento de las medianas en los últimos cinco años han cumplido con normas ambientales, el resto de las empresas se han interesado por cumplir las normas ambientales pero en menor medida, las micro empresas en una proporción mayor que las pequeñas (ver cuadro 3.4)

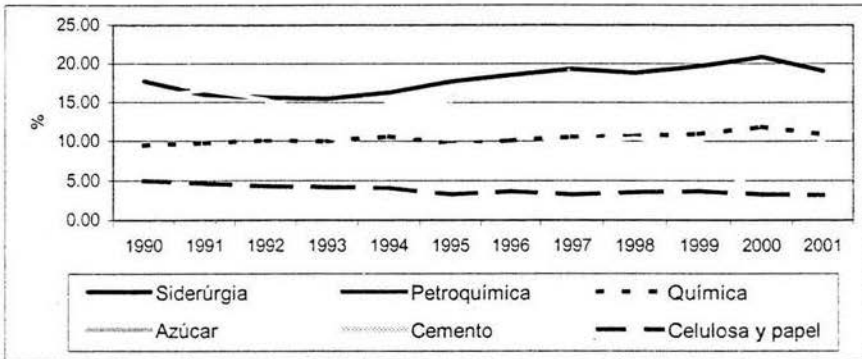
El 60 por ciento de las empresas grandes han obtenido la norma de certificación ISO 9002, mientras que ninguna de las medianas la ha logrado. Las empresas micro y pequeñas aunque se encuentran trabajando en la obtención de la certificación, aún no han logrado nada (Álvarez, 2000).

Altos Hornos de México, garantiza sus productos de acero bajo la certificación de calidad ISO-9002 en los procesos de producción de arrabio, aceración y laminación; además cuenta con las normas QS-9000 y VDA 6.1 que lo acreditan como proveedor certificado de la industria automotriz. Tamsa cumple con las certificaciones de calidad API Q1, ISO 9001 e ISO 9002, así como la QS-9000 para la fabricación de productos tubulares para la industria automotriz. Para la industria energética fabrica tubería sin costura bajo normas API 5CT, API 5L, API 5D, ASTM, ASME, DIN y NACE.

Consumo de energía

La industria siderúrgica es el usuario industrial más grande de energía en México. A partir del año de 1994 comenzó a incrementar su consumo de energía, alcanzando los niveles más alto en el 2000 (265 578 peta joules). Durante el año 2001 consumió el 19.04 por ciento del total de energía. Le sigue la petroquímica, durante 1991 su consumo representó el 16.65 por ciento del total (superior al del sector siderúrgico), sin embargo, a partir de este año comenzó a registrar drásticas caídas, durante el 2001 registró un consumo del 7.44 por ciento. Durante la década de los noventa la industria química elevó la demanda energética, en el 2001 el consumo energético de esta industria fue del 10.86 por ciento del total (ver gráfica 3.9).

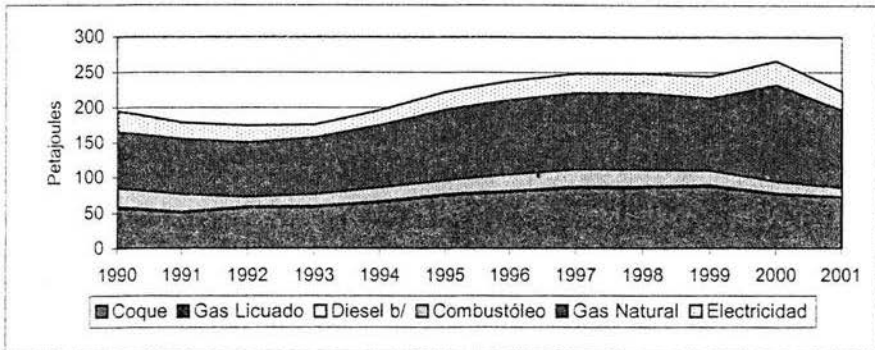
Gráfica 3.9
 México: Consumo de energía por rama de actividad (%), 1990-1999.



Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, Secretaría de Energía. Balance Nacional de Energía.

La demanda energética es uno de los aspectos más críticos en el sector siderúrgico, está basada esencialmente en el empleo de coque, gas licuado, diesel, combustóleo, gas natural, electricidad. Con un 19.04 por ciento del consumo industrial total para el año 2001, es el sector que más energía consume. Del total de la energía consumida por el sector siderúrgico, el gas natural es la principal fuente de energía, en el 2001 representó el 49.36 por ciento. Aunque la producción de acero consume grandes cantidades de coque, el incremento en la producción de HRD que utiliza más el gas natural como fuente de energía, ha amortiguado el aumento del consumo de coque, en el 2001 el consumo de coque representó el 32.33 por ciento (ver gráfica 3.10).

Gráfica 3.10
México: Consumo de energía en el sector siderúrgico (%), 1990-1999.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, Secretaría de Energía. Balance Nacional de Energía.

Por ser un gran consumidor de energía, el sector acerero contribuye a las emisiones de GEI³, las cuales están estrechamente relacionadas con la cantidad de energía consumida y la mezcla de combustibles fósiles utilizados. El consumo total de energía en el sector acerero está en función del volumen de producción, el proceso utilizado y la eficiencia de los procesos de producción, y de la mezcla del producto final (CANACERO, 2003).

Los impactos y manifestaciones que pueden producir los GEI al potenciar el aumento de la temperatura del aire y de la superficie terrestre son múltiples, entre ellos podríamos mencionar aquellos que se relacionan con el cambio climático de ahí su importancia.

“El calentamiento global es el primer resultado del cambio climático, siendo su causa el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. A medida que las emisiones de gases de efecto invernadero aumentan, se incrementan sus concentraciones en la atmósfera, es este aumento el causante del efecto invernadero más acentuado. Las vulnerabilidades que presenta México ante el cambio climático significan potenciales riesgos en materia de salud pública, producción de alimentos básicos, disponibilidad de agua, protección de ecosistemas y seguridad en asentamientos humanos e infraestructura”⁴.

³ Gases de efecto invernadero: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Oxido Nitroso (N₂O).

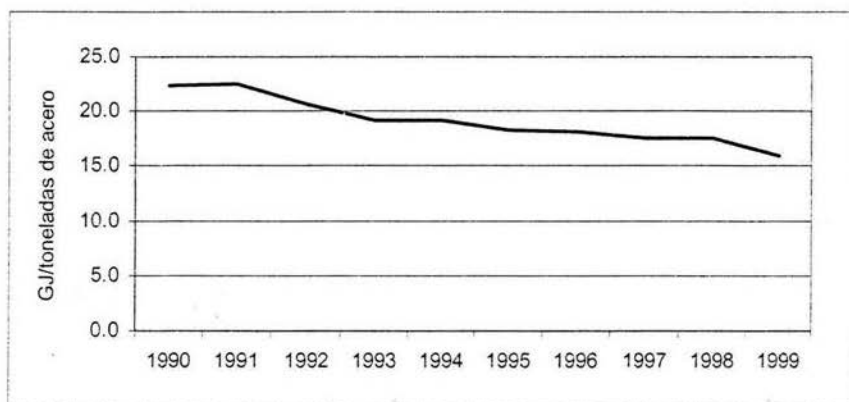
⁴ Comité Internacional para el Cambio Climático (1999), “Programa Nacional de Acción Climática” p. 7 y 19.

Intensidad de energía

El índice de consumo energético del sector siderúrgico mexicano disminuyó en la década de los noventa, según mediciones en GJ/ton de acero. Entre 1990 y 1999 la intensidad energética por tonelada de acero producido descendió 28.4 por ciento, desde 22.3 GJ/ton a 16.0 GJ/ton (ver gráfica 3.11). Las mejoras en cuanto a eficiencia se deben a la clausura en 1992 de los hornos de hogar abierto, al mayor uso de la colada continua, y al mayor uso de gas de horno de coque y gas de alto horno para la cogeneración de electricidad en las plantas integradas. Cabe agregar que la producción de HRD en México ha aumentado y se realiza con la tecnología HYL de gran eficiencia (CANACERO 2003).

Gráfica 3.11

México: tendencia en el consumo de energía del sector acerero, 1990-1999.



Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, Secretaría de Energía. Balance Nacional de Energía. y CANACERO (Varios años).

Según CANACERO (2003) la eficiencia energética del sector acerero de México aún tiene un gran potencial de crecimiento, en lo que se refiere a medidas para el ahorro de energía en las distintas etapas de los procesos de producción. El potencial de conservación energética en las grandes plantas integradas es alto. En estas plantas, la producción de pellet, de oxígeno y nitrógeno así como el tratamiento de agua se realizan in situ, esto incrementa el consumo de energía en comparación con las otras instalaciones en las que la energía correspondiente es consumida fuera del sitio, en las plantas del proveedor.

Además existe otro aspecto que no ha sido atendido, como ya se señaló anteriormente, existen procesos como la coquificación del carbón mineral que dan subproductos de alto poder calorífico que pueden ser utilizados como combustible en diversos procesos de la industria. En México esto no se ha hecho, el resultado no sólo es la pérdida de ingreso por no generar el subproducto sino también la generación de contaminantes y algunos componentes como el gas, aceite y alquitrán que son cancerígenos (Álvarez, 2000).

Contaminación del agua

La industria siderúrgica mexicana se encuentra entre las industrias que más contaminan el agua, a través de cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos (INE, 2002).

A lo anterior debe añadirse las grandes cantidades de agua que requiere el proceso productivo.

Durante la fabricación del acero, grandes volúmenes de agua son requeridos para apagar y granular la escoria. Para llevar acabo la laminación del acero, es indispensable el uso del agua, que permite enfriar el molde que recibe el acero líquido. Cabe mencionar además que el agua empleada en la granulación de escorias y en el desagüe de la planta de laminación en caliente, en ambos casos, tiene la presencia de sólidos suspendidos (Infoacero, 2003).

Pequeñas y grandes empresas

Las empresas grandes al participar en los mercados internacionales a través de la exportación de productos, se han visto en la necesidad de llevar a cabo políticas pro ambientales (Mercado, 2002).

Como se mencionó anteriormente, el sector siderúrgico mexicano ocupa el lugar número 16 como productor de acero a nivel mundial, ello ha incentivado a promover una trayectoria de conducta a favor del medio ambiente.

Sin embargo, el número de micro y pequeñas empresas supera al de las grandes. De acuerdo a (Domínguez, 1999) las PYMES al enfocarse esencialmente al mercado interno no desarrollan políticas enfocadas a adoptar medidas pro ambientales, ya que ello implica

grandes cantidades de inversión, que las PYMES no poseen, ya que la mayoría de ellas aún no cuentan con una posición económica sana.

En conjunto, se calcula que existen cerca de 300 empresas dedicadas a la fundición de chatarra para obtener hierros que son reutilizados industrialmente, todas trabajan con hornos viejos y tecnologías tradicionales que provocan grandes cantidades de contaminación (CANACERO, 2003).

Mercado (1999) y Domínguez (1999) mencionan que las micro y pequeñas empresas no han incursionado en la promoción de políticas pro ambientales porque éstas generalmente se encuentran dispersas, por tal razón es difícil su control e inspección por parte de las autoridades. Igualmente no cuentan con los recursos económicos necesarios para modernizar su planta productiva y el acceso a los créditos bancarios es limitado. Además, muchas de ellas no desean realizar inversiones para modernizar su planta ya que ello provocará un aumento de sus costos, incurriendo en una disminución de sus beneficios. Carecen de conocimiento tecnológico, que les permitiría identificar los problemas ambientales y resolverlos mediante la incorporación de nuevas tecnologías que no sólo disminuiría la contaminación sino que además podría disminuir los costos y aumentar la productividad a largo plazo.

Conclusión

La industria siderúrgica en México remonta sus orígenes a principios del siglo XX. Pero, no fue si no hasta la década de los noventa cuando se dio el proceso de modernización tecnológica de las empresas, orientando a la industria siderúrgica hacia la competitividad nacional e internacional, como resultado de la privatización del sector siderúrgico.

Una vez terminado el proceso de privatización el escenario económico del sector siderúrgico se resume de la siguiente manera. El valor agregado generado por la industria siderúrgica comenzó a registrar tasas de crecimiento anuales superiores a las registradas por la industria manufacturera. Sin embargo, en el 2001 se registró una disminución del valor agregado. La producción de productos siderúrgicos ha mostrado una tendencia creciente a lo largo del período de estudio. El consumo intermedio total de la industria siderúrgica se ha mostrado cíclico. Contrario a la tendencia observada en la producción, el empleo disminuyó durante la década de los noventa. La reorganización, la innovación, el aumento de las

inversiones, la aplicación de normas de calidad, trajeron consigo un aumento en el nivel de productividad laboral.

En lo referente al comercio exterior, tenemos que en el primer lustro de la década de los noventa las importaciones tuvieron un ritmo de crecimiento mayor que las exportaciones, presentándose una balanza deficitaria. Durante el segundo lustro de la década de los noventa la tendencia se revirtió.

La industria siderúrgica mexicana se ha caracterizado por sus economías de escala, y por sus altos niveles de concentración, durante 2001 la producción de acero se concentró sólo en 4 empresas.

Como se mencionó anteriormente, una vez terminado el proceso de privatización fue posible modernizar la planta industrial. Diversos desarrollos tecnológicos se presentaron a través de las 3 etapas básicas (reducción del mineral, fabricación del acero, laminación de acero) del proceso productivo, pero dos de ellos fueron determinantes en la mejoría de la eficiencia, el primero fue el uso expansivo de la colada continua, el segundo se refiere al uso de los hornos eléctricos. La modernización de la tecnología ha permitido reducir la dependencia de materias primas. En términos de impacto ambiental ha sido posible disminuir las mermas o desperdicios y reducir el consumo de energía. La tecnología también ha modificado la distribución de la producción de acero.

Sin embargo, como hemos visto anteriormente sólo las grandes empresas tal es el caso de Hylsamex., AHMSA, Sicartsa e Imexsa presentan avances tecnológicos debido a las grandes cantidades de inversión que son requeridas. Lo mismo sucede en la obtención de las normas de certificación. Sólo las grandes empresas cuentan con normas de certificación, para las micro y pequeñas empresas resulta complicado, ya que no cuentan con las inversiones necesarias para adquirir nueva tecnología en el proceso productivo, que permitiría alcanzar los estándares en términos de calidad y medio ambiente que exigen las normas. Se requiere además de una estrategia a largo plazo, siendo que las micro y pequeñas están más interesadas en sus beneficios de corto plazo.

Tenemos entonces que las grandes empresas tienen mejor desempeño ambiental que las pequeñas. La industria siderúrgica se encuentra altamente concentrada y heterogénea. Es de esperarse que la distribución del gasto ambiental refleje las mismas características.

Consecuentemente la mayor parte de las empresas que conforman el sector siderúrgico causan grandes daños al medio ambiente.

La industria siderúrgica, es el usuario industrial más grande de electricidad y coque, el segundo consumidor de gas natural, es la industria más importante del sector manufacturero en términos de consumo de energía. A lo largo de la década de los noventa ha incrementado su consumo de energía, alcanzando los niveles más alto en el 2000. Al consumir una gran cantidad de energía, el sector acerero contribuye a las emisiones de GEI, el impacto de los gases de efecto invernadero está estrechamente relacionado con el cambio climático, al generarse un aumento de la temperatura ambiental, el planeta se calienta ocasionando daños a la producción de alimentos, en la disponibilidad de agua, además de riesgos en la salud.

Debemos agregar además que la siderúrgica se encuentra entre las industrias que más contaminan el agua, a través de las diversas sustancias tóxicas que van a dar a los cuerpos de agua y por las grandes cantidades de líquido que son requeridos durante el proceso productivo.

El proceso de modernización ha permitido un aumento de la productividad de las empresas y al mismo tiempo ha disminuido los impactos negativos al medio ambiente, y aún hay oportunidades para seguir aumentando la eficiencia y reducir los niveles de contaminación sobre todo en las pequeñas y medianas empresas.

CAPÍTULO IV

GASTO AMBIENTAL EN EL SECTOR SIDERÚRGICO MEXICANO

En este capítulo se estudia el gasto ambiental del sector siderúrgico mexicano y su impacto en la productividad industrial. Está dividido en dos grandes secciones. La primera examina los determinantes del gasto ambiental en la industria y la segunda examina su impacto en la productividad.

Características del gasto ambiental en la industria siderúrgica

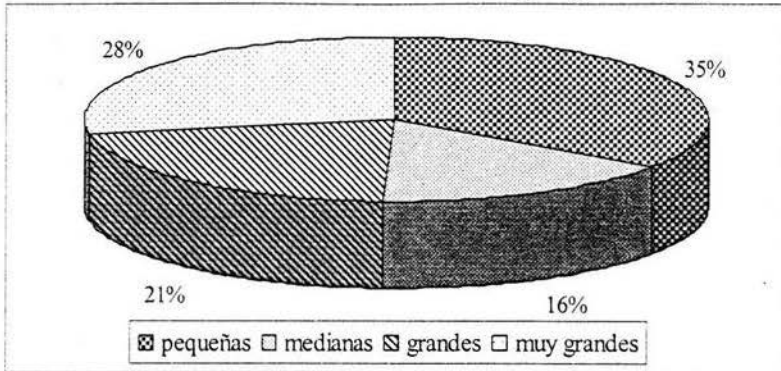
De acuerdo a la Encuesta Industrial Anual el gasto ambiental está compuesto por dos rubros: Gasto en investigación y desarrollo para controlar la contaminación y gasto en activos para el control de la contaminación. Esta sección está dedicada a analizar las características de las empresas que gastan en medio ambiente dentro de la industria siderúrgica mexicana.

Existen diversos estudios que analizan el comportamiento ambiental de las empresas, tanto en México como en otros países. Varios aspectos son mencionados: el tamaño, el origen del capital, sus mercados, su localización geográfica cerca de una zona urbana. A continuación se examinan estos aspectos. Nuestra fuente de información es la Encuesta Industrial Anual de varios años.

Gasto ambiental por tamaño

La composición de las empresas por tamaño, a partir de sus ventas⁵ es la siguiente: El 34.7 por ciento de las empresas están ubicadas como pequeñas, el 16 por ciento como medianas, 21.3 por ciento como grandes y 28.0 por ciento como muy grandes (ver gráfica 4.1). Es decir, la mayor parte de las empresas que constituyen el sector siderúrgico mexicano son pequeñas.

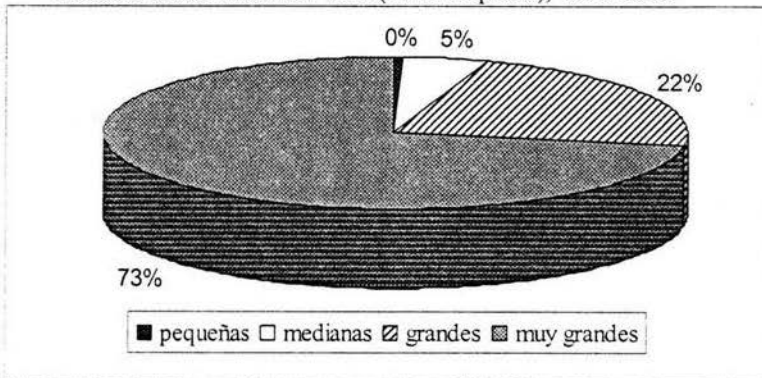
Gráfica 4.1
México: Clasificación por tamaño del sector siderúrgico (porcentajes), 1998.



Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Industrial Anual.

Al analizar el gasto ambiental total, tenemos que del total de la muestra, el gasto erogado por las pequeñas empresas es sólo el 0.45 por ciento, el gasto de las medianas fue del 4.86 por ciento, el de las grandes de 22.33 por ciento (ver gráfica 4.2).

Gráfica 4.2
México: Gasto ambiental total (miles de pesos), 1993-1998.



Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Industrial Anual.

La suma erogada por las muy grandes empresas durante el período 1993-1998 en gasto ambiental total ascendió a 137421.05 miles de pesos, lo que representa el 72.35 por ciento de la muestra.

Se puede observar que en general, los tamaños de empresa gastan una mayor

La suma erogada por las muy grandes empresas durante el período 1993-1998 en gasto ambiental total ascendió a 137421.05 miles de pesos, lo que representa el 72.35 por ciento de la muestra.

Se puede observar que en general, los tamaños de empresa gastan una mayor proporción de su gasto en el rubro de investigación y desarrollo para controlar la contaminación. Esta proporción declina con el tamaño. Así, las empresas pequeñas realizan 87 por ciento del total de su gasto en gasto en iyd para controlar la contaminación y el resto en gasto de inversión en activos. La proporción se invierte en el caso de las muy grandes.

La relación del gasto por establecimiento, así como el gasto por trabajador o por unidad de ventas es muy inferior en el caso de las pequeñas. Puede verse que en relación al promedio el gasto por establecimiento es sumamente bajo, representa el 33.06 en comparación con el promedio que es de 2499.44. La proporción de su gasto en las ventas fue de 0.5 por ciento, es muy ínfimo al compararlo con el promedio que fue del 2.1 por ciento. Lo mismo sucede con el gasto por trabajador, al registrar 6.97, se encuentra muy por debajo del promedio (ver cuadro 4.1). Contrariamente a lo que podría esperarse, su intensidad de energía es la segunda en importancia, lo que sugiere que su contaminación por nivel de producto no es despreciable.

Las medianas destinan la mayor parte de su gasto en I&D (70 por ciento). Son las últimas en intensidad energética. Esta variable relaciona el consumo de energía a una variable macroeconómica, en este caso se relaciona el consumo de energía y el valor agregado generado. Tenemos, que las empresas medianas requieren menos energía por unidad de valor agregado. El gasto por establecimiento se encuentra por debajo del promedio, lo mismo sucede con el gasto por trabajador. La proporción de su gasto en las ventas está por encima del promedio (ver cuadro 4.1).

Las empresas grandes destinan 69.7 por ciento de su gasto hacia la I&D. Tienen un comportamiento diametralmente opuesto a los anteriores estratos en cuanto a la inversión que dedican a la preservación del medio ambiente. El gasto por establecimiento está por encima del promedio al igual que el gasto sobre ventas o por trabajador. Son las terceras en intensidad energética (ver cuadro 4.1).

Por último las empresas muy grandes que son las primeras en intensidad energética aportan el 72.35 por ciento del gasto total de la industria. El gasto por establecimiento

(6543.86) es el más alto entre los distintos estratos, así como el gasto por trabajador (161.20). El gasto en relación a las ventas ocupa el segundo lugar (ver cuadro 4.1).

Cuadro 4.1
México: Clasificación del gasto por tamaño del sector siderúrgico, 1993-1998.

Tipo de empresa	Gasto en I & D	Gasto en activos	Gasto Total	Gasto / establecimiento	Gasto / ventas	Gasto / trabajador	Intensidad de energía
Pequeñas	747.50	112.00	859.50	33.06	0.005	6.97	1.63
Medianas	6469.17	2767.57	9236.74	769.73	0.023	25.29	0.83
Grandes	29551.31	12866.40	42417.71	2651.11	0.035	145.65	1.33
muy grandes	19577.68	117843.37	137421.05	6543.86	0.020	161.20	2.32
Total o promedios	56345.66	133589.34	189935.00	2499.44	0.021	84.78	1.53

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Industrial Anual.

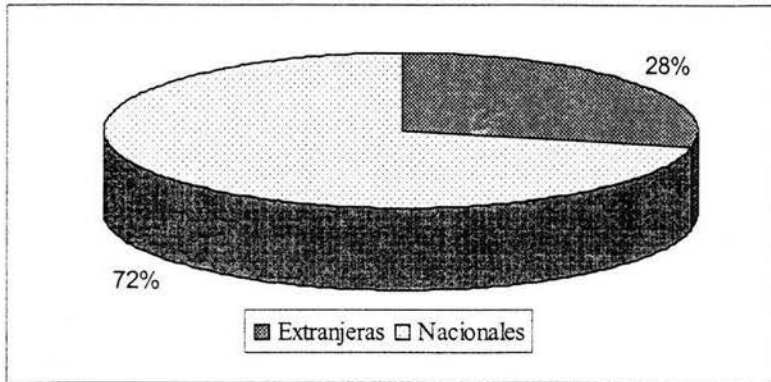
Resumiendo, las muy grandes son las empresas que más gastan, las pequeñas las que menos gastan, la tendencia es la misma al analizar el gasto por establecimiento y el gasto por trabajador. Para el total del tamaño de las empresas, el gasto en materia ambiental como porcentaje de sus ventas es mínimo. Las empresas muy grandes registran mayores niveles de intensidad seguida por las pequeñas. Las empresas medianas hacen un menor uso de energía por unidad de valor agregado generado.

Gasto ambiental entre empresas nacionales y extranjeras

El sector siderúrgico mexicano está compuesto principalmente por empresas nacionales. De la muestra estudiada 12 de ellas son extranjeras y 63 nacionales. Al analizar el gasto ambiental total que ha sido erogado por las empresas según la procedencia, encontramos:

El gasto ambiental total que erogaron las empresas extranjeras durante el período 1993-1998 ascendió a 54075.89 miles de pesos, lo que equivale al 28 por ciento de la muestra, las empresas nacionales gastaron 135859.11 miles de pesos, esto representa el 72 por ciento (ver gráfica 4.3). Las empresas nacionales gastan más en medio ambiente que las extranjeras.

Gráfica 4.3
México: Gasto ambiental total (miles de pesos), 1993-1998.



Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Industrial Anual

En relación a las diferencias del comportamiento del gasto por origen del capital, los establecimientos extranjeros gastan relativamente poco en investigación y desarrollo para controlar la contaminación (6.4 por ciento). El 93.6 por ciento se enfoca hacia el gasto en activos. Su intensidad energética se encuentra muy por debajo del promedio (0.78), lo que alude a que la contaminación generada por nivel de producto es muy baja. Con respecto al promedio el gasto por establecimiento es alto. No sucede lo mismo con el gasto por ventas y el gasto por trabajador, estos últimos se ubican por debajo del promedio (ver cuadro 4.2).

Las empresas nacionales destinan el 61.1 por ciento de su gasto ambiental total hacia activos para controlar la contaminación, el resto se enfoca a I&D. Su nivel de intensidad energético se encuentra muy por encima del promedio (5.33), lo que advierte sobre una alta intensidad de contaminación. El gasto por establecimiento se encuentra por debajo del promedio. Esto probablemente se debe a que las empresas que invierten en medio ambiente son una proporción del total menor que en el caso de las extranjeras. La proporción de su gasto en las ventas fue de 8 por ciento, es muy alto al compararlo con el promedio que fue del 4 por ciento. El gasto por trabajador muestra la misma tendencia, al registrar 294.77, se encuentra muy por encima del promedio (ver cuadro 4.2).

Cuadro 4.2

México: Clasificación del gasto según empresas nacionales y extranjeras, 1993-1998.

Tipo de empresa	Gasto en I&D	Gasto en activos	Gasto total	Gasto / establecimiento	Gasto / ventas	Gasto / trabajador	Intensidad de energía
Extranjeras	3462.28	50613.61	54075.89	4506.32	0.01	44.33	0.78
Nacionales	52883.38	82975.73	135859.11	2156.49	0.08	294.77	5.33
Total o promedios	56345.66	133589.34	189935.00	3331.41	0.04	169.55	3.05

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Industrial Anual.

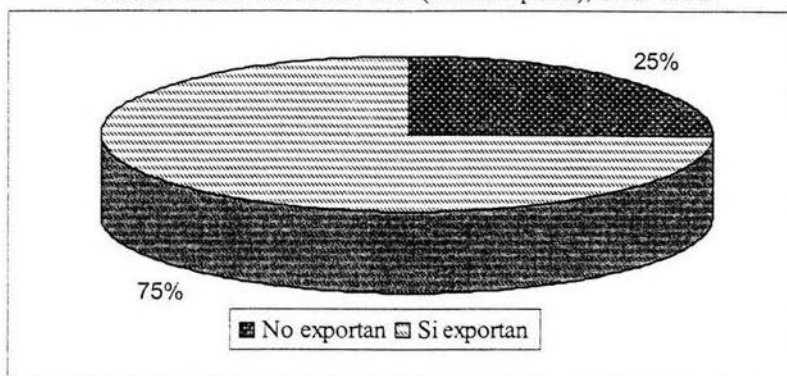
Recapitulando, las empresas nacionales gastan más que las extranjeras en medio ambiente. Sin embargo, el nivel de intensidad energético, registrado por las nacionales se encuentra muy por encima de las extranjeras. El gasto ambiental total por establecimiento de las empresas extranjeras fue mayor que el realizado por las empresas nacionales. Al analizar el gasto ambiental total como porcentaje de las ventas, tenemos que el gasto erogado por las empresas extranjeras representa una pequeña fracción de sus ventas al compararlo con el de las nacionales. El gasto ambiental por empleado registrado por las empresas nacionales es mayor que el de las extranjeras.

Gasto ambiental según si las empresas exportan

El 68 por ciento de las empresas que conforman la muestra exportan sus productos al extranjero. El resto (32 por ciento) dedican su producción sólo para el consumo interno.

El gasto ambiental total realizado por las empresas que exportan fue mayor que el efectuado por las empresas que no exportan. El 74.80 por ciento del gasto ambiental total procede de las empresas que exportan, el resto (25.2 por ciento) proviene de aquellas que no exportan (ver gráfica 4.4.). Esto se debe a que las empresas exportadoras ante la necesidad de ser más eficientes, productivas y de cumplir con las normas de calidad y certificación establecidas por los diferentes países y organizaciones realizan inversiones que permiten abatir los niveles de contaminación.

Gráfica 4.4
México: Gasto ambiental total (miles de pesos), 1993-1998.



Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Industrial Anual.

Las empresas que no exportan al igual que las que exportan destinan la mayor parte de su gasto ambiental hacia el rubro de gasto en activos.

Las empresas que no exportan tienen una intensidad energética menor al promedio (2.46). Erogan el 25 por ciento del gasto ambiental total, con un gasto por establecimiento también por debajo del promedio. El gasto en medio ambiente representó apenas el 1 por ciento de sus ventas, ubicándose muy por debajo del promedio. La misma tendencia se registró en el gasto por trabajador, este fue muy bajo (65.52) al compararlo con el promedio (ver cuadro 4.3).

Las empresas que exportan, destinan el 62.8 por ciento del gasto ambiental total hacia la compra o reparación de activos que permiten controlar los niveles de contaminación, el resto tiene como fin la I&D. La intensidad energética registrada se ubica por encima del promedio (3.65). El gasto por establecimiento se encuentra por encima del promedio, al igual que el gasto por trabajador. La proporción de su gasto en las ventas se ubica por encima del promedio, el gasto ambiental erogado equivale al 7 por ciento de sus ventas, a pesar de que el nivel es bajo, al compararlo con el de las empresas que no exportan, es significativo (ver cuadro 4.3).

Cuadro 4.3

México: Clasificación del gasto según empresas nacionales y extranjeras, 1993-1998.

Tipo de empresa	Gasto en I&D	Gasto en activos	Gasto total	Gasto / establecimiento	Gasto / ventas	Gasto / trabajador	Intensidad de energía
No exportan	3496.68	44355.56	47852.24	1993.84	0.01	65.52	2.46
Si exportan	52848.98	89233.78	142082.76	2785.94	0.07	273.58	3.65
Total o promedios	56345.66	133589.34	189935.00	2389.89	0.04	169.55	3.05

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Industrial Anual.

En suma, los niveles de gasto ambiental de las empresas que exportan se encuentran muy por encima de las que no exportan. El nivel de intensidad de energía de las primeras es mayor, sin embargo, se ubica levemente por encima del promedio. El gasto ambiental total por establecimiento erogado por las empresas que exportan fue mayor que el efectuado por las empresas que no exportan, lo mismo sucede con el gasto como porcentaje de las ventas y el gasto ambiental por empleado.

Gasto ambiental por entidad federativa

Al analizar el gasto ambiental según la entidad federativa en la cual se ubican las industrias, tenemos que del total de la muestra, el gasto erogado por el Estado de Michoacán representó el 29.5 por ciento, le sigue Veracruz con el 10.4 por ciento y Nuevo León con el 8.8 por ciento. Es importante señalar que sólo el 2.7 por ciento de las empresas se ubican en la entidad que eroga la mayor cantidad de gasto ambiental, en Veracruz se encuentra el 8 por ciento de las industrias, en Nuevo León el 10.7 por ciento.

Las entidades que registraron los niveles más bajos de gasto ambiental del total de la muestra fueron: Estado de México con el 0.2 por ciento, Chihuahua con el 0.5 por ciento. Cabe señalar que en el Estado de México se encuentra el 12 por ciento de las empresas, en Chihuahua sólo se ubica el 1.3 por ciento de la muestra (ver cuadro 4.4).

Cuadro 4.4

México: Clasificación del gasto según empresas nacionales y extranjeras, 1993-1998.

	Número de empresas	% de empresas	Gasto ambiental total	% del Gasto ambiental
Coahuila	2	2.7	4068.35	2.1
Colima	4	5.3	8445.93	4.4
Chihuahua	1	1.3	973.43	0.5
D.F	7	9.3	8033.78	4.2
Edo México	9	12.0	368.35	0.2
Michoacán	2	2.7	56062.68	29.5
Nuevo León	8	10.7	16678.65	8.8
Puebla	3	4.0	8570.19	4.5
S.L.P	6	8.0	6821.39	3.6
Tlaxcala	1	1.3	13400.86	7.1
Veracruz	6	8.0	19816.74	10.4
	18	24.0	46694.65	24.6
			189935	100

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Industrial Anual.

Determinantes del gasto para controlar la contaminación: revisión de la literatura

Los países en desarrollo han estado adoptando de manera rápida medidas que permiten el control de la contaminación industrial similares a las de los países desarrollados. Sin embargo, las regulaciones formales no siempre son efectivas debido: a una capacidad institucional limitada, por la carencia de equipo apropiado y una inadecuada información de las emisiones. Bajo tales condiciones se podrían predecir altos niveles de contaminación. No obstante, estudios elaborados por diversos autores han encontrado lo contrario. La evidencia muestra en países del sudeste asiático que a pesar de la débil regulación formal y de los carentes esfuerzos de abatimiento, hay muchas plantas limpias en los países en desarrollo del sur y sureste de Asia. Por supuesto que también hay muchas plantas las cuales tienen serios problemas de contaminación (Hettige, Huq y Pargal, 1996).

Existe una gama de estudios que analizan los determinantes del abatimiento de la contaminación tomando como una aproximación el gasto que las empresas erogaron para prevenir o abatir la contaminación. Estos estudios cuestionan supuestos de la teoría microeconómica tradicional en donde se supone perfecta información sobre todas las opciones técnicas y que se trabaja en un nivel óptimo. Por el contrario asumen que los "managers" por lo general tienen un conocimiento incompleto del nivel de producción óptimo y de las técnicas de optimización y de ahí que sea necesario estudiar los factores que afectan sus decisiones.

Estudiosos del tema mencionan que en México como en otros países en desarrollo, buena parte de las plantas cumplen con las regulaciones ambientales aún cuando el monitoreo y los esfuerzos de abatimiento son débiles o no existen. Generalmente, las firmas no reguladas disminuyen sus niveles de contaminación porque sus incentivos para abatirla provienen de otros factores diferentes a los llevados a cabo normalmente.

Estos factores provienen de condiciones económicas internas a la planta y otras externas, las cuales afectan las decisiones de abatimiento de emisiones industriales. Junto con las regulaciones gubernamentales, las presiones de los consumidores han sido citadas frecuentemente como una variable que contribuye en la determinación de incorporar un plan ambiental en la planta. Sin embargo, las corporaciones no sólo son afectadas por estos factores, sino que también influyen las presiones de los accionistas, empleados, grupos de vecinos, asociaciones de comercio y otros grupos.

El cuadro 4.5 incorpora la revisión de los trabajos empíricos más relevantes sobre el tema, en su mayor parte llevados a cabo en diferentes países en desarrollo. En esta revisión se destacan las variables utilizadas para examinar los determinantes de las decisiones relacionadas con la incorporación de programas para disminuir la intensidad de la contaminación en los procesos industriales por parte de las empresas. En segundo lugar se presentan las hipótesis de cada uno de los modelos y su metodología, veremos que algunos se llevan a cabo con encuestas realizadas ex profeso y otros con información censal. Finalmente se sintetizan los resultados más importantes.

Hay cierta coincidencia en algunas variables. Entre las variables externas a la empresa en primer lugar está la presión regulatoria. Esta variable se expresa en Hartman, Huq y Wheeler (1995) como las sanciones gubernamentales o la combinación de sanciones y monitoreo con Aden, Kyu – Hong y Rock (1995). En segundo lugar está una variable de gran trascendencia, la regulación informal, la cual tiene una gran influencia ante la presencia de la regulación formal escasa (Hartman, Huq y Wheeler (1995), Aden, Kyu – Hong y Rock (1999), Henriques y Sadorsky (1996)). En tercer lugar todos los modelos consideran al tamaño como un determinante en el abatimiento de la contaminación. Esta variable puede indicar por un lado economías de escala en el abatimiento de la contaminación (Hartman, Huq y Wheeler, 1995) o visibilidad y participación financiera (Henriques y Sadorsky, 1996), esta variable se mide a través del empleo o las ventas. Otra presión externa sobre la firma la constituyen los clientes. Esta última solo es utilizada por Henriques y Sadorsky (1996) y Dasgupta, Hettige y Wheeler (1995).

Entre las variables tocantes a las características de la empresa todos los modelos, excepto Henriques y Sadorsky (1996), consideran la edad del equipo como factor positivo ya que indica una mayor actualización tecnológica.

La educación es otro de los factores más utilizados. Esta se mide en Pargal y Wheeler (1995) como el porcentaje de empleados con educación superior al nivel primaria. Dasgupta, Hettige y Wheeler (1995) lo obtienen como la proporción de empleados con educación posterior a la secundaria.

Hartman, Huq y Wheeler (1995) hacen referencia a las propiedades del estado. Pargal y Wheeler (1995) se refieren a las propiedades privadas y a las propiedades del estado. Aden, Kyu – Hong y Rock (1999), establecen una diferencia entre la propiedad doméstica y la que

tiene como procedencia el extranjero, Dasgupta, Hettige y Wheeler (1995) se refieren a las plantas multinacionales, además hacen referencia a las plantas que son parte de una firma multidivisional.

Dasgupta, Hettige y Wheeler (1995) se refieren a la variable de accionistas como la proporción de la firma que es comerciada públicamente, Henriques y Sadorsky (1996) entienden esta variable como la importancia de las presiones que ejercen los accionistas para considerar un plan ambiental.

El ingreso per cápita y la localización son usadas en dos modelos Hartman, Huq y Wheeler (1995) y Pargal y Wheeler (1995). El valor agregado por trabajador es incluido en los modelos estimados por Pargal y Wheeler (1995) y Aden, Kyu – Hong y Rock (1999).

Otras variables son utilizadas en particular por algún modelo como por ejemplo: competitividad, tecnología limpia, financiamiento extranjero, producción, salario, precio del combustible, frecuencia de los reportes.

CUADRO 4.5

AUTOR	HIPÓTESIS	VARIABLES	MODELO	RESULTADOS
Hartman, Huq y Wheeler (1995) - País: Bangladesh, India, Indonesia y Tailandia - Industria: 26 plantas de papel y pulpa - Fuente: Con datos de una encuesta	Las plantas responden a presiones de las regulaciones gubernamentales, de compradores e inversionistas, pero también comunidades próximas las cuales sufren daños por la contaminación. Los esfuerzos de abatimiento se elevan fuertemente con el ingreso per cápita. Las características de la planta en cuanto a tamaño, tipo de propiedad y lazos con el extranjero condicionan los esfuerzos de abatimiento.	Variables de la comunidad G = Grado de regulación formal R = Una variable dummy de las presiones de la comunidad I = Ingreso per cápita L = Una variable dummy de la localización (cercana a las grandes ciudades) A = Edad del equipo de la planta Variables de la firma E = Empleo (para medir la escala a través de una especificación cuadrática) C = Competitividad P = Una variable dummy de las propiedades T = Una variable dummy de la tecnología limpia usada en el proceso de producción FF = Financiamiento extranjero	La variable dependiente es un índice que expresa los niveles de esfuerzo de abatimiento al final del tubo medido a través del gasto. $AEI = F(G, R, I, L, A, E, C, P, T, FF)$	A una R^2 de 0.87 tienen un efecto positivo: G (el grado de regulación), R (presiones de la comunidad), E (empleo) con un nivel de confianza del 1%. Al mismo nivel de confianza pero con un efecto negativo se encuentran: E^2 (la escala), y P (propiedades). A un nivel de confianza del 10 %, C (competitividad) tiene un efecto positivo y T (tecnología limpia) un efecto negativo. El resto de las variables no resultaron significativas. Con un segundo modelo a una R^2 de 0.752, y un nivel de confianza del 1% se obtuvo que I (ingreso per cápita,) tiene un efecto positivo. Con efecto negativo se obtuvo L (localización). A un nivel de confianza de 10% G (el grado de regulación) y E (empleo) tienen un efecto positivo, en tanto que E^2 (escala) tiene un efecto negativo. El resto de las variables no resultaron significativas.

CUADRO 4.5

AUTOR	HIPÓTESIS	VARIABLES	MODELO	RESULTADOS
Pargal y Wheeler (1995) - País: Indonesia - Industria: 243 fábricas de Indonesia (Contaminación del agua orgánica) - Fuente: Estadísticas (Oficina Central de Estadísticas de Indonesia) Censo Anual de Manufacturas	Las hipótesis son similares a las descritas en el modelo anterior.	Variables económicas: OUTPUT = producción WAGE = salario FUEL PRICE = precio del combustible JAVA = Una variable dummy para esta isla situada en Indonesia, esta isla importa materiales de islas menos desarrolladas, ello influye de manera significativa en los precios. Variables de la planta: VA/WORKER = Valor agregado por trabajador AGE = Edad de la planta FO = Propiedades privadas SO = Propiedades del Estado Variables de la comunidad: LE = Empleo local I = Ingreso per cápita GP = % de educación superior al nivel primaria PD = Densidad de la población	La variable dependiente es el log de las emisiones anuales de contaminación del agua orgánica. $\log \text{BOD Load} = f(\text{OUTPUT, WAGE, FUEL PRICE, JAVA, VA/WORKER, AGE, FO, SO, LE, I, GP, PD})$	A una R^2 de 0.31 y un nivel de confianza del 1% la variable OUTPUT (producción) y SO (propiedades del Estado) tienen un efecto positivo. La variable I (ingreso per cápita) tiene un efecto negativo. Al 10 % de confianza tiene un efecto positivo la variable PD (densidad de la población) y un efecto negativo las variables: JAVA (variable dummy de la Isla del mismo nombre), VA/WORKER (valor agregado por trabajador), LE (empleo local) y GP (% de educación superior al nivel primaria). El resto de las variables no resultaron significativas.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 4.5

AUTOR	HIPÓTESIS	VARIABLES	MODELO	RESULTADOS
<p>Aden, Kyu – Hong y Rock (1999)</p> <p>- País: Corea</p> <p>- Industria: 92 plantas manufactureras de dos sectores con altos niveles de contaminación (textil y plásticos, resinas, petroquímicas)</p> <p>- Fuente: Encuesta</p>	<p>1. Se espera que el gasto en abatimiento de la contaminación sea una función positiva del tamaño de la planta, de la productividad, de las presiones de la comunidad, y las sanciones. Y una función negativa de la edad de la planta y las propiedades.</p> <p>2. Se espera que las sanciones varíen negativamente de acuerdo a la frecuencia con la que las plantas reportan los resultados de su monitoreo y con los gastos para abatimiento en curso.</p>	<p>EMP: Empleo</p> <p>AGE: Edad de la planta</p> <p>SALES/EMP: Ventas por empleado</p> <p>OWN: Es una variable dummy de si las plantas son de propiedad doméstica.</p> <p>SN: Índice de la intensidad de sanciones gubernamentales impuestas a los agentes contaminantes por no cumplir con los estándares de emisiones.</p> <p>CP: Presiones que la comunidad ejerce sobre los agentes contaminadores.</p> <p>GM: Mide la intensidad de monitoreo gubernamental.</p> <p>SM: Refleja la frecuencia con la que las plantas elaboran sus propios reportes sobre emisiones.</p>	<p>Se uso el siguiente modelo de ecuaciones simultáneas:</p> <p>1. $PAE = f(EMP, AGE, SALES/EMP, OWN, SN, CP)$</p> <p>2. $SN = f(PAE, GM, SM)$</p> <p>La ecuación 1 estima el impacto de las características de la planta, sanciones de regulación y presiones de la comunidad en el gasto para abatir la contaminación.</p> <p>Se construyó una variable que jerarquiza el monitoreo del gobierno y se agrega la frecuencia con la que se monitorea y las visitas de inspección. En la ecuación 2 se estiman los determinantes de las sanciones regulatorias.</p>	<p>A una R^2 de 0.69 y un nivel de confianza del 1% el gasto hacia el abatimiento de la contaminación a nivel planta está asociado positivamente con el tamaño de la planta y el nivel de productividad.</p> <p>A un nivel de confianza del 5 por ciento se encontró una relación positiva con las propiedades de la planta y las presiones de la comunidad.</p> <p>El índice de intensidad de sanciones gubernamentales resultó positivo a un nivel de confianza del 10 %.</p> <p>La edad de la planta no resultó significativa.</p> <p>Con una R^2 de 0.31 y un nivel de confianza del 1% El índice de intensidad de las sanciones gubernamentales es una función positiva de la intensidad de monitoreo gubernamental y una función negativa de la frecuencia de monitoreo realizada por las mismas plantas, esta última a un nivel de confianza del 5 por ciento.</p>

CUADRO 4.5

AUTOR	HIPÓTESIS	VARIABLES	MODELO	RESULTADOS
Henriques y Sadorsky (1996) - País: Canadá - Industria: 750 firmas - Fuente: Cuestionario por correo.	La formulación de planes ambientales en la firma está influida positivamente por las presiones del consumidor, de los accionistas, de las regulaciones gubernamentales, de los vecinos y grupos de la comunidad. Pero está influido negativamente por otro grupo de presiones y por las cantidades de ventas que la empresa necesita colocar.	<p>Causa de las presiones ambientales: C = clientes SU = oferentes S = accionistas GR = regulaciones gubernamentales CC = costo de los controles ambientales E = empleados EO = organizaciones ambientales EG = realización de ganancias eficientes NC = vecinos / comunidad O = otros grupos como: iglesia, gentes nativas, grupos políticos</p> <p>Regulación ambiental: Para poder tomar dentro de la estimación las diferencias en la regulación industrial, fueron incluidas variables dummies de las industrias (sector comunicaciones, sector construcción, sector de recursos naturales, sector servicios, sector comercio (ID)).</p>	La ecuación para explicar la formulación de un plan ambiental es la siguiente: $FEP = f(C, SU, S, GR, CC, E, EO, EG, NC, O, ID)$	<p>En el modelo sin restricciones, las presiones ejercidas por los clientes, accionista, regulaciones gubernamentales, vecinos y grupos de la comunidad resultaron positivas y estadísticamente significativas a un nivel de significancia del 5%. En cuanto a las dummies de las industrias, el coeficiente estimado en la dummy del sector servicios es negativo y significativo a un nivel de 1%, mientras que los coeficientes estimados en las variables dummies del sector recursos naturales y el sector comercio son significativos a un nivel del 10%.</p> <p>En el modelo con restricción cada coeficiente estimado de las variables dummies de los sectores es estadísticamente significativo a un nivel de significancia del 10 %. Los coeficientes estimados para las presiones de las regulaciones gubernamentales y la variable dummy del sector servicios son significativos a un nivel del 1%, mientras los coeficientes estimados en las presiones de los consumidores, vecinos, otros grupos y la dummy del sector de recursos naturales fueron estadísticamente significativas a un nivel del 5%. Los coeficientes de las variables resultaron positivos, con excepción de las variables: presiones de otros grupos, dummies del sector comunicaciones, servicios y comercio.</p>

CUADRO 4.5

AUTOR	HIPÓTESIS	VARIABLES	MODELO	RESULTADOS
Dasgupta, Hettige y Wheeler (1995)	<p>- La función de costos de abatimiento marginal (MAC) se modificará según las plantas y características de la firma</p> <p>- Economías de escala en los abatimientos significa que las plantas grandes tendrán un nivel más bajo de MAC que las plantas pequeñas.</p> <p>- Las plantas dentro de una firma multiplanta tendrán un nivel más bajo de MAC.</p> <p>- Los diferentes sectores tendrán diversos problemas de abatimiento, se espera que MAC varíe por sector.</p> <p>- Las plantas con procesos de tecnologías nuevas tendrán un MAC más bajo.</p> <p>- Las plantas con trabajadores educados y con mayor experiencia de sus managers serán más eficientes y con un nivel bajo de MAC.</p> <p>- El grado y la calidad de la implementación de los sistemas de administración ambiental tienen un impacto significativo en MAC.</p>	<p>Los cuatro índices MGT son definidos por las siguientes cuatro variables:</p> <p>EM = Adopción de puntaje para la función de penalización marginal esperada (EM = f (regulación formal, acción de la comunidad local, propiedades, tratados de unión)).</p> <p>LA = ¿Existe una asignación significativa de trabajadores para trabajos ambientales?</p> <p>MG = ¿Al gerente ambiental siempre se le asignan otros trabajos?</p> <p>TR = ¿Se le da educación ambiental a los trabajadores que no la tienen?</p> <p>Las variables que se encuentran a la derecha de la primera parte de la ecuación son:</p> <p>Q = Tamaño (se mide de acuerdo al empleo)</p> <p>D = Multidivisional (mide si la planta es parte de una firma multidivisional)</p> <p>S = Variables dummies para los sectores de alimentos [FO], química [CH], metales [ME].</p> <p>V = Proporción del equipo adquirido desde 1990.</p> <p>N = Proporción de empleados con educación posterior a la secundaria.</p> <p>A = Grado de influencia de las políticas de regulación [RU]. Mide si la planta ha sido sometida a inspección regulatoria [IN].</p> <p>C = Grado de influencia de los vecinos y la comunidad.</p> <p>O = Proporción de firmas las cuales están comerciando públicamente [PU]. Variable dummy para las firmas multinacionales [MU].</p> <p>T = Grado de Influencia de los clientes y asociaciones industriales [BU]. Parte de la embarcación de la planta que va a los países de la OCDE [OC]. Parte de la embarcación de la planta que va a destino mexicano [ME].</p>	<p>El modelo se estimó a partir de un sistema de dos etapas.</p> <p>En la primera etapa, se estima la forma reducida del modelo la cual relaciona los índices de funcionamiento ambiental con otras variables:</p> <p>$MGT = f(Q, D, S [FO, CH, ME], V, N, A [RU, IN], C, O [PU, MU], T [BU, OC, ME])$.</p> <p>La segunda etapa de la ecuación relaciona el cumplimiento de los instrumentos del índice (MGT) y los determinantes de los abatimientos de costos en la planta.</p> <p>$COMPLY = f(E [EM, LA, MG, TR], S [FO, CH, ME], Q, V, N)$</p>	<p>En la primera parte del modelo la ecuación EM presenta una R^2 de 0.40 en su forma final. Las variables de: tamaño, multidivisional, proporción de empleados con educación posterior a la secundaria, grado de influencia de las políticas de regulación, tienen un efecto positivo. El resto de las variables no son estadísticamente significativas.</p> <p>La forma final de la ecuación LA tienen una R^2 de 0.10, las variables que resultaron significativas con un efecto positivo fueron: la proporción de empleados con educación posterior a la secundaria, las plantas que han sido sometidas a inspección regulatoria, la proporción de firmas las cuales están comerciando públicamente. El resto de las variables no resultaron significativas.</p> <p>La ecuación MG registró una R^2 de 0.18. Las variables que resultaron estadísticamente significativas y con un efecto negativo fueron: el tamaño y el grado de influencia de las políticas de regulación. Las variables restantes no resultaron estadísticamente significativas.</p> <p>A la ecuación TR le corresponde una R^2 de 0.14. Resultaron estadísticamente significativas y con un efecto positivo: el tamaño y la proporción de firmas las cuales están comerciando públicamente. El resto de las variables no son significativas.</p> <p>En la segunda parte del modelo, la ecuación COMPLY presenta una R^2 de 0.081, las variables que resultaron estadísticamente significativas con un efecto positivo fueron: EM, MG y TR, con un efecto negativo LA, y la dummy del sector metales. El resto de las variables no resultaron significativas.</p>

CUADRO 4.6
VARIABLES QUE INFLUYEN EN LAS DECISIONES DE ABATIMIENTOS DE LA CONTAMINACIÓN

Variables	Hartman, Huq y Wheeler		Pargal y Wheeler	Aden, Kyu - Hong y Rock	Henriques y Sadorsky		Dasgupta, Hettige y Wheeler				
	R ² = 0.87	R ² = 0.75			Sin restricción	Con restricción	1era etapa				2da etapa
							E	L	M	T	
Presión regulatoria	+	+		+	+	+	NS	-	NS	+	
Presiones de la comunidad	+	NS		+	+	NS	NS	NS	NS		
Tamaño	-	-	-	+	NS	+	NS	-	+	NS	
Clientes					+		NS	NS	NS		
Edad del equipo	NS	NS	NS	NS			NS	NS	NS	NS	
% educación superior			-				+	+	NS	NS	
Ingreso per cápita	NS	+	-								
Localización	NS	-	+								
VA / trabajador		-		+							
Accionistas					+	+	NS	+	NS	+	
Propiedades del Estado	-	NS	+	+			NS	NS	NS	NS	
Propiedad extranjera			NS				+	NS	NS	NS	
Competitividad	+	NS									
Tecnología limpia	-	NS									
Financiamiento extranjero	NS	NS									
Producción			NS								
Salario			NS								
Precio del combustible			NS								
Isla JAVA			-								
Frecuencia de reportes			-								

El cuadro 4.6 muestra un panorama de los principales resultados de los modelos reseñados. El mayor acuerdo ocurre en el caso de la regulación en donde el resultado es positivo y significativo. Con relación a las presiones de la comunidad, el efecto que prevalece es positivo y significativo, aunque en un modelo no resulta significativa. El tamaño de la planta no muestra tendencias definidas. Algunas veces resulta negativo, otras positivo, y en varios de los modelos no es significativo. La variable de clientes encuentra un efecto positivo en un modelo, en el otro no resultó significativa. La edad del equipo no resultó significativa en ninguno de los cinco modelos.

El porcentaje de educación superior no tiene un efecto definido, resulta significativo con un efecto negativo, significativo con un efecto positivo, en otro modelo no es significativo.

Entre las variables utilizadas solo en algunos modelos, el ingreso per cápita, la localización, y el valor agregado por trabajador también tienen resultados mixtos: en un modelo tiene un impacto positivo y en el otro el efecto contrario.

En la variable de los accionistas prevalece un efecto positivo y significativo. La variable de las propiedades del estado presenta efectos positivos y significativos en la mayoría de los modelos. Las propiedades con procedencia extranjera no resultaron significativas en casi todos los modelos.

La competitividad es positiva y significativa en un modelo, en el otro no resultó significativa. El mismo comportamiento se repite con la tecnología limpia, sólo que con un efecto negativo.

El financiamiento extranjero, la producción, el salario, el precio del combustible no resultaron significativas. Cabe señalar que todas ellas sólo fueron utilizadas en un modelo.

La frecuencia de reportes es empleada solo en un modelo y tiene un efecto negativo.

En resumen, en las últimas décadas se ha presentado un aumento de las plantas limpias en los países en desarrollo del sur y sureste de Asia. La tendencia es similar en el caso de México. Como se mencionó anteriormente la regulación informal resulta de gran trascendencia ante la casi nula regulación formal que ha caracterizado a estos países en desarrollo. Por tal razón es importante conocer los factores que influyen en la implementación de un plan ambiental. De acuerdo al análisis anterior las presiones regulatorias, las presiones de la comunidad y el tamaño constituyen los principales determinantes en el abatimiento de la contaminación. La edad del equipo no es significativa al considerarla como un factor que influye en los managers hacia la adopción de algún plan ambiental.

En México, la regulación ambiental formal, es un fenómeno relativamente nuevo, que se ha presentado a lo largo de la década de los noventa. Por tal razón los reguladores y las empresas aún se están adaptando a la era ambiental. Además, existe una incertidumbre considerable sobre la efectividad de las políticas de regulación ambiental sobre las plantas. Tenemos entonces, que existen una serie de factores de carácter informal que influyen en las decisiones de abatimiento de la contaminación. Cabría esperar que las variables que tiene efecto en las decisiones de abatimiento de la contaminación sean: las presiones regulatorias, las presiones de la comunidad, el tamaño, la educación, la propiedad del capital.

Modelo econométrico tipo logit

En la sección anterior se realizó una comparación sobre diferentes modelos econométricos que estudian los diversos factores que influyen en la decisión de los managers hacia la erogación del gasto de las empresas hacia el medio ambiente. La siguiente parte trata de hacer una estimación de las variables que influyen en la decisión de los managers de las empresas del sector siderúrgico mexicano para erogar una parte de su gasto a medio ambiente. Además, se analiza el impacto del gasto ambiental de las empresas siderúrgicas mexicanas en la productividad de las mismas. Cabe señalar que el análisis econométrico acerca de los determinantes del gasto ambiental y el impacto de la regulación ambiental en la productividad en el sector siderúrgico mexicano se enfrenta a varias restricciones. Por mencionar algunas de ellas, tenemos que no existen series largas del gasto ambiental, el gasto ambiental no incluye los gastos salariales.

PRIMERA ESTIMACIÓN

Fuentes de Información

Como se mencionó al inicio de este capítulo la fuente consultada fue la Encuesta Industrial Anual de varios años, la cual es publicada por INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática). La muestra incluye 75 observaciones, las cuales se encuentran conformadas por empresas que pertenecen al sector siderúrgico mexicano (rama 46).

Metodología

Para realizar esta investigación hemos seleccionado estimar un modelo de elección binaria. Los modelos de elección binaria asumen que los agentes se enfrentan con una elección entre dos alternativas y que la elección depende de características identificables. La intención de un modelo de elección cualitativa es determinar la probabilidad de que un agente con un conjunto determinado de atributos hará una elección en lugar de la alternativa. En este caso la especificación del modelo de elección binaria fue una regresión tipo logit. Este modelo es especialmente útil cuando nuestra variable dependiente es binaria debido a que presenta un mayor cumplimiento de los supuestos teóricos necesarios (normalidad). Este tipo de modelos son frecuentemente utilizados en las ciencias médicas para predecir la ocurrencia de una enfermedad a partir de varios predictores. En nuestro caso, el modelo buscará predecir la

ocurrencia del gasto ambiental a partir de un conjunto de variables que explicaremos mas adelante. A continuación se presenta brevemente las características del modelo.

De acuerdo a Pindyck y Rubinfeld (2001) el modelo logit se basa en una función probabilística acumulativa y se especifica como:

$$P_i = F(Z_i) = F(\alpha + \beta X_i) = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}} = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta X_i)}} \quad (1)$$

en la notación anterior: e se refiere a la base de logaritmos naturales y equivale a 2.718 y P_i es la probabilidad de una determinada elección, dado X_i .

El modelo especificado en la ecuación anterior puede estimarse de la siguiente manera: primero multiplicamos ambos lados de la ecuación por $1 + e^{-Z_i}$:

$$(1 + e^{-Z_i})P_i = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}}(1 + e^{-Z_i})$$

$$(1 + e^{-Z_i})P_i = 1$$

Dividimos entre P_i :

$$\frac{(1 + e^{-Z_i})P_i}{P_i} = \frac{1}{P_i}$$

$$(1 + e^{-Z_i}) = \frac{1}{P_i}$$

Como tercer paso, restamos 1, obtenemos:

$$(1 + e^{-Z_i} - 1) = \frac{1}{P_i} - 1$$

$$e^{-Z_i} = \frac{1 - P_i}{P_i}$$

Por definición sabemos que: $e^{-Z_i} = \frac{1}{e^{Z_i}}$, por lo tanto:

$$e^{Z_i} = \frac{P_i}{1 - P_i}$$

Aplicando logaritmo natural en ambos lados, de modo que:

$$Z_i = \log \frac{P_i}{1 - P_i}$$

Se puede expresar como:

$$\log \frac{P_i}{1-P_i} = Z_i = \alpha + \beta X_i \quad (2)$$

En la ecuación (2), el logaritmo de las posibilidades de que se hará una elección particular equivale a la variable dependiente (Z_i). Las variables independientes (X_i) hacen referencia a la categoría a la que pertenece cada observación. El modelo logit permite predecir las probabilidades de que ocurra un evento dentro de un intervalo (0,1).

Moreno (2003) menciona que el modelo logit es un modelo de tipo no lineal, habrá de calcular el odds ratio para cuantificar la magnitud de la asociación entre la respuesta y el factor de interés en una unidad.

$$\text{Odds - ratio} = \frac{\left(\frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta)}} \right) / \left(1 - \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta)}} \right)}{\left(\frac{1}{1 + e^{-\alpha}} \right) / \left(1 - \frac{1}{1 + e^{-\alpha}} \right)}$$

$$\text{Odds - ratio} = e^{\beta}$$

Especificación del modelo

Con la estimación del modelo se espera identificar cuales son los determinantes del gasto ambiental en las empresas del sector siderúrgico mexicano. Retomando las hipótesis en torno al perfil del gasto ambiental erogado por las empresas del sector siderúrgico mexicano que se presentaron al inicio de esta investigación se espera que la distribución del gasto ambiental refleje las mismas características de la organización industrial, es decir, que las grandes empresas tengan mejor desempeño ambiental que las pequeñas. Conforme las empresas alcancen un nivel de intensidad de energía igual o superior a la media se esperaría que las empresas destinaran parte de su gasto hacia el medio ambiente. A medida que las empresas contraten personal calificado se espera que aumente el gasto ambiental. Se espera que las empresas localizadas en el Distrito Federal y Edo. de México destinen una mayor parte de sus ingresos hacia medio ambiente debido al constante monitoreo por parte de las autoridades y a la estricta regulación ambiental, en tanto que en el resto de los Estados de la República las regulaciones ambientales se toman un tanto laxas. Se espera que las empresas cuya

producción tenga como destino la exportación, eroguen una mayor parte de su gasto hacia el medio ambiente, debido a las exigencias internacionales en torno a normas ambientales. Además, que permitiría cierta competitividad a los productos exportados versus los mismos productos o sustitutos cercanos ofrecidos por otros países. Aquellas empresas cuyo nivel de productividad es igual o se encuentra por encima del nivel medio, se esperaría que destinaran una mayor parte de su gasto hacia el medio ambiente, ya que las empresas que registran altos niveles de productividad se caracterizan por contar con procesos eficientes y productivos que ahorran: materias primas, agua, energía. Además, han implementado técnicas alternativas como el reciclado, estas medidas exigen una mayor erogación hacia el rubro de gasto ambiental.

El primer paso consiste en identificar las características que resultan estadísticamente significativas, de las empresas que deciden destinar una parte de sus ingresos al gasto ambiental, para ello, se estimó un modelo Logit. Donde la variable dependiente (GA) es una variable ficticia (dummy) que identifica con el número uno a los establecimientos que gastaron en medio ambiente durante el período 1993-1998 y con cero el caso contrario. La estimación específica del modelo es la siguiente:

$$GA = \beta_1 + \beta_2 Int + \beta_3 Cal + \beta_4 Loc + \beta_5 Epo + \beta_6 Pr o + \beta_7 Tam + e$$

donde:

Int = La intensidad energética se determinó como la relación que existe entre la energía y el valor agregado. Se marco como 1 cuando la intensidad energética del establecimiento se encuentra debajo del promedio (0.08), 2 cuando es igual al promedio, 3 es mayor que el promedio.

Cal = Es una proxy de la calificación de la mano de obra, se obtuvo como la relación que existe entre el total de remuneraciones y el total de personas ocupadas. Se usa 1 cuando la calificación se encuentra por debajo del promedio (191.14), 2 es igual al promedio y 3 es mayor al promedio.

Loc = Se refiere a la localización, 1 cuando pertenece a una de las principales ciudades (Edo. de México o Distrito Federal), 0 cuando no pertenece a una de las principales ciudades (el resto de los Estados de la República Mexicana).

Epo = Esta variable se refiere a las exportaciones de las empresas se usa 1 si las empresas exportan, 0 cuando no exportan.

Pro = Crecimiento de la productividad, 1 cuando la productividad se encuentra por debajo del promedio (713.25), 2 es igual al promedio y 3 es mayor al promedio.

Tam = El tamaño se determinó según el nivel de ventas, 1 cuando son pequeñas, 2 medianas, 3 grandes y 4 gigantes.

La intención del modelo es determinar la probabilidad de que los establecimientos que realizan Gasto Ambiental (GA) tengan las características representadas por las variables independientes.

Resultados

Las características estadísticamente significativas de los establecimientos que gastan en medio ambiente se deducen de los resultados del modelo Logit que se representan en el cuadro 4.7 y corresponden a:

Cuadro 4.7

Variable	Coefficien t	Std. Error	z-Statistic	Prob.	Odds ratio
C	-15.2666	4.7448	-3.2176	0.0013	
INT	2.2510	0.9781	2.3014	0.0214	9.4968
CAL	1.6279	0.7708	2.1121	0.0347	5.0932
LOC	0.6455	0.7888	0.8183	0.4132	1.9069
EPO	0.6934	0.6466	1.0724	0.2835	2.0005
PRO	2.4038	0.9913	2.4250	0.0153	11.0654
TAM	-0.2498	0.3497	-0.7143	0.4750	0.7790
McFadden R-squared	0.2331				

Fuente: Elaboración propia (software utilizado: E- Views).

Las variables que resultaron estadísticamente significativas al 90 por ciento de significancia fueron la intensidad energética, la calificación de la mano de obra y la productividad. Es decir, conforme las empresas se encuentran igual o por encima del nivel medio de intensidad energética, a medida que contratan personal calificado y conforme el nivel de productividad es igual o supera a la media, las empresas gastan en medio ambiente.

De acuerdo al odds ratio la variable que tiene más peso dentro del gasto ambiental es la productividad, es decir, conforme las empresas siderúrgicas aumentan sus niveles de productividad a través de procesos productivos más eficientes, los cuales pueden implicar el

menor uso de materias primas, agua, energía; el gasto ambiental erogado por dichas empresas aumenta, ya que la implementación de las medidas anteriores exigen una mayor erogación hacia el rubro de gasto ambiental. En términos del odds ratio le sigue la intensidad energética, luego la calificación. El resto de las variables no resultaron significativas. Es decir la localización, tamaño y exportaciones no son características distintivas de las empresas que gastan en medio ambiente. La R^2 de McFadden es de 0.23.

A continuación se estiman las probabilidades asociadas con las variables significativas del modelo Logit anterior. Los resultados aparecen en el cuadro 4.8 y se puede apreciar que la probabilidad más alta de que las empresas gasten en medio ambiente está asociada con la productividad de las empresas, le sigue la intensidad energética y posteriormente la calificación de la mano de obra.

Cuadro 4.8

Variables	Probabilidad	
	Gastan en medio ambiente	No gastan en medio ambiente
INT	90.47%	9.53%
CAL	83.59%	16.41%
PRO	91.71%	8.29%

Fuente: Elaboración propia (software utilizado: E- Views).

En el siguiente cuadro (4.9) se encuentra la clasificación de la predicción de las observaciones con una probabilidad mayor o menor a 0.5 de estar correctamente clasificadas. De manera general el modelo predice de manera correcta el 73 por ciento de las observaciones (en términos reales equivale a 55 observaciones), 81 por ciento corresponde a la probabilidad de predecir de manera correcta los datos que han sido identificados con 0 (no gastan) y 62 por ciento con 1 (sí gastan). Es decir, de las empresas que no gastan el modelo predijo sobre la base de 35 observaciones, de las que si gastan predijo sobre 20 observaciones. Sólo el 27 por ciento de las observaciones se predijeron de manera incorrecta. De las 75 observaciones que conforman la muestra 47 corresponden a una probabilidad de ser menores a 1 y 28 corresponden a una probabilidad de ser mayores a 1.

Cuadro 4.9

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)<=C	35	12	47
P(Dep=1)>C	8	20	28
Total	43	32	75
Correct	35	20	55
% Correct	81.40	62.50	73.33
% Incorrect	18.60	37.50	26.67

Fuente: Elaboración propia (software utilizado: E- Views).

SEGUNDA ESTIMACIÓN

Se procedió a realizar una segunda estimación, en la cual sólo se incluyeron a las empresas que gastan en medio ambiente.

Especificación del modelo

El criterio usado fue el siguiente: se eliminaron aquellas empresas cuyo gasto ambiental erogado durante el período 1993-1998 fue cero, se obtuvo el promedio de las que si gastaron en el período. Nuevamente la variable dependiente (GA/Ventas), es una variable ficticia (dummy). Donde:

$$Z_i \begin{cases} 1 & \text{para aquellos valores iguales o mayores al criterio que se estableció como} \\ & \text{media de la muestra (100).} \\ 0 & \text{para valores menores al dato que presentan la característica (100)} \end{cases}$$

El modelo se especifica de la siguiente manera:

$$GA/Ventas = \beta_1 + \beta_2 Int + \beta_3 Cal + \beta_4 Epo + \beta_5 Loc + \beta_6 Cap + e$$

donde:

Int = La intensidad energética se determinó como la relación que existe entre la energía y el valor agregado. Se marco como 1 cuando la intensidad energética del establecimiento se encuentra debajo del promedio (0.10), 2 cuando es igual al promedio, 3 es mayor que el promedio.

Cal = Es una proxy de la calificación de la mano de obra, se obtuvo como la relación que existe entre el total de remuneraciones y el total de personas ocupadas. Se usa 1 cuando la calificación se encuentra por debajo del promedio (235.388), 2 es igual al promedio y 3 es mayor al promedio.

Epo = Esta variable se refiere a las exportaciones de las empresas se usa 1 si las empresas exportan, 0 cuando no exportan.

Loc = Se refiere a la localización, 1 cuando pertenece a una de las principales ciudades (Edo. de México o Distrito Federal), 0 cuando no pertenece a una de las principales ciudades (el resto de los Estados de la República Mexicana).

Cap = Origen del capital de las empresas, 1 cuando son de origen extranjero y 0 nacional.

La intención de realizar una segunda regresión es determinar la probabilidad de que los establecimientos que erogaron una parte de su gasto hacia el gasto ambiental, por encima del criterio que se ha establecido ($GA/Ventas = 100$) tengan las características representadas por las variables independientes.

Los resultados esperados son similares a la regresión anterior. Para aquellas empresas cuya intensidad energética se encuentra en el nivel medio o por encima de éste, se espera que su gasto / ventas se encuentre por encima del criterio que se ha establecido. Conforme la calificación de la mano de obra de los trabajadores que laboran en la empresa se encuentre en la media o por encima de ella, se esperaría que la relación de gasto / ventas de las empresas presente el criterio señalado anteriormente. Si las empresas exportan se espera que el gasto / ventas de las mismas si presente el criterio señalado. Se espera que las empresas que se encuentran en el Distrito Federal y Edo. de México si cumplan con el criterio debido a que la regulación ambiental es más estricta en las dos principales urbes del país. Se prevé que las empresas cuyo origen de capital es extranjero cumplan con el criterio señalado anteriormente ($gasto / ventas = 100$) debido a la exigencia del comercio internacional en cuanto a la obtención de normas ambientales. Además, buena parte de la inversión extranjera proviene de países desarrollados, los cuales han hecho eficientes sus procesos productivos y han invertido en tecnologías limpias, de tal forma que han disminuido buena parte de sus residuos tóxicos, por lo que se esperaría que los planes de procesos de producción limpios de la empresa matriz se expandiera a las filiales que se encuentran en países extranjeros.

Resultados

Los resultados de la estimación aparecen en el cuadro 4.10. Como se observa en éste, al 90 por ciento de significancia las exportaciones resultaron significativas. Y a un 80 por ciento de significancia la calificación y el capital resultaron significativos. Es decir, cuando las empresas exportan, la parte que se destina al gasto ambiental en relación a las ventas se encuentra por encima del criterio establecido, como se mencionó anteriormente ello se debe a la exigencia de normas ambientales por parte de organismos internacionales y a la necesidad de los productos siderúrgicos de la industria mexicana de ser más competitivos dada la posible sustitución de estos por productos de otras regiones. El gasto / ventas de las empresas siderúrgicas es función de la calificación de la mano de obra, puede deberse a que los programas ambientales requieren un know-how básico, el cual sólo puede obtenerse cuando las empresas cuentan con ciertas capacidades para emprenderlos. De acuerdo a los resultados el capital tiene un efecto sobre el gasto / ventas, sin embargo, no es el efecto esperado. El signo del coeficiente (-1.85) nos indica que las empresas de origen extranjero no tienen impacto sobre el gasto que se destina a medio ambiente como porcentaje de las ventas, si no que son las de origen nacional las que cumplen con el criterio. Ello se debe a que la participación del capital nacional es importante en grandes como en pequeñas empresas. Al analizar el odds ratio, la variable que tiene más peso en el gasto ambiental como porcentaje de las ventas son las exportaciones, le sigue la calificación.

La intensidad y la localización no son características distintivas de las empresas cuyo gasto en medio ambiente como porcentaje de las ventas presentan el criterio.

La R^2 de McFadden es de 0.22.

Cuadro 4.10

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	Odds ratio
C	-5.479403	2.827165	-1.938126	0.0526	
INT	0.951605	0.799383	1.190424	0.2339	2.5899
CAL	2.267955	1.311492	1.729294	0.0838	9.6596
EPO	2.543387	1.135334	2.240211	0.0251	12.7227
LOC	1.609054	1.585128	1.015094	0.3101	4.9981
CAP	-1.857437	1.142060	-1.626391	0.1039	0.1561
McFadden R-squared	0.220372				

Fuente: Elaboración propia (software utilizado: E- Views).

En el cuadro 4.11 aparecen las probabilidades de las variables que resultaron significativas. La probabilidad más alta está asociada con la variable de exportaciones, le sigue la calificación y el capital.

Cuadro 4.11

Variables	Probabilidad	
	Gastan en medio ambiente (≥ 100)	No gastan en medio ambiente (< 100)
CAL	90.62%	9.38%
EPO	92.71%	7.29%
CAP	13.50%	86.50%

Fuente: Elaboración propia (software utilizado: E- Views).

En el siguiente cuadro (4.12) se encuentra la clasificación de la predicción de las observaciones con una probabilidad mayor o menor a 0.5 de estar correctamente clasificadas. De manera general el modelo predice de manera correcta el 72 por ciento de las observaciones (en términos reales equivale a 23 observaciones), 75 por ciento corresponde a la probabilidad de predecir de manera correcta los datos que han sido identificados con 0 (gasto / ventas < 100) y 69 por ciento con 1 (gasto / ventas ≥ 100). Es decir, de las empresas que no cumplen con el criterio el modelo predijo sobre la base de 12 observaciones, de las que si cumplen con el criterio predijo sobre 11 observaciones. El 28 por ciento de las observaciones no se predijeron de manera correcta. De las 32 observaciones que conforman la muestra 17

corresponden a una probabilidad de ser menores a 1 y 15 corresponden a una probabilidad de ser mayores a 1.

Cuadro 4.12

	Estimated Equation		
	Dep=0	Dep=1	Total
$(Dep=1) \leq C$	12	5	17
$P(Dep=1) > C$	4	11	15
Total	16	16	32
Correct	12	11	23
% Correct	75.00	68.75	71.88
% Incorrect	25.00	31.25	28.12

Fuente: Elaboración propia (software utilizado: E- Views).

Efecto del gasto ambiental en la productividad: revisión de la literatura

En esta sección se analiza el impacto del gasto ambiental en el desempeño de la industria siderúrgica mexicana, antes de realizar el análisis, se retomará brevemente el debate que existe en torno al impacto del gasto ambiental, el cual fue descrito en el capítulo 2.

De acuerdo a la teoría neoclásica cuando las empresas internalizan la externalidad ocurre un aumento en los costos de producción, la empresa se ve en la necesidad de disminuir su nivel de producción, por consiguiente, se presentará una baja en la productividad y una disminución de la rentabilidad. Gray y Shadbegian (1993) mencionan que ello puede deberse a que en la medición de los costos no se distingue entre insumos usados para la producción e insumos usados para el cumplimiento de la regulación, ello ocasiona una disminución de la productividad total de factores. Segundo, la regulación ambiental podría aumentar la incertidumbre de las firmas. En tercer lugar, cuando las empresas emprenden cambios de procesos, éstos pueden ser menos eficientes que los anteriores. Además, las inversiones ambientales pueden desplazar otras inversiones de las empresas que incidan sobre su productividad.

A través de la ecoeficiencia las empresas tienen un incentivo para obtener más valor a partir de menos insumos y con menores niveles de emisiones contaminantes. Para ello las

empresas deben ser innovadoras. Al respecto Porter y Van der Linde mencionan que las empresas competitivas son aquellas que han implementado regulaciones medioambientales. Una adecuada regulación medioambiental puede resultar en procesos y tecnologías innovadoras que en el mediano y largo plazo se traducirán en una disminución de los costos totales.

Recientemente Lanoie Paul y Patry Michel (2001), mencionan que una reducción de la contaminación frecuentemente coincide con aumentos en la productividad de los recursos usados. Basados en las hipótesis planteadas por Porter realizan un análisis empírico en tres direcciones: Primera, la hipótesis de Porter es dinámica, es decir, la regulación medio ambiental adoptada hoy afectará la productividad y el funcionamiento de las firmas una vez que el proceso de innovación se halla completado. Segundo, Porter sugiere que las empresas con altas emisiones contaminantes tendrán más oportunidades para identificar y eliminar las ineficiencias, por lo tanto, el efecto positivo de la regulación y funcionamiento podría ser más importante para las firmas que inicialmente contaminan más. Tercero, los argumentos de Porter mencionan que las empresas en industrias que están más expuestas a la competencia del extranjero tienen un mayor incentivo para innovar y reducir costos.

Los autores realizan un análisis empírico del crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) en el sector manufacturero de Québec. Para ello estiman una primera ecuación, la cual mide el crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF), a través, del índice Törnqvist. Se estima una segunda ecuación, en la cual se relaciona la proporción de crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) con el gasto ambiental en la industria i y el tiempo t , se incluyen tres rezagos consecutivos del gasto ambiental con la intención de incorporar la dinámica de la hipótesis de Porter, se incluye la escala, una variable de las fluctuaciones cíclicas, otra variable que captura la exigencia de la regulación en la seguridad y la salud laboral, además, se usa una variable dummy para las industrias y otra para el tiempo. Los autores encuentran que una regulación medioambiental más severa tiene un efecto positivo en el funcionamiento de las empresas una vez que el proceso de innovación ha sido asimilado. Las firmas con altos niveles de contaminación tienen más oportunidades para identificar y eliminar sus ineficiencias. Las firmas expuestas a competencia extranjera tienen incentivos para innovar y reducir costos.

Para estudiar el impacto del gasto ambiental en el desempeño de la industria siderúrgica mexicana se correrá una tercera regresión basada en el trabajo realizado por Lanoie Paul y Patry Michel (2001), ya que permite un análisis dinámico. Esperaría que la hipótesis de Porter fuera válida, es decir, que una mayor productividad o eficiencia de la empresa estuviera relacionada con la decisión de los managers para gastar en medio ambiente.

Modelo econométrico de datos de panel⁶

Especificación del modelo

Se especificó un modelo basado en una función de producción para medir el impacto del gasto en medio ambiente en la productividad de las empresas del sector siderúrgico mexicano. Retomando las hipótesis planteadas por Porter, se espera que el gasto ambiental resulte significativo y con un impacto positivo, aunque podría suceder que tenga un impacto negativo en el corto plazo tal como lo plantea Lanoie Paul y Patry Michel (2001). Como los autores antes mencionados lo han expresado, el proceso de aprendizaje de las empresas es gradual, por lo tanto, es necesario incorporar un rezago a la variable de gasto ambiental con el fin de adoptar un enfoque dinámico. Se espera que la variable rezagada tenga un mayor impacto en la productividad y que este sea positivo. Incluimos como variables de control: el comportamiento exportador, el origen de capital, los trabajadores, los acervos de maquinaria. Esperamos que las empresas que exportan presenten signo positivo, ya que se encuentran más expuestas a la competencia del extranjero, por consiguiente, tienen un mayor incentivo para innovar y reducir costos. Se espera que las empresas cuya procedencia de capital sea extranjero tengan signo positivo dado que tienen mayor capacidad para realizar inversiones directamente en medio ambiente o a través de la compra de nueva tecnología que sea más eficiente en el proceso productivo. La variable que se refiere a los trabajadores se espera tenga signo positivo, ya que el trabajo comprende los trabajadores cualificados y los trabajadores no cualificados, estaríamos suponiendo que el aumento de trabajadores implica que estos sean cualificados, el uso de estos últimos tiende a aumentar los niveles de productividad de las empresas. Se espera que el coeficiente de los acervos de maquinaria sea positivo puesto que la inversión en maquinaria nueva se traduce en procesos más eficientes que aumentan la productividad de la empresa.

⁶ Ver descripción de la técnica de panel en el anexo del capítulo.

Como ya se mencionó anteriormente el modelo utilizado en la tercera estimación es una función producción. La función de producción describe el nivel máximo de producción que puede obtener una empresa con cada combinación específica de factores. Se expresa de la siguiente manera:

$$d \log Y_{it} = dA_{it} / A_{it} + \beta_1 d \log L_{it} + \beta_2 d \log K_{it}$$

en donde $\log Y$ es el logaritmo del valor agregado, $\log L$ es el logaritmo del número de trabajadores y $\log K$ es el logaritmo de los acervos de capital, dA/A es el crecimiento de la productividad factorial. De acuerdo a la función de producción y a la hipótesis propuesta por Porter, podemos suponer que los factores que influyen sobre la productividad son los siguiente:

$$\log VA = \beta_1 + \beta_2 \log Gasto + \beta_3 \log Gasto_{t-1} + \beta_4 Exp + \beta_5 Kap + \beta_6 \log Trab + \beta_7 \log Maq + e$$

donde las variables son:

VA = Valor Agregado generado por las empresas siderúrgicas (es la variable dependiente).

Gasto = Gasto en medio ambiente. Se obtuvo como la suma del gasto en investigación y desarrollo y el gasto en activos.

Gasto_{t-1} = Gasto Ambiental con un rezago, captura el efecto dinámico sugerido por Porter (2001).

Exp = Exportaciones. Es una variable ficticia que toma el valor de 1 cuando las empresas exportan y de 0 cuando no lo hacen.

Kap = Origen del capital de las empresas. Se obtuvo como una variable dummy donde se asigno el valor de 1 cuando la procedencia de su capital era extranjero y 0 nacional.

Trab = Personas ocupadas que laboraban en las empresas siderúrgicas.

Maq = Acervos netos de maquinaria

La información abarca el periodo 1993-1998, lo que nos permite utilizarla en forma de panel. La base usada consta de 367 observaciones y 7 parámetros. El software utilizado es PC-Give.

Resultados

De la expresión estimada resultaron estadísticamente significativas al 90 por ciento de significancia el gasto ambiental, el gasto ambiental con un rezago, el capital extranjero, los

trabajadores y los acervos de maquinaria. De acuerdo a los signos de los coeficientes el gasto ambiental tiene un impacto positivo, es decir cuando las empresas gastan en medio ambiente los niveles de productividad aumentan, lo mismo sucede con el gasto rezagado. Las empresas de procedencia extranjera aumentan la productividad de la empresa. Una mayor contratación de personal equivale a mayores niveles de productividad. El aumento en los acervos de maquinaria eleva la productividad.

La R^2 que resultó de la estimación del modelo es alta (67 por ciento). La prueba Wald (joint) examina la significancia en todas las variables independientes de la regresión excepto la variable dummy (la constante), con una χ^2 con 6 grados de libertad la prueba resultó diferente de 0, por lo que aceptamos la hipótesis alternativa, es decir, las variables independientes son estadísticamente significativas. La prueba Wald (dummy) examina la significancia de todas las dummies (la constante), con una χ^2 con 1 grado de libertad la prueba es diferente de 0, por lo que aceptamos H_A , la constante es significativa en esta regresión. De acuerdo a las pruebas AR(1) y AR(2) no existe autocorrelación de orden 1, tampoco existe autocorrelación de orden 2 respectivamente (ver cuadro 4.13).

Cuadro 4.13

	Coefficient	Std. Error	t - value	t - prob
GASTO	0.071	0.006	11.600	0.000
GASTO(-1)	0.078	0.004	18.500	0.000
EXP	0.095	0.108	0.881	0.379
KAP	0.396	0.050	7.900	0.000
TRAB	1.419	0.060	23.800	0.000
MAQ	0.033	0.005	7.170	0.000
Constant	2.097	0.263	7.990	0.000
Sigma	1.1104	sigma ²	1.2329	
R ²	0.6694			
RSS	443.8618	TSS	1342.4943	
no. of observations	367	no. of parameters	7	
Wald (joint):	$\chi^2(6) = 4.490e + 005 [0.000] **$			
Wald (dummy):	$\chi^2(1) = 63.79 [0.000] **$			
AR(1) test:	N(0,1) = 1.823 [0.068]			
AR(2) test:	N(0,1) = 1.505 [0.132]			

Fuente: Elaboración propia (software utilizado: PC-Give).

En términos de elasticidades tenemos que un aumento del 10 por ciento del gasto ambiental aumenta la productividad en 0.70 por ciento. Cuando el gasto ambiental con un rezago aumenta en 10 por ciento la productividad aumenta en 0.77 por ciento, con ello probamos la hipótesis propuesta por Porter “la regulación medio ambiental (que implica erogar una parte del gasto hacia el medio ambiente) adoptada hoy afectará la productividad y el funcionamiento de las firmas una vez que el proceso de innovación y aprendizaje se halla completado”, es decir, conforme pasa el tiempo la variable gasto tiene un mayor efecto sobre la productividad de la empresa. En el mediano o largo plazo se podrán compensar los costos del cumplimiento de las normas

Como ya se ha mencionado la contaminación es una forma de pérdida económica, es una señal de que los recursos no han sido usados completamente, de manera efectiva y eficiente. La incorporación de medidas pro ambientales que permitan disminuir los desperdicios, sustancias tóxicas y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales influye en el mejoramiento de la productividad de las empresas, ya que permite además de una disminución en el verdadero costo económico y el cultivo del verdadero valor económico de productos una disminución de la contaminación y la preservación del medio ambiente. Es decir la productividad de los recursos, la mejora ambiental y la competitividad vienen juntas.

Es importante destacar que la mayor elasticidad corresponde a la variable de los trabajadores, un aumento del 10 por ciento en los trabajadores produce un aumento del 14.19 por ciento de la productividad, en términos de impacto le siguen los acervos de maquinaria. Otra variable que resultó determinante de la productividad de las empresas (aunque en menor medida), es la procedencia del capital, un aumento del 10 por ciento en el capital de origen extranjero provoca aumentos en la productividad del 0.24 por ciento (ver cuadro 4.14).

Cuadro 4.14
Elasticidades de las variables significativas

GASTO	0.071
GASTO(-1)	0.078
KAP	0.024
TRAB	1.419
MAQ	0.033

Fuente: Elaboración propia

Conclusión

Este capítulo analiza dos aspectos, el primero referente a los determinantes del gasto ambiental en las empresas del sector siderúrgico mexicano, en el segundo se examina el impacto del gasto ambiental erogado por las empresas en términos de la productividad. Para ello se corrieron tres regresiones.

En el cuadro 4.15 aparecen las variables que se utilizaron en cada regresión, las probabilidades más altas de aquellas variables que resultaron significativas en las dos primeras regresiones y las elasticidades más altas de las variables de la tercera regresión.

Cuadro 4.15
Resultado de las variables utilizadas

Variable	Si resultado significativa	No resultado significativa
Primera estimación	Intensidad Energética ** Calificación de la mano de obra *** Productividad *	Localización Tamaño Destino de la producción (nacional o extranjero)
Segunda estimación	Exportaciones * Calificación de la mano de obra ** Procedencia del capital ***	Intensidad energética Localización
Tercera estimación	Gato ambiental °°° Gasto ambiental con un rezago °° Procedencia del capital °°°° Trabajadores ° Acervos netos de maquinaria °°°°	Procedencia del capital

* Variables con las probabilidades más altas asociadas con la predicción de ocurrencia de la variable dependiente.

° Variables con las elasticidades más altas asociadas con la productividad de las empresas.

La primera regresión contempló a todas las empresas del sector siderúrgico mexicano y, a través de un modelo logit se predijo la ocurrencia del gasto ambiental a partir de un conjunto de variables. Se encontró que los determinantes del gasto ambiental de las empresas del sector siderúrgico mexicano son: la intensidad energética, la calificación de la mano de obra y la productividad. La localización, tamaño y exportaciones no son características distintivas de las empresas que gastan en medio ambiente. La probabilidad más alta de que las empresas gasten en medio ambiente, está asociada con la productividad de las empresas, le sigue la intensidad energética y posteriormente la calificación de la mano de obra.

La segunda estimación sólo incluye a aquellas empresas que erogan una parte de su gasto hacia medio ambiente, nuevamente se hizo uso de un modelo logit, aquí se encontró que las exportaciones, la calificación y el capital si tienen un impacto en las decisiones de los managers para gastar en medio ambiente. Sin embargo, la variable capital no tuvo el efecto esperado sobre el gasto / ventas, es decir, son las de origen nacional las que cumplen con el criterio, ello puede explicarse porque el número de empresas nacionales dentro de la muestra es mayor. La intensidad y la localización no son características distintivas de las empresas cuyo gasto en medio ambiente como porcentaje de las ventas presentan el criterio. La probabilidad más alta está asociada con la variable de exportaciones, le sigue la calificación y el capital

En la tercera estimación se utilizó un modelo en forma de panel, ya que este permite considerar las diferencias de tiempo. Resultaron significativas las siguientes variables: gasto ambiental, gasto ambiental con un rezago, procedencia del capital, trabajadores y los acervos de maquinaria. Al analizar las variables en términos de elasticidades encontramos que conforme se rezaga la variable de gasto ambiental se obtienen elasticidades más grandes. Con esto aceptamos la hipótesis planteada por Porter. La evidencia sugiere que para el sector siderúrgico mexicano el gasto ambiental erogado por las empresas tiene un efecto positivo en términos de su productividad en el mediano y largo plazo, es decir, una vez que se ha completado el proceso de aprendizaje e innovación. La mayor elasticidad corresponde a la variable de trabajadores, seguida por el gasto ambiental rezagado.

ANEXO

En el análisis de la información: económica, social, empresarial, comercial existen diferentes dimensiones a través de las cuales puede llevarse a cabo la estimación de un modelo. Una de estas dimensiones la constituye el análisis de series de tiempo, caracterizado por un análisis temporal (un período determinado de tiempo). La otra denominada de corte transversal, no incorpora el aspecto temporal, sino que elabora un análisis de la información en un momento determinado del tiempo (dimensión estructural), el elemento muestral es la unidad de análisis.

De acuerdo a Mayorga y Muñoz (2000) un modelo de panel, a diferencia de los anteriores, combina los datos de dimensión estructural y temporal. Al aplicar un modelo de panel, es posible capturar la heterogeneidad en el tiempo.

Al incorporar la dimensión temporal de los datos es posible realizar un análisis más dinámico, lo que enriquece el estudio de la información. Permite analizar dos aspectos:

- los efectos individuales específicos
- los efectos temporales

Los primeros se refieren a aquellos que afectan de manera desigual a cada uno de los agentes de estudio contenidos en la muestra, afectan de manera directa las decisiones que toman dichas unidades de estudio. En lo que se refiere a los efectos temporales, se dice que son aquellos que afectan por igual a todas las unidades individuales del estudio pero que no varían en el tiempo, como los choques macroeconómicos.

Según Mayorga y Muñoz (2000) la especificación general de un modelo de panel es la siguiente:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + X_{it}\beta + u_{it}$$

con $i = 1, \dots, N$; $t = 1, \dots, T$

Donde:

i = la unidad de estudio o el individuo (corte transversal)

t = la dimensión en el tiempo

α = vector de interceptos de n parámetros

β = vector de K parámetros

X_{it} = i -ésima observación al momento t para las K variables explicativas

El modelo de panel, al contrastarlo con los modelos de series de tiempo y de corte transversal, presenta una serie de ventajas: permite disponer de un mayor número de observaciones (aumento de los grados de libertad y reducción de la colinealidad entre las variables explicativas), resultando una mejor estimación econométrica. Al capturar la heterogeneidad no observable ya sea entre las unidades individuales de estudio o en el tiempo, es posible realizar pruebas de hipótesis para confirmar o rechazar la heterogeneidad y capturarla. El modelo de panel incorpora en el análisis, la heterogeneidad de los elementos a estudiar, en tanto, que los modelos de series de tiempo y corte transversal no lo hacen, resultando los últimos sesgados. Además, permite estudiar de manera más eficiente la dinámica de los procesos de ajuste, permite elaborar y probar modelos complejos acerca de comportamientos.

Una de las limitaciones del modelo de panel se asocia con los procesos para la obtención y el procesamiento de la información estadística sobre las unidades individuales de estudio, cuando la información es obtenida a través de encuestas, entrevistas, pueden presentarse problemas en la cobertura, las preguntas pueden ser confusas, puede existir distorsión deliberada de las respuestas.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El objetivo del presente trabajo ha sido el análisis de los determinantes del gasto ambiental en el sector siderúrgico mexicano y sus efectos en la productividad factorial.

Según la economía ambiental la contaminación es una externalidad que provoca un fallo en el mercado. En este caso las empresas no pagan los costos asociados a la contaminación que están produciendo, por lo tanto, estiman sus costos por debajo de los costos reales de producción, ello da como resultado un precio de mercado menor que el social. Por consiguiente, la empresa fija su producción a un nivel más alto que el que ocurriría si el precio de mercado coincidiera con el precio social, generándose contaminación. Este costo lo paga la sociedad. La solución es internalizar la externalidad a través de la asignación de precios a los daños. Sin embargo, esto provocará un aumento en los costos de producción de la empresa y por lo tanto será necesario disminuir el nivel de producción, se presentará una baja en la productividad y una disminución de la rentabilidad. En consecuencia, la internalización de la externalidad no resultará atractiva para las empresas. Existen algunos estudios empíricos que apoyan esta visión. Por ejemplo, Gray y Shadbegian (1993) mencionan que la regulación de la contaminación afecta la productividad negativamente, porque no se ha interpretado adecuadamente, cuando se evalúan los costos en la empresa con fines de estimar la productividad no se distingue entre los insumos usados para la producción y los insumos usados para el cumplimiento de la regulación. La regulación ambiental tiende a aumentar la incertidumbre de las firmas. Cuando las empresas emprenden cambios de proceso o administración, las nuevas medidas pueden llegar a ser menos eficientes que las antiguas. Finalmente, las inversiones ambientales podrían desplazar otras inversiones de las empresas.

Existe un punto de vista radicalmente diferente. La ecoeficiencia pretende alcanzar un desarrollo económico a la par de una utilización racional del medio ambiente, con respeto a sus límites "internos" y "externos". En particular, Porter (1995 y 1997) cuestiona la ausencia de aprendizaje y la visión estática de la economía ambiental. Los estudios realizados por Porter incluyen una visión dinámica y concluyen que las empresas internacionalmente competitivas son aquéllas que han implementado regulaciones medioambientales. Es decir, las empresas han logrado hacer coincidir su objetivo de mayor eficiencia y competitividad con la disminución y, más que nada la prevención de las emisiones. El mejoramiento en la

productividad de los recursos va más allá de la eliminación de los residuos tóxicos, ya que permite además una disminución del verdadero costo económico. Porter argumenta que la contaminación es una forma de pérdida económica la cual refleja que los recursos no han sido bien usados. En la opción alterna planteada por Porter la regulación medio ambiental puede reducir los costos de los productos después de un proceso de aprendizaje. Es decir, en el mediano o largo plazo será posible compensar los costos del cumplimiento de las normas.

Nuestro análisis sobre el sector siderúrgico muestra un sector con grandes transformaciones. A inicios de la década de los noventa el sector siderúrgico mexicano fue privatizado, con ello la industria siderúrgica captó la inversión necesaria para remodelar sus plantas. Pudimos apreciar que algunas de las tecnologías adoptadas eran más eficientes en energía y que las empresas disminuyeron mermas o residuos. Después de 1992, una vez terminado el proceso de privatización, el valor agregado generado por la industria comenzó a registrar altas tasas de crecimiento, incluso en el año de 1995 hubo crecimiento, ya que los productos siderúrgicos mexicanos se volvieron más competitivos en el mercado interno y externo. En términos de productividad, esta aumentó a partir del año de 1990, resultado de importantes transformaciones en sus plantas productivas.

Para examinar el perfil de las empresas que gastan en medio ambiente se realizaron dos estimaciones: la primera con toda la muestra y la siguiente con las empresas que tienen gasto positivo. En el primer caso, con un modelo logit postulamos un modelo que busca explicar la ocurrencia de gasto ambiental en función del tamaño, la intensidad energética, las exportaciones, el uso de mano de obra calificada, la productividad, el origen del capital y la localización. Se encontró que la probabilidad de que una empresa tenga gasto en medio ambiente depende de un nivel medio o alto de intensidad energética, la presencia de personal calificado en la empresa y de un nivel de productividad igual o superior al promedio. Es decir, los principales determinantes del abatimiento de la contaminación son la intensidad energética, la calificación de la mano de obra y la productividad.

En una segunda estimación (sólo incluye a las empresas que sí gastan en medio ambiente) se encontró que la probabilidad de que el gasto ambiental esté por encima del promedio depende de que la empresa exporte, de la presencia de mano de obra calificada y de la presencia de capital nacional.

Los resultados sugieren que la exigencia de la regulación ambiental de las autoridades mexicanas, así como la exigencia ligada al mercado internacional inducen a las empresas que exportan a erogar parte de su presupuesto en programas e inversiones relacionadas con el medio ambiente. La importancia de la contratación de personal calificado en la presencia de un gasto ambiental superior al promedio puede explicarse en el sentido de que los programas ambientales tienen un know-how básico que sólo empresas con ciertas capacidades pueden emprender. Un resultado interesante es que las empresas cuyo origen de capital es nacional, gastan más en medio ambiente. No obstante, ello podría deberse a la composición de la industria, en la cual la mayor parte de las empresas proceden de capital nacional.

La estimación para explicar el impacto del gasto ambiental en el desempeño de la industria siderúrgica mexicana, se basó en el trabajo realizado por Lanoie Paul y Patry Michel (2001), ya que permite un análisis dinámico. Se especificó una función producción en la que además del capital y el trabajo figuraban el gasto ambiental y el gasto ambiental con un rezago.

Nuestros resultados permiten comprobar que en el caso de la industria siderúrgica, el impacto ambiental no es negativo, sino al contrario. Esto es entendible a la luz de los programas reseñados en el capítulo 3. Una cuestión de mencionarse es que el gasto ambiental con un rezago tiene un efecto ligeramente mayor en la productividad que el gasto no rezagado. Esto sugeriría que tal como se señala en la hipótesis antes propuesta, basada en una visión dinámica de Porter "la regulación medio ambiental (que implica erogar una parte del gasto hacia el medio ambiente) adoptada hoy afectará la productividad y el funcionamiento de las firmas una vez que el proceso de innovación y aprendizaje se halla completado". Es decir en el mediano o largo plazo la regulación medio ambiental disminuye los costos de producción, esto incrementa la productividad de los recursos, haciendo a las compañías más competitivas. Una vez que el proceso de aprendizaje ha sido asimilado es posible compensar los costos del cumplimiento de las normas.

Algunas limitaciones de nuestra investigación pueden señalarse. En primer lugar, la muestra está sesgada a las grandes y medianas empresas. Como muestra es imperfecta y no cubre al universo de las pequeñas empresas. Además, algunas observaciones tuvieron que eliminarse por falta de información. En cualquier forma, esta omisión puede generar una sobrestimación del efecto del gasto en la productividad. Como es sabido, las pequeñas y

microempresas tienen escasas capacidades tecnológicas y tienen menor acceso a las tecnologías. De hecho en nuestra economía, existe una marcada dualidad entre el universo de las pequeñas empresas y el resto que sugiere que estas empresas carecen de recursos económicos para invertir en actividades de aprendizaje y recolección de información, en tal forma que cuando se enfrentan al cumplimiento de la normatividad ambiental, recurren a soluciones que no necesariamente se traducen en mayor eficiencia en el corto plazo, sino en un gasto.

También puede pensarse que el gasto ambiental no está bien reportado y no pueda percibirse su efecto completo en la productividad. De hecho, como se señaló en el capítulo 4, este gasto solo incluye equipos y no las remuneraciones del personal que labora tanto en la investigación y desarrollo dedicado al control de la contaminación, como el personal dedicado a la gestión del medio ambiente en la empresa. Sin embargo, en la medida en que la omisión es pareja en todas las empresas, se esperaría que no afecte el comportamiento entre las distintas observaciones.

Una limitación más fue la ausencia de información. No se contó con todas las variables idóneas presentes en otros estudios basados en encuestas *ad hoc*, por ejemplo la edad del equipo, las motivaciones explícitas de las empresas, los salarios. Sin embargo, a pesar de la falta de algunas variables, esta investigación utiliza el gasto ambiental, ausente en las otras y se cuenta con otras variables importantes para entender el comportamiento del gasto ambiental y sus determinantes. En todo caso nuestros resultados deben considerarse como una primera aproximación.

Quedan numerosas líneas de investigación abiertas para el futuro. Por ejemplo una comparación entre sectores poco contaminantes frente a otros con alta contaminación o sectores con alto nivel de competitividad frente a otros orientados al mercado interno. Un tema también pendiente se relaciona con las medidas de política que contribuyan a que empresas de menor tamaño logren los resultados que las grandes son capaces de lograr: menores costos - menor contaminación – mayor productividad (por lo menos no menor).

En nuestra opinión es necesario intensificar los programas de apoyo y asistencia técnica ambiental, como el del Centro de Tecnología + limpia, los créditos ambientales de Nafin. Por otra parte, es sabido que la vigilancia hacia la pequeña y microempresa es casi

nula. Por lo tanto, estas empresas no tienen un incentivo para atender el problema de la contaminación. Mejorar este aspecto ayudaría a motivar a las empresas a buscar soluciones.

Esto último es de suma importancia, ya que además de que las empresas logran aumentar sus niveles de productividad y ser más competitivas, es posible la mejora ambiental en un mundo donde las capacidades del planeta están llegando a su límite y la mayoría de los daños que se están causando son irreversibles. Aún es tiempo de lograr un desarrollo sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, Ma. de Lourdes, *Cambio tecnológico en la industria siderúrgica integrada (1992-1999)*, México, 2000.

_____, “Competitividad, comercio exterior y tecnología de la industria siderúrgica integrada en México”, en *Globalización y competitividad la industria siderúrgica en México*, México, Grupo editorial Miguel Ángel porrúa, 2002.

Aden J, et al., “What is Driving the Pollution Abatement Expenditure Behavior of Manufacturing Plants in Korea?” en *World Development*, Gran Bretaña, Elsevier Science Ltd, Vol. 27 No. 7, 1999.

Aduna, Lourdes, “Cumplimiento de la normatividad ambiental para la industria siderúrgica mexicana”, en *revista oficial de la CANACERO*, México, julio – agosto, Vol. VI, No. 37, 2001

_____, “La posición de la industria siderúrgica sobre el cambio climático”, en *revista oficial de la CANACERO*, México, julio – agosto 2001, Vol. VI, No. 37, 2001.

_____, “La siderurgia latinoamericana en el camino de la ecoeficiencia”, en *revista oficial de la CANACERO*, México, julio – agosto 2001, Vol. VI, No. 37, 2001.

Banco Mundial, *Staff appraisal report. Mexico Steel Sector Restructuring Project*, octubre, 1988.

Belausteguigoitia, Juan Carlos, “ Proyecto para la aplicación de instrumentos económicos a la solución de problemas ambientales”, en *Economía del medio ambiente en América Latina*, México, Alfaomega – Universidad Católica de Chile, 1999.

Bifani, Paolo, “El desafío ambiental como un reto a los valores de la sociedad contemporánea”, en *Fundación Universidad-Empresa*, España, 3ª ed, 1995.

_____, "El pensamiento económico y el sistema natural", en *Medio ambiente y desarrollo*, México, 3ª ed., Universidad de Guadalajara, 1997.

Brown, Flor, "Environmental performance in and trade liberalization in the Mexican textile industry", en *Industry and Environment in Latin America*, Gran Bretaña, Routledge Research Global Environmental Change, 2000.

Brown, Flor y Lilia Domínguez, *Estructura de Mercado de la Industria Mexicana*, México, 2002.

_____, "Medición del desempeño industrial en México una perspectiva metodológica", en *Investigación Económica*, México, enero - marzo, Vol. LXII, 2002.

CANACERO, Diez años de estadística siderúrgica, México, varios años.

CANACERO, *Perfil de la Industria Siderúrgica Mexicana*, México, varios años.

_____, "México y el incipiente mercado de emisiones de carbono", México, junio, No. 2, 2003.

_____, "Estrategia del desarrollo sustentable", en *Informe Anual 2002*, México, junio, No. 2, 2003.

Capra, Fritjof, "Ecología profunda: Un nuevo paradigma", en *La Trama de la Vida*, Barcelona, Anagrama, 1998.

Costanza, Robert et al., "CAPÍTULO 3. Problemas y principios de la economía ecológica", en *Una introducción a la economía ecológica*, México, CECSA, 1999.

Cruz, Soto, "Algunas repercusiones de la apertura comercial en la industria siderúrgica nacional" en *Contaduría y Administración*, México, FCA – UNAM, Núm. 200, enero – marzo, 2001.

Daly, Herman E., "Introducción a la economía en estado estacionario", en *Economía, ecología, ética*, México, F.C.E, 1991.

Dasgupta, Susmita et al., "What Improves Environmental Compliance? Evidence from Mexican Industry", en *Journal of Environmental Economics and Management*, 39, 2000.

Dominguez, Lilia, "Environmental performance in the Mexican chemical fibres industry in the context of an open market", en *Industry and Environment in Latin America*, Gran Bretaña, Routledge Research Global Environmental Change, 2000.

_____, "Comportamiento empresarial hacia el medio ambiente: El caso de la industria manufacturera de la Zona Metropolitana del Valle de México", en Mercado García, A. (coordinador), *Instrumentos económicos para un comportamiento empresarial favorable al ambiente en México*, México, Colegio de México / Fondo de Cultura Económica, 1999.

Espinosa, Gerardo, "Transformación y perspectivas de la industria del acero" en *Globalización y competitividad. La industria siderúrgica en México*, México, Grupo editorial Miguel Ángel Porrúa, 2002.

Guzmán, Alenka, *Las fuentes del crecimiento en la siderurgia Mexicana, innovación, productividad y competitividad*, México, Grupo editorial Miguel Ángel Porrúa, 2002.

Gray, Wayne B y Ronald Shadbegian, "Environmental regulation and manufacturing productivity at the plant level", en *NBER Working Paper No. 4321*, Estados Unidos, 1993.

Henriques, Irene y Perry Sadorsky, "The Determinants of an Environmentally Responsive Firm: An Empirical Approach" en *Journal of Environmental Economics and Management*, 30, 1996.

Hernández, Andres et al, *Trayectoria de modernización y calificación en la industria siderúrgica. Perspectivas para el siglo XXI. Estudio de caso de una planta en México*, Oficina Internacional del Trabajo Ginebra, 2003.

Hettige, Hemamala et al., "Determinants of Pollution Abatement in Developing Countries: Evidence from South and Southeast Asia" en *World Development*, Gran Bretaña, Elsevier Science Ltd, Vol. 24 No. 12, 1996.

INE, *Estudios para evaluar las tecnologías contaminantes en cinco ramas industriales*, México, 2002.

INEGI. Encuesta Industrial Anual, varios años.

INEGI, Estadísticas sectoriales, *La industria Siderúrgica en México*, varios años.

INEGI, Secretaría de Energía. Balance Nacional de Energía.

INFOACERO, "Proceso Productivo Siderúrgico", Chile, CAP, mayo, 2003.

Lanoie, Paul y Michel Patry, "Environmental Regulation and Productivity: New Findings on the Porter analysis", en *Scientific Series*, Montreal, CIRANO, septiembre, 2001.

Leff, Enrique, "Economía ecológica y ecología productiva", en *Saber ambiental*, México, Siglo XXI / Centro de Investigaciones Interdisciplinario en Humanidades UNAM / PNUMA, 1998.

Martínez, Alier, J., "Valoración de externalidades y de bienes ambientales", en *Curso Básico de Economía Ecológica*, México, PNUMA (1995).

Mayorga, Mauricio y Evelyn Muñoz, "La técnica de datos de panel, una guía para su uso e interpretación", en *Departamento de Investigaciones Económicas*, Costa Rica, septiembre, 2000.

Mercado, Alfonso y Oscar Fernández, "La contaminación y las pequeñas industrias en México", en *Comercio Exterior*, México, Bancomext, diciembre, Vol. 48, Núm. 11, 1998.

Mercado, Alfonso, "Environmental Assessment of the mexican steel industry", en *Industry and Environment in Latin America*, Gran Bretaña, Routledge Research Global Environmental Change, 2000.

_____, "Trayectorias de conducta ambiental de las empresas mexicanas", en *Comercio Exterior*, México, Bancomext, febrero, Vol. 52, Núm. 2, 2002.

Moreno, Víctor, *Modelos lineales generalizados*, 2003.

O'Connor, James, "Sobre la acumulación capitalista y la crisis económica y ecológica", en *Causas Naturales. Ensayos de marxismo ecológico*, México, Siglo XXI, 2001.

Palmer, Karen et-al, "Tightening environmental standards: the benefit-cost or the no-cost paradigm?", en *Journal of Economic Perspectives*, Estados Unidos, Vol. 9, Número 4, 1995.

Pindyck, Robert, y Rubinfeld Daniel, *Microeconomía*, España, Prentice Hall, Cuarta edición, 1995.

_____, *Econometría, modelos y pronósticos*, México, cuarta edición, Mc. Graw Hill, 2001.

Pearce, David, *Economía Ambiental*, México, Fondo de Cultura Económica, 1985.

Porter, *La ventaja competitiva de las naciones*, Buenos Aires, Vergara, 1991.

Porter, Michael y Calas van der Linde, "Toward a New Conception of the Environment – Competitiveness Relationship", en *Journal of Economic Perspectives*, Estados Unidos, Vol. 9, Número 4, 1995.

_____, "Green and competitive: ending the stalemate", en *Harvard Business Review*, Estados Unidos, Vol. 73, Número 5, 1995.

Sachs, Ignacy, *Ecodesarrollo: desarrollo sin destrucción*, México, El Colegio de México, 1982.

Salvatore, Dominick, *Microeconomía*, México, Mc Graw – Hill, 1978.

Schmidheiny, Stephan, *Cambiando al rumbo: una perspectiva global del empresariado para el desarrollo y el medio ambiente*, México, Consejo Empresarial para el Desarrollo Sustentable, Fondo de Cultura Económica, 1992.

Urquidí, Víctor, "Economía ambiental una aproximación" en *Comercio Exterior*, México, Bancomext, diciembre, Vol. 48, Núm. 12, 1998.

_____, "Limitantes y progresos en el comportamiento ambiental de las empresas mexicanas" en *Comercio Exterior*, México, Bancomext, febrero, Vol. 52, Núm. 2, 2002.

_____, "El problema de los desechos industriales en México" en *Comercio Exterior*, México, Bancomext, marzo, Vol. 52, Núm. 3, 2002.

Varian, *Microeconomía Intermedia: Un enfoque moderno*, Barcelona, Antoni Bosh Editor, 1987.

Varios autores, *Política ambiental y ecoeficiencia en la industria: nuevos desafíos en México*, México, Céspedes, 2000.

World Business Council for Sustainable Development, *Measuring Eco – efficiency. A guide to reporting company performance*, Suiza, 2000.