



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

DOCTORADO EN CIENCIAS ECONOMICAS

CAMBIO ESTRUCTURAL E INNOVACION
AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA
MEXICANA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS ECONOMICAS

P R E S E N T A

LILIA MARGARITA DOMINGUEZ VILLALOBOS

ASESOR DE TESIS: DR. ETELBERTO ORTIZ CRUZ

Mexico, D. F.

Noviembre de 2004

Dedico esta tesis a las cinco personas más importantes en mi vida:

José Antonio gracias por tu insistencia en la necesidad de trabajar para mi y por tu apoyo constante.

Alejandro y Adriana por los ratos que les quité por una tesis que tardó en llegar y un viaje prometido a Nueva York que no se dio.

Mi madre cuya energía y entusiasmo por la vida nos brinda un ejemplo a seguir.

A la memoria de mi padre.

Mi agradecimiento al Dr. Etelberto Ortiz, amigo y asesor de esta tesis, por su generoso apoyo a lo largo de este trabajo; a los sinodales, los doctores Fidel Aroche del *Posgrado de Economía de la UNAM*, David Barking del *Doctorado en Ciencias Económicas de la UAM*, Exequiel Ezcurra, del *Instituto Nacional de Ecología* y Carlos Montalvo del *Institute of Strategy, Technology Policy* en Delft, por sus acuciosos comentarios. En el mismo sentido, merecen mi reconocimiento mis colegas y amigos de la UNAM, en especial Flor Brown. Finalmente, gracias al Lic Abigail Durán del *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información* por su disposición para facilitarnos información y apoyo en la elaboración de las bases estadísticas, sin las que esta tesis no hubiera sido posible. Naturalmente, la responsabilidad de los planteamientos del trabajo y sus posibles errores es mía.

CONTENIDO

Introducción	1
Objetivo y marco teórico	7
Principales resultados	8
Estructura de la tesis	9
I. EL DEBATE SOBRE LA INNOVACIÓN AMBIENTAL Y SUS DETERMINANTES	11
1. ¿Es el gasto ambiental nocivo para la productividad y el crecimiento?	12
1.1. El medio ambiente como externalidad y el cuidado del medio ambiente como un costo para la empresa	12
1.2. Aprendizaje e innovación inducidos: "verde y competitivo"	14
1.3. Evidencia alrededor del impacto del gasto ambiental en la productividad	18
2. Hacia un marco teórico conceptual de la innovación ambiental	22
2.1. Los factores de oferta	23
La importancia de la dependencia de las trayectorias tecnológicas en las soluciones técnico- ambientales de la empresa	23
Sistema nacional de innovación y subsistema sectorial de innovación ambiental	25
Las capacidades tecnológicas empresariales	26
2.2. Los factores de demanda	29
El marco normativo	29
El mercado	31
La presión social	31
2.3. Determinantes de la innovación ambiental en México	32
II. EL ENTORNO INSTITUCIONAL EN MÉXICO	36
3. Entorno regulador, apertura económica e innovaciones verdes	37
3.1. Evolución de la política ambiental en México	37
3.2. Reglamentaciones e instrumentos	38
3.3. Apertura económica y medio ambiente	42
3.4. Reflexiones sobre el marco regulador	44
4. El subsistema sectorial de innovación ambiental en México	48
4.1. Programas de información, capacitación, investigación y consultoría tecnológica ligados al medio ambiente	50
Instituciones de educación superior pública y privada ligadas con la capacitación, investigación y asesoría de problemas ambientales a las empresas	52
Programas de asesoría e información ligados a asociaciones de productores o iniciativas empresariales	53
4.2. Programas de apoyo crediticio y financiero para las inversiones ambientales de las empresas industriales	55
4.3. Limitaciones del subsistema sectorial de innovación ambiental en México	57
III. CAMBIO ESTRUCTURAL, CAPACIDADES TECNOLÓGICAS E INNOVACIÓN AMBIENTAL EN LA EMPRESA MEXICANA	60
5. Propuesta metodológica	61
Estudios de caso	61
Análisis estadístico	63
Metodología para la medición de las capacidades tecnológicas	63
Metodología para el análisis de la asociación del gasto ambiental y la productividad	68
Fuentes estadísticas de información	69
Aspectos conceptuales en la construcción de variables	70
6. Estrategias empresariales favorables al medio ambiente: un enfoque de estudios de caso	76
6.1. Cuatro casos de interés	77
Caso 1. Aprendizaje tecnológico ligado al control y disminución de la contaminación con el apoyo de universidades y centros de investigación	77

Caso 2. Avance hacia la ecoeficiencia con base en una amplia experiencia de desarrollo tecnológico	82
Caso 3. Incentivos para el cambio y el aprendizaje a partir de los clientes: el caso de una empresa de pinturas y barnices	87
Caso 4. Posibilidades de la planeación de la producción para disminuir la contaminación: el caso de una industria de especialidades químicas.....	89
6.2 Estrategias empresariales en materia ambiental y aprendizaje	92
6.3. Conclusiones del capítulo	99
7. Modernización y distribución de las capacidades tecnológicas en la industria.....	102
7.1. Restructuración industrial y capacidades tecnológicas en la manufactura mexicana: un análisis de estadística descriptiva	103
7.2. Gasto empresarial dedicado al medio ambiente	108
7.3. Aspectos teóricos y conceptuales sobre la medición de las capacidades tecnológicas.....	110
7.4. Estimación de los índices de capacidades tecnológicas.	112
7.5. Distribución de las capacidades tecnológicas en la industria mexicana y características asociadas	116
7.5.1. Características de los agrupamientos.....	116
7.5.2. Distribución del gasto ambiental en los agrupamientos	118
7.6. Conclusiones del capítulo	120
8. Efecto del gasto ambiental en el desempeño de la empresa.....	124
8.1. Análisis con un enfoque de agrupamientos	124
8.2. Análisis econométrico	127
8.3. Conclusiones del capítulo	130
8. Efecto del gasto ambiental en el desempeño de la empresa.....	133
8.1. Análisis con un enfoque de agrupamientos	133
8.2. Análisis econométrico	136
8.3. Conclusiones del capítulo	139
III. LAS TAREAS POR VENIR.....	142
9. Conclusiones y recomendaciones	143
10. Bibliografía.....	154
11. SIGLAS	163

Introducción

La reflexión sobre las posibilidades del hombre para alterar los límites al crecimiento económico que impone el agotamiento de los recursos naturales ha dado lugar a un intenso debate. En los inicios de la década de los setenta el informe Meadows puso atención en las restricciones del medio ambiente al crecimiento exponencial del producto (Meadows, Meadows, Randers y Behrens, 1973). El mensaje es que debe restringirse el crecimiento, ya que en el largo plazo la Tierra tendrá una cada vez menor capacidad global para absorber la contaminación generada por las actividades económicas y el impacto sobre el crecimiento será más agudo.

A partir de los señalamientos de la Comisión Brundland en 1998 se inicia la discusión sobre las posibilidades de lograr un crecimiento de largo plazo compatible con la preservación del hábitat y los recursos naturales. Se plantea además la cuestión de las posibles consecuencias económicas que puede tener la atención brindada a la preservación del medio ambiente y su potencial efecto negativo en el crecimiento. Una posición extrema, la de la economía ambiental, plantea un trueque entre la atención al medio ambiente y la productividad (Repetto, 1990; Jorgenson y Wilcoxon, 1990). En esta perspectiva pesimista se advierte que no hay viajes gratuitos y que los gastos dedicados al cuidado ambiental implican necesariamente una caída de la productividad así como pérdida de crecimiento y de bienestar. La disminución del ritmo de productividad durante los setenta y ochenta se asocia con el nivel creciente de regulaciones ambientales.

En el otro extremo está la posición optimista que deriva del escrutinio crítico del informe de Meadows, el cual reveló que en esencia estos resultados dependen de los supuestos sobre la naturaleza del proceso técnico (Nordhaus, 1994). El cambio tecnológico se incorpora en la forma tanto de un incremento de una sola vez de recursos naturales, como de una reducción de la contaminación por unidad de producto. Se obtienen resultados muy distintos si se admite la presencia de progreso técnico continuo. Kuipers y Nentjes (1973) y Agion y Howitt (1996) demuestran que en un modelo neoclásico de crecimiento con contaminación hay campo para el crecimiento permanente del ingreso neto siempre y cuando el progreso técnico mejore la eficiencia ambiental y se base en el incremento de la mano de obra. La interpretación del impulso al crecimiento durante la década de los setenta y ochenta, por tanto, se explicaría en mayor medida por la menor inversión en investigación y desarrollo que por los gastos para abatir la contaminación.

En escala micro (Porter, 1991; Porter y Van der Linde, 1995) el planteamiento expresa la posibilidad de que las empresas, ante una regulación exigente, emprendan cambios técnicos que pueden considerarse innovaciones ambientales o innovaciones "verdes", que a la par que generan mayor eficiencia contribuyen a disminuir las emisiones a la atmósfera, agua o suelo. La visión porteriana pone en el centro de la discusión el aprendizaje en las empresas y la generación de innovaciones inducidas por la regulación. Sus casos dan abundantes ejemplos sobre la ocurrencia de innovaciones ambientales en diversas empresas.

Los críticos de Porter han cuestionado su evidencia porque se basa en estudios de caso (Palmer, Oates y Portney 1995). Frente a esto, la mayor parte de los trabajos empíricos sobre el tema (Denison, 1979; Gray y Shadbegian, 1993; Conrad y Morrison, 1985; Barbera y Mc Connel, 1990) examinan con técnicas econométricas la asociación entre los costos por acatar las regulaciones y la productividad de un sector industrial o la industria en su conjunto, con resultados que en la mayoría de los casos sugieren un efecto negativo en la productividad debido a que la regulación obliga a las empresas a internalizar los costos ambientales sin una contraparte productiva. Otros estudios más recientes abordan la misma relación en forma dinámica, dando la oportunidad de hacer un ajuste en el tiempo (Jaffe y Palmer, 1997; Lanoie, Patry y Lajeunesse, 2001). Al incorporar un rezago en el gasto ligado al cumplimiento de la regulación ambiental se aprecia que esta variable puede afectar de manera positiva la productividad. De ahí que la evidencia econométrica no sea concluyente.

En nuestra opinión estas posturas extremas no contribuyen a avanzar en el análisis del papel de la tecnología en la sustentabilidad con toda la profundidad que se requiere. Las propuestas de Porter (1991) y Porter y Van der Linde (1995^a) señalan que una regulación bien formulada puede alentar la ecoeficiencia porque hay aprendizaje para ambas partes, esto es, la parte industrial pero también los reguladores. Sin duda la regulación es un elemento fundamental del entorno institucional que influye en las decisiones sobre el medio ambiente. Las características de entorno regulador, su nivel de exigencia y la capacidad de las entidades del gobierno para hacerlas cumplir pueden influir en el grado y la velocidad con que las empresas atienden los problemas de la contaminación. Sin embargo, ésta es sólo un componente de la demanda que induce la innovación. Sin duda, es un ingrediente necesario, pero no suficiente para que ocurran las innovaciones en materia ambiental. Así, en tanto la hipótesis de que la internalización del costo ambiental necesariamente incrementa los costos, afecta la productividad e ignora la posibilidad de un aprendizaje, la hipótesis de que la regulación bien formulada genera aprendizaje e innovación tiende a sobre simplificar el problema.

Esta tesis busca profundizar en la dinámica de las decisiones empresariales en materia ambiental para determinar el alcance de las innovaciones para el cuidado del medio en la industria mexicana y analizar las características de las empresas que las realizan. Aunque todavía existen opiniones que señalan que la internalización de los costos ambientales afecta la productividad de manera negativa, la opinión de que la tecnología puede desempeñar un papel importante en el alcance del desarrollo sustentable empieza a tomar impulso. A nivel oficial se distinguen matices en esta posición. Así, el Consejo Europeo de Tecnologías Ambientales reconoce el potencial de la tecnología para crear sinergias entre la protección ambiental y el crecimiento económico desde su reunión en octubre de 1993, año a partir del cual se han venido definiendo líneas de acción que en tiempos recientes han culminado con un ambicioso plan de acción.¹ En México, no existe tal reconocimiento formal, pero en informes de CONACYT y la Procuraduría Federal del Medio Ambiente reportan logros en mayor eficiencia mediante programas para reducir emisiones y cumplir con la normatividad ambiental. Como se mostrará en esta tesis, las acciones en materia ambiental han cambiado en la última década; de tener un fuerte acento en tecnología de control y estar desconectadas de la estrategia competitiva de las empresas, se han adecuado a una creciente inserción internacional, coordinadas con el centro de sus actividades tecnológicas y de mercado con acento en el logro de mayor desempeño ambiental y eficiencia. Este proceso ha tenido lugar en el seno de empresas que en su mayoría son el eje del cambio estructural en la industria mexicana; la innovación ambiental, al igual que el proceso de modernización dista de haberse difundido en forma equitativa.

El proceso de cambio estructural de la economía mexicana en los últimos quince años ha implicado modificaciones profundas en distintos niveles. Entre las efectuadas materias de política económica destacan acciones eliminación de los subsidios, la flexibilización de la reglamentación de la inversión extranjera directa y la transferencia de tecnología, la desregulación de algunos servicios y la privatización de las empresas públicas.² Para la industria manufacturera mexicana, el paso fundamental fue el cambio en el régimen de comercio exterior para permitir la eliminación de las licencias para importar, la reducción de aranceles y la eventual firma de varios tratados de libre comercio. Cambiaron las reglas del juego y en un lapso

¹ Stimulating Technologies for Sustainable Development: An Environmental Technologies Action Plan for the European Union", COM(2004)38.

² La participación en la producción bruta de la industria manufacturera de las empresas públicas y estatales disminuyó del 16.3% en 1988 al 10% en 1993, Censos Industriales 1988, 1993, INEGI.

bastante breve las empresas industriales se encontraron en un entorno radicalmente distinto.

Hasta los años ochenta o poco antes, una cuarta parte del comercio de manufacturas consistía de productos en los que se daban simultáneamente exportaciones e importaciones por montos significativos. Para principios de los noventa, la mitad del intercambio de manufacturas con el exterior correspondía a una especialización de tipo intraindustrial, con cerca de 90% del total de las exportaciones. Las ventas manufactureras al exterior crecieron a una tasa mayor del 22%, promedio anual, de 1984 a 1993, y pasaron del 23 al 66 por ciento de las exportaciones totales. Por otra parte, las importaciones aumentaron a una tasa del 12.06% las manufactureras y 21% las importaciones totales (INEGI, 2000).

Los cambios anteriores dieron lugar al avance del proceso de modernización alentado sobre todo por la apertura económica y muy ligado a las exportaciones. En este proceso se identifican varios aspectos que van desde la introducción de tecnología basada en la electrónica en los métodos de producción, la aplicación de la informática en la administración y en la producción y el establecimiento de nuevas relaciones con los proveedores a fin de que éstos se comprometan a cumplir un conjunto de requerimientos de calidad y tiempos de entrega (justo a tiempo), hasta una serie de innovaciones de tipo organizacional, entre las cuales se incluyen las aplicadas en el proceso de trabajo, pero que van más allá de éste.³ Por otra parte, han surgido las llamadas regiones de "nueva industrialización" en el norte y centro de la República con empresas cuyo principal eje de actividad es la exportación (Dussel, Piore y Ruiz, 1997; Ruiz y Dussel, 1999). En otras palabras, se han forjado estrategias competitivas más agresivas con nuevas relaciones entre empresas que pueden ocupar también zonas distintas en el territorio nacional. No cabe duda que este proceso de modernización ha tenido un carácter altamente selectivo, con un núcleo fuerte de transnacionales, pero tampoco que un sector de la industria de propiedad nacional modificó sus estrategias competitivas para insertarse en el mercado internacional directa o indirectamente (Dutrenit, Vera Cruz, Arias Mercado, 2003; Domínguez y Brown, 1998; Dussel, 2001; Garrido, 1994).

En la década de los noventa la firma al TLCAN aceleró el desarrollo del marco regulador ambiental y el cambio institucional requerido para la aplicación de la política ambiental (CEPAL, 1998). Este marco ha evolucionado en cuanto a normatividad, incorporación de instrumentos voluntarios y mayor simplificación, aunque sin duda es

³ En este punto hay un conjunto de trabajos que documentan estos distintos aspectos en el proceso de modernización. Véase: Carrillo (1993); Micheli (1994); Domínguez (1993); Ramírez (1993).

perfectible. Se enfoca en las normas y el control, pero incluye pocos incentivos económicos. Hasta ahora se ha brindado atención preferencial a los focos contaminantes por su intensidad o volumen de emisiones, y poca a la micro y pequeña empresa como insistió Víctor Urquidi en distintos escritos (Urquidi, 1992; 1999; 2002). Sin embargo, hay evidencia relativa a que cumplir con la regulación es una de las motivaciones prioritarias de las empresas para el control de la contaminación (Mercado, 1999; Domínguez, 1999; Jenkins, 2000). Por otra parte, la sociedad se ha vuelto más consciente y exigente, de tal forma que algunas comunidades ejercen presión sobre las entidades gubernamentales para que se haga cumplir la normatividad en el caso de empresas aledañas.

En los últimos años, a partir de la apertura comercial y en particular desde la entrada al TLCAN, empresas con nexos con el mercado internacional han estado sujetas a presiones de mercado que las han hecho buscar ser más competitivas tanto en materia de eficiencia y calidad de sus productos como desde el de las exigencias del mercado internacional a fin de tener un estatus ambiental satisfactorio mediante la generación de innovaciones ambientales (Domínguez, 1995a y 1995b, 1990, 2000; Mercado, 1999, 2000).⁴ Dichas empresas están sujetas a un intenso escrutinio gubernamental, tanto en el país como en el exterior, lo que las ha inducido a seguir nuevos patrones de conducta empresarial para prevenir el impacto ambiental de sus actividades y a la vez elevar su eficiencia. En otras palabras se ha dado una convergencia de incentivos motivados por la competencia internacional, la política gubernamental y el sentido de responsabilidad social y ambiental de las empresas.

Las decisiones técnico-ambientales preventivas de la empresa, encaminadas al desarrollo de tecnologías limpias, implican un cambio en la forma de utilización de la energía, el agua y las materias primas. Este proceso también entraña la modificación en los procesos productivos y los insumos o bien el diseño de nuevos productos. En esta tesis se dan algunos ejemplos elocuentes de lo anterior. La recuperación comercial de ciclohexano y de gases de combustión fue posible gracias a ciertas modificaciones en los procesos productivos de una empresa. Con ello ésta logró convertir en fuente de ingreso lo que antes era una emisión nociva al aire. Ahora esta empresa inyecta de manera directa vapor a los reactores para reducir el consumo de vapor y energía, lo que permite reducir las emisiones y a la vez diversos ahorros energéticos. En otros casos el empleo de equipos programables acarrió una sensible disminución de retrabajos y mermas, al igual que el descenso de gastos en materia

⁴ Dalcomuni (1997) encuentra igualmente un núcleo de empresas que ha logrado hacer coincidir una mayor eficiencia con una mejoría en la prevención y control de la contaminación en Brasil

prima y desechos tóxicos. Ejemplos de cambio de insumos son el uso de solventes solubles al agua en empresas papeleras mexicanas y las pinturas libres de plomo.

Otros cambios son de tipo cultural, de la misma forma que lo fue el paso de la tecnología de masa a los métodos de producción ligeros (*lean production*) o a la gestión de calidad total (*TQM*). Las empresas se abocan a documentar su balance de materiales y a cuantificar las pérdidas implicadas en las salidas. Este es un primer paso. A menudo se pueden lograr cambios que no requieran inversión. Por ejemplo, hemos encontrado entre las empresas industriales un mayor cuidado en los lavados para disminuir el desperdicio de agua. En otra empresa observamos un cambio en la planeación del proceso de producción para minimizar la necesidad de lavados.

Todas estas modificaciones, por obvias que parezcan, hicieron necesario un conocimiento profundo de los procesos productivos o el diseño de productos e información tecnológica externa. El control y la prevención de la contaminación plantearon nuevos problemas que las empresas tuvieron que resolver con periodos de aprendizaje costosos en tiempo y recursos. La contabilidad ambiental hizo que una empresa tomara meses para lograr indicadores comparables entre procesos y plantas. Otras empresas debieron contratar personal especializado e invertir en investigación y desarrollo enfocada al medio ambiente. En algunas más se observó que siguieron la estrategia de vincularse con universidades, centros tecnológicos o instituciones de autoayuda empresarial que brindan consultoría técnico-ambiental. Esta colaboración interinstitucional permitió a las empresas complementar sus capacidades tecnológicas y de aprendizaje interno. Adicionalmente, muchas de estas empresas tuvieron acceso a créditos preferenciales (los pocos que hay), y a instrumentos fiscales con fines ambientales, pero sólo algunas lograron apoyo financiero para consultoría técnica. En otras palabras, sólo las empresas que han invertido para acrecentar sus capacidades de aprendizaje y resolver así sus problemas de contaminación han podido contrarrestar el gasto ambiental con un ahorro en costo, tal que incluso se da una relación positiva entre la productividad industrial y el gasto en cuidado ambiental.

Frente a este segmento de la industria, existe un vasto número de establecimientos que no cumplen con la normatividad ambiental. Los índices de cumplimiento reportados por la Procuraduría Federal de la Protección al Medio Ambiente (PROFEPA) distan de ser satisfactorios para el conjunto de la industria y son definitivamente más bajos en la microempresa.⁵ Ante este hecho los factores más mencionados son: i) un contexto en el que, en la práctica, es menor la exigencia para que las empresas de menor tamaño cumplan la regulación ambiental; ii) la

⁵ Informe de la Procuraduría Federal de la Protección al Medio Ambiente 1994-2000, en www.profepa.gob.mx.

insuficiencia de recursos financieros y el acceso limitado al crédito de las empresas micro y pequeñas; iii) escasa transmisión hacia las pequeñas empresas de los incentivos de mercado provenientes del mercado internacional y que inciden en el comportamiento exportador de las grandes empresas o sus proveedoras. Sin embargo, es necesario dirigir la atención a las características de las empresas mismas. Un hecho evidente es que el proceso de modernización ha sido altamente selectivo. Buena parte de la planta productiva mexicana, dentro de la cual se encuentran las empresas pequeña y micro, se caracteriza por su rezago tecnológico y sus muy desiguales capacidades tecnológicas e innovadoras aspectos que pueden influir en la calidad de sus soluciones para controlar o prevenir la contaminación. Un estudio realizado por el Centro Mexicano de Producción Más Limpia (CMP+L) cita como principales causas de la generación industrial de contaminantes, las siguientes: las malas prácticas operativas la falta de tecnología, procesos obsoletos, la falta de programas de mantenimiento, de capacitación y de compromiso con la normatividad, así como el tipo de tecnología. De esta manera puede decirse que las barreras tecnológicas tienen una ponderación importante en la relativa ausencia y difusión de innovaciones ambientales entre las empresas de menor tamaño.

Objetivo y marco teórico

Esta tesis busca demostrar que la presencia de innovaciones ambientales depende además de factores como la presión de la regulación y las comunidades, de los instrumentos de la política ambiental y los incentivos de mercado que estimulen a las empresas a cumplir con la normatividad, de la presencia de un entorno favorable al aprendizaje de la planta industrial, junto con un esfuerzo tecnológico decidido que incida en el comportamiento innovador de las empresas en la medida que les dan las herramientas necesarias para atacar el problema. La política ambiental tendrá un menor alcance en tanto no se entienda que detrás del escaso y desigual desarrollo en la calidad de la respuesta empresarial respecto al medio ambiente, hay un factor importante que debe atenderse: la heterogeneidad de las capacidades tecnológicas en la industria.

El efecto del gasto ambiental en la productividad industrial depende entonces de la medida en que las capacidades de aprendizaje en la planta industrial inciden en el comportamiento innovador de las empresas por el lado de la oferta, así como la presión reguladora y los incentivos de mercado presionan a las empresas a cumplir con la normatividad.

En otras palabras, las variables críticas en el análisis asemejan un tejido de interrelaciones que en un segundo plano traslucen el estado de la organización

industrial mexicana. Nuestra perspectiva sugiere una superposición en la distribución de los distintos niveles de gasto en medio ambiente de las empresas con la distribución de empresas con diversos niveles de inversión para el desarrollo de sus capacidades tecnológicas.

La consecución del objetivo de esta tesis requiere trabajar en un marco teórico conceptual que permita analizar los factores específicos de la generación de innovaciones relacionadas con la solución de problemas ambientales. Finalmente, la innovación ambiental es un caso particular de la innovación (Dalcomuni, 1997). Para realizar lo anterior nos ubicaremos en la perspectiva de la teoría de la innovación a la luz de las aportaciones de la teoría evolutiva del cambio técnico y del sistema nacional de innovación (Freeman, 1992 y 1994; Lundvall, 1992; Nelson, 1993). En este enfoque el cambio tecnológico se define como un proceso continuo para absorber o crear conocimiento técnico. Es acumulativo y depende de la trayectoria pasada (Dosi, 1988). Esto naturalmente influye en el sendero futuro de la tecnología ambiental (Ferrante, 1995; Freeman, 1992, y Kemp, 1993). El cambio técnico tiene un componente endógeno en función de las actividades económicas de la empresa, pero es ante todo un proceso sistémico en el que un conjunto de actores en distintos niveles se entrelazan e interactúan para la transmisión de conocimientos. Este conjunto de actores forman el sistema nacional de innovación. El desarrollo y la coherencia de este sistema constituyen el marco en el que se da el proceso de aprendizaje de la empresa. Cuanto más desarrollado y coherente, más favorable es el ambiente innovador. Por último, un elemento crucial en el análisis radica en el grado de desarrollo previo de las capacidades tecnológicas empresariales que dan lugar al aprendizaje y la adquisición de conocimiento. Al respecto Lall (1992) y Bell y Pavitt (1993) brindan aportaciones seminales para desmenuzar este concepto tan complejo.

Dentro de esta corriente se han dado aportaciones en los análisis realizados para examinar la innovación ambiental. Así Dalcomuni (1997) identifica como parte del sistema nacional de innovación un subsistema sectorial de innovación ambiental y ubica la innovación verde a partir de un complejo juego de interacciones entre empresas y reguladores, clientes, empresas consultoras, instituciones de investigación tecnológica o capacitación, agentes financieros y, finalmente, otras empresas. Es decir, las empresas son consideradas como el eje de una red de interacciones necesarias para la innovación ambiental. Montalvo (2003) advierte que las políticas ambientales están condenadas al fracaso, en tanto que no atienden el origen de los problemas sino los síntomas. Elabora un modelo conductual para explicar los factores de resistencia a la generación de innovaciones ambientales, lo cual permite cambiar

de foco la política ambiental a las fuentes de resistencia al cambio y constituye una visión fresca, distinta y penetrante en las propuestas de política.

Principales resultados

Con base en el análisis factorial establecimos índices complejos de estas capacidades y mostramos que la inversión en aprendizaje para la resolución de problemas ambientales está asociada con el nivel y la orientación de las capacidades tecnológicas en la empresa industrial mexicana. El análisis de agrupamientos que utiliza los resultados del análisis factorial y refleja distintos niveles y combinaciones de capacidades tecnológicas revela que el agrupamiento con mayor nivel es también el que genera cerca del 60% del gasto ambiental y tiene el nivel de productividad laboral y factorial más alto. Lo contrario pasa en el agrupamiento con menor nivel.

Finalmente el análisis econométrico reveló que hay un efecto positivo del gasto ambiental en la productividad, pero se da con rezago en el tiempo, en la misma forma en que el aprendizaje ocurre en forma gradual. La singularidad de este resultado frente al de otros análisis del mismo tipo es que éste sólo se da entre el grupo de empresas caracterizadas por un mayor nivel de desarrollo de las capacidades tecnológicas, tal como se había postulado en la hipótesis. En otras palabras, la presencia de innovaciones ambientales capaces de lograr un efecto contrarrestante de la internalización de costos ambientales y un efecto positivo en la productividad depende del desarrollo de las capacidades tecnológicas empresariales.

Estructura de la tesis

Esta tesis se divide en tres grandes secciones. La primera, "El debate sobre la innovación ambiental y sus determinantes" de carácter teórico tiene dos capítulos. El primero dedicado al debate sobre el efecto de la internalización de las externalidades del medio ambiente sobre la productividad y el crecimiento. El segundo recoge las aportaciones del enfoque neoschumpeteriano de la innovación para delinear el marco teórico-conceptual en el que fundamentamos nuestras hipótesis. La segunda sección está dedicada al análisis del entorno institucional mexicano que condiciona el comportamiento empresarial relacionado con el medio ambiente. En el capítulo 3 se analiza la evolución del marco regulador, los instrumentos económicos con fines ambientales, y los programas o instituciones de apoyo a la inversión ambiental. Nos interesa mostrar que el desarrollo de este marco es un fruto del proceso de cambio estructural de la economía mexicana y también cómo incidieron la apertura comercial y los compromisos adquiridos en los acuerdos internacionales. En el capítulo 4 se analizan las características del sistema sectorial de innovación en México, los programas e instituciones con las que la empresa interactúa en su proceso de

aprendizaje tecnológico ambiental. La tercera sección titulada Capacidades tecnológicas e innovación ambiental consta de cuatro capítulos. El primero (capítulo 5) presenta nuestra propuesta metodológica para el análisis de la innovación ambiental y su alcance en la industria mexicana. El capítulo seis está dedicado a examinar, mediante estudios de caso, la presencia de aprendizaje tecnológico ligado a soluciones ambientales en las empresas industriales, en las que el cumplimiento de la normatividad ambiental se hace coincidir con el objetivo de incrementar la competitividad. Al ser resultado de entrevistas en profundidad, estos casos identifican sus soluciones técnico-ambientales y los factores que las subyacen entre las empresas influyentes del medio industrial. El análisis es eminentemente cualitativo. No se pretende que estos resultados sean generalizables al conjunto de la industria mexicana, pero sí se considera que arrojan importantes lecciones tanto para otras empresas como de política.

El séptimo capítulo tiene dos objetivos. Por un lado, analizar y medir las capacidades tecnológicas empresariales, y por otro, clasificar las empresas de la muestra en cinco grupos, en función de sus capacidades, y a examinar las características de cada grupo según su actividad exportadora, el origen de su capital y el gasto ambiental erogado. El último capítulo de esta sección (capítulo ocho), está dedicado a examinar el efecto del gasto ambiental en el desempeño de las empresas mediante un modelo econométrico de panel.

La tercera sección, de un solo capítulo, presenta las conclusiones generales y las tareas por venir.

I. EL DEBATE SOBRE LA INNOVACIÓN AMBIENTAL Y SUS DETERMINANTES

1. ¿Es el gasto ambiental nocivo para la productividad y el crecimiento?

Este capítulo presenta las distintas corrientes en el debate sobre la innovación ambiental. Nuestro punto de partida obligado es la interpretación de la contaminación industrial por la economía ambiental y la necesidad de interiorizar los costos provenientes del daño ambiental provocado por la contaminación. El asunto es saber si existe la posibilidad de encontrar soluciones a la contaminación que sean compatibles con una mayor eficiencia, de tal forma que contrarresten el incremento de costos que para la empresa implica la interiorización de los costos sociales. La respuesta de la teoría ortodoxa es negativa. En esta revisión se expone en forma esquemática un modelo muy ilustrativo de esta posición. En la segunda sección se presenta la argumentación de la literatura de negocios de la corriente "verde y competitivo" y se examinan sus fortalezas y debilidades. En la tercera parte de este capítulo se revisan los trabajos empíricos más relevantes.

1.1. El medio ambiente como externalidad y el cuidado del medio ambiente como un costo para la empresa

Las predicciones sobre un efecto necesariamente negativo del gasto en abatimiento de la contaminación sobre la productividad y el crecimiento dependen, como se verá más adelante, de una visión específica de la innovación. Para demostrar lo anterior un primer paso es analizar el planteamiento de libro de texto sobre la contaminación. Después se revisará un modelo neoclásico de decisiones de la empresa en un entorno de regulación ambiental que establece cargos por efluentes para alentar el cambio tecnológico y abatir la contaminación.

La teoría económica analiza la contaminación como una externalidad, dado que la valoración de los costos de la empresa privada no considera el daño causado por su producción en términos de emisiones a la atmósfera, descargas al agua, generación de residuos sólidos y/o peligrosos. Como señalan Cropper y Oates (1992) la contaminación es un mal público que resulta de las descargas asociadas a la producción de bienes privados. Esta externalidad negativa implica que el costo social es mayor que el privado y la producción de la actividad contaminante es superior a la socialmente óptima. Es decir, en tanto no se consideran los costos externos impuestos a otros, los agentes contaminadores se comprometerán en actividades con excesivos niveles de contaminación

Para resolver de modo eficiente las externalidades ambientales se requiere que los agentes contaminadores enfrenten un costo en el margen de sus actividades contaminadoras igual al valor de los daños que producen. Es decir, dichos agentes

necesitan internalizar los costos de sus actividades contaminantes para que el nivel de producción corresponda con el socialmente óptimo. Con relación al medio ambiente, como en otro tipo de externalidades, la literatura propone varios tipos de controles, fundamentalmente normas que fijan estándares de emisión, cuotas de emisión, impuestos y permisos comerciables para contaminar. El objetivo es reducir los contaminantes ya sea obligando a la empresa a reducir su producción o haciendo que modifique el proceso productivo. En los tres casos se elevan los costos de la empresa, aunque en proporciones distintas, aspecto que puede hacer que un instrumento sea preferible al otro. Sin embargo, en todos los casos la eliminación o disminución de las externalidades ambientales implican costos adicionales.

Se estima que en Estados Unidos se han gastado más de un trillón de dólares para prevenir o reducir los daños ambientales en las últimas tres décadas (Jaffe, Portney, Peterson y Stavins, 1995). El planteamiento es que la sociedad debe considerar el balance entre los beneficios sociales y los costos ambientales para fijar los límites a la contaminación. Se argumenta que las regulaciones ambientales crecientemente estrictas al elevar los costos tienen un efecto negativo en la productividad. Como veremos más adelante hay una variedad de análisis econométricos que buscan examinar esta hipótesis.

Si bien la contaminación es una externalidad y los gastos de abatimiento internalizan los costos ambientales, cabe preguntarse si las empresas, ante las exigencias de la regulación, pueden cambiar a una tecnología más eficiente de abatimiento que impida que estos gastos afecten los costos de la empresa y, por tanto sus utilidades. La respuesta, conforme a los supuestos de la teoría tradicional, es negativa. El efecto negativo del gasto en abatimiento de la contaminación en la productividad y el crecimiento depende de una teoría de la innovación con supuestos restrictivos, tal como se expone en la posición de Palmer, Oates y Portney (1995) frente a Porter y Van der Linde (1995). Estos supuestos se refieren al comportamiento racional de la empresa: maximiza utilidades y opera en un mercado competitivo. Enfrenta conjuntos de producción dados, restringidos por las tecnologías disponibles y siempre trabaja en el óptimo; cada empresa conoce todas las oportunidades tecnológicas disponibles y puede decidir la mejor opción según los precios relativos. Esto implica que el gasto en investigación y desarrollo necesario para moverse de un nivel tecnológico a otro es conocido y los resultados perfectamente anticipables. En tal forma, si en un momento dado una empresa no ha considerado la opción de efectuar investigación y desarrollo, debe ser que el costo de ello movería a la empresa de una curva de costo a otra que excede la ganancia que podría obtener. Siguiendo a los autores, si la autoridad ambiental introdujera un estándar más exigente y orientado al

mercado que tomara, por ejemplo, la forma de un incremento en el cargo por efluentes, la empresa estaría pagando más por abatir la contaminación que antes, cuando los cargos eran más bajos. Las ganancias son necesariamente más bajas que cuando regía un cargo más bajo. Sin embargo, esto no implica que la empresa considere recurrir a la investigación y desarrollo porque, ya se había señalado que con un cargo más bajo, la empresa no consideraba que valiera la pena invertir en la nueva tecnología. Es decir, aún si la empresa invierte y adopta un nuevo y más eficiente nivel de abatimiento, si la tecnología no era deseable antes, sus beneficios no serán suficientes para elevar las ganancias si se elevan los estándares posteriormente.

En conclusión, la disyuntiva entre la regulación ambiental y la competitividad, tal como se plantea en el marco de la teoría microeconómica convencional, desecha la posibilidad de aprendizaje. La propuesta de política es uniformar las reglamentaciones ambientales e intentar que éstas, en lo posible, no interfieran con el comportamiento de los precios en los mercados, los cuales guían el comportamiento racional empresarial. En esta perspectiva, la regulación no puede generar nuevas innovaciones que las empresas no hubieran considerado, ya que trabajan en el óptimo.

1.2. Aprendizaje e innovación inducidos: "verde y competitivo"

En tanto que la visión ortodoxa es pesimista respecto a la potencialidad de las regulaciones para inducir innovaciones que incrementen la productividad de los recursos, otra corriente de pensamiento muy optimista sugiere la idea de conciliar el crecimiento industrial y la protección del medio ambiente. Entre las publicaciones más influyentes están las de Elkington, Knight y Hailes (1991) y Frances Cranicross, (1991), pero ha habido una amplia gama de artículos y libros en el mundo de los negocios, la mayor parte de los cuales están escritos en forma casuística, sin profundidad teórica y cuyo análisis se centra en las respuestas innovadoras de las empresas con la intención de hacer taxonomías de su comportamiento (Smart, 1992; Schmidheiny, 1992; Plasecki, 1995; Simone y Popoff, 1998).

Porter (1991) defiende las soluciones "ganar-ganar" para la relación entre la normatividad ambiental y los negocios. El autor cuestiona que el gasto erogado por las empresas para abatir la contaminación tenga por fuerza un efecto negativo en la productividad y la competitividad. El debate continúa con Porter y Van der Linde (1995), cuyo mensaje central es que el tema de la competitividad y el medio ambiente ha sido colocado incorrectamente en un marco de análisis estático en el que la reglamentación, la tecnología, los productos, los procesos y las necesidades de los clientes son fijos. Los autores analizan la innovación en el marco implícito de la innovación inducida. En este proceso los factores inductores son la competencia

dinámica, que implica presiones de competidores, clientes y reguladores. En su concepción el proceso real de la competencia dinámica se caracteriza por oportunidades tecnológicas acompañadas de información muy incompleta. Las compañías tienen numerosas avenidas para el mejoramiento técnico pero una atención limitada para ello. Más que innovar en todas las direcciones, las empresas hacen sus selecciones a partir de cómo perciben su situación competitiva y el mundo a su alrededor.

La regulación exigente y la utilización de instrumentos costo-efectivos pueden ser el elemento inductor de las direcciones de la innovación. Por tanto, se puede ser "verde" y competitivo. La razón por la cual puede darse una relación virtuosa entre el control de la contaminación y una mayor competitividad es que aquella es una forma de desperdicio. Las descargas de sustancias químicas tóxicas y las emisiones a la atmósfera constituyen una señal de que los recursos se han utilizado en forma incompleta o ineficiente.

En este contexto, una normatividad bien concebida puede desencadenar la innovación que de manera parcial o más que proporcional puede contrarrestar los costos de cumplir en gran medida con aquélla. Estas innovaciones compensatorias no sólo pueden bajar los costos netos de respetar las regulaciones ambientales, sino que pueden aun implicar ventajas competitivas en países lejanos no sujetos a estas regulaciones. En corto, las empresas pueden beneficiarse de regulaciones propiamente armadas que son más exigentes que aquellas a que se enfrentan sus competidores en otros países. Al estimular las innovaciones, las regulaciones estrictas pueden promover la competitividad.

En esta concepción hay dos tipos de posibles respuestas en materia de innovación: en primer lugar, las compañías aprenden del control de la contaminación incluyendo el procesamiento de los materiales tóxicos y las emisiones. Este tipo de innovaciones reduce el costo de cumplir con el control de la contaminación.

En segundo lugar, la innovación puede dirigirse a la mejora del proceso o sus productos. En el primer caso ocurre un mayor rendimiento del proceso por ahorro de materiales debido al reciclaje o a la mejor utilización de subproductos, menor gasto de energía, materiales y costos de confinamiento. Las innovaciones de producto se reflejan en mejoras, mayor calidad y seguridad, costos menores por sustitución de materiales o mayor valor de la chatarra por ser reciclable. En ambos casos las innovaciones compensatorias (*innovation offsets*) pueden exceder los costos de observancia.

Siguiendo a los autores, más que intentar innovar en todas las direcciones, las empresas hacen selecciones basadas en cómo perciben su situación competitiva y el

mundo que las rodea. En tal mundo, una regulación puede tener una influencia importante en la dirección de la innovación, para bien o para mal. En este sentido, es importante señalar que Porter y Van der Linde (1995) hacen hincapié en la forma de la regulación y no hablan de que cualquier innovación tenga el mismo efecto. La regulación cumple varios propósitos ligados con las innovaciones ambientales (compensatorias) cuando está bien formulada. En primer y más importante lugar, la regulación crea la presión que motiva la innovación y el progreso en una forma similar a como lo hacen los competidores o las alzas de precios. También puede señalar focos rojos de ineficiencia y mejoras tecnológicas potenciales. Si está dirigida a recopilar información, la regulación puede ayudar a incrementar la conciencia corporativa. Al reducir la incertidumbre, también estimula la inversión destinada a las innovaciones. Por último, como el potencial innovador no puede contrarrestar el costo total de cumplir, sobre todo en el corto plazo, o sea, antes de que el aprendizaje reduzca el costo de las soluciones basadas en éste, la regulación será siempre necesaria para mejorar la calidad ambiental.

De lo anterior se deriva que la normatividad rigurosa puede generar más innovación que la laxa. Este último tipo alienta respuestas no innovadoras de control, a menudo "al final del tubo". La regulación más estricta enfoca mayor atención a las soluciones primordiales, como la de reconfigurar productos y procesos. Los autores señalan la presencia de un proceso de aprendizaje: en tanto que las empresas tradicionalmente pasaron de concentrarse en controlar la contaminación a base de identificar, procesar y disponer mejor las descargas todos ellos procesos costosos, ahora se está adoptando de manera creciente el concepto de prevención de la contaminación reducción en la fuente con base en métodos como el de la sustitución de materias y los sistemas cerrados.

En el terreno positivo, los autores de la corriente "verde y competitivo" han contribuido a crear un enfoque más positivo entre los reguladores y las empresas para conciliar las actividades productivas y el cuidado del medio ambiente; para ello han hecho sugerencias concretas para formular la regulación y las estrategias gerenciales. Además han generado valiosa evidencia de estudios de caso para el análisis. Sin embargo, en este enfoque también hay algunos problemas serios. Como señala Dalcomuni (1997), es notable que a pesar del hincapié en la respuesta ambiental de las empresas hacia la regulación, en realidad no se analiza la relación entre ésta y la innovación "verde". Si bien la regulación puede ser un elemento inductor de la demanda, junto con los incentivos de mercado, habría que preguntarse si todas las empresas están en posibilidad de responder a este estímulo para generar innovaciones. La pregunta es similar a la planteada en el debate entre el papel de la

demanda o la oferta como elementos determinantes de la innovación y sugiere investigar los obstáculos a que se enfrentan las empresas para responder al estímulo de demanda que plantea el nuevo marco regulador. Tales obstáculos pueden relacionarse con el avance del conocimiento técnico, los recursos tecnológicos de la empresa y el sistema de apoyo a la innovación con que cuente cada país. Además como señalan Montalvo y Kemp (2004), los factores que afectan la innovación actúan en forma diferenciada, dependiendo de la especificidad de cada sector, de tal forma que no se puede afirmar que la regulación promueva la innovación sistémica hacia la prevención de la contaminación.

Las consideraciones anteriores destacan, por otro lado, que la empresa misma, al igual que su entorno económico y tecnológico, se han dejado de lado en la discusión. Un aspecto que debe tomarse en cuenta es que hay notables diferencias tecnológicas e institucionales entre países así como entre sus empresas, las cuales inciden en la capacidad innovadora de las empresas, de tal forma que la importancia del incentivo de la regulación ambiental también puede tener distintos efectos. Esta consideración es fundamental para el análisis de países semindustrializados como México, cuyo aparato productivo es altamente heterogéneo, con encadenamientos sectoriales débiles y escasa tradición de interacción entre sus empresas y centros tecnológicos o de educación superior y entre las empresas mismas. Consideramos que es necesario examinar estos aspectos para entender las interacciones de la regulación ambiental y la innovación. Antes de pasar a los conceptos que la teoría neoschumpeteriana de la innovación se presentan algunos de los trabajos empíricos más relevantes.

1.3. Evidencia alrededor del impacto del gasto ambiental en la productividad

Los primeros análisis que previnieron sobre un efecto negativo del gasto ambiental en la productividad datan de los setenta en Estados Unidos. El rango de descenso de la productividad factorial debido a las regulaciones va del 8 al 16 por ciento en los distintos estudios realizados (Denison, 1979; Gray, Harper and Kunze, 1979), aunque en algunos sectores específicos puede ser más alta.

Un trabajo posterior de Gray y Shadbegian (1993) utiliza insumos por planta, con datos de una encuesta para el periodo entre 1979 a 1990 en las industrias del vidrio, del acero y petróleo. Los autores estimaron ecuaciones para la productividad factorial y laboral en sus niveles y tasas de crecimiento por planta. Encontraron que las plantas reguladas tienen un nivel de productividad significativamente menor y un crecimiento más lento que las menos reguladas. La magnitud del impacto fue mayor del esperado. Un dólar de incremento en los costos de cumplimiento reducía la

productividad factorial por el equivalente de 3 a 4 dólares. Los costos de cumplimiento tuvieron diferentes efectos: en el sector papelerero, redujeron la productividad en 5.3%, en el petróleo 3.1% y en el acero 7.6%. No encuentran resultados consistentes con otras medidas de la regulación, como índices de cumplimiento o la vigilancia por parte de las autoridades y emisiones. La vigilancia estricta, menor cumplimiento y altas emisiones están asociados con bajos niveles y tasas de crecimiento de la productividad, pero sus coeficientes no fueron significativos.

Los mismos autores hicieron otra estimación para los años 1979-1990 (Gray y Shadbegian, 1995). Sus resultados muestran que las plantas con mayores niveles de gastos de abatimiento tenían niveles menores de productividad: un dólar más de costos de abatimiento tenía un efecto asociado de 1.74 dólares en menor productividad en la industria de papel 1.35 dólares en las refinerías de petróleo y 3.28 dólares en la del acero. Las estimaciones con base en las tasas de crecimiento de la productividad muestran relaciones menores y no significativas. Los autores explican estas discrepancias debido en parte por la diferencia de años en la muestra. Otra explicación es la posible existencia de errores de medición que afectan la estimación, sesgando a la baja a los coeficientes. Una tercera explicación es la diferencia en eficiencia entre plantas debido a la eficiencia X que permite a unas encontrar medidas costo-eficientes para cumplir con la regulación. Dado que la mayor variación en los costos de abatimiento viene de las plantas, era difícil identificar el efecto en la calidad de las plantas.

Un problema de los trabajos anteriores es su enfoque estático, lo cual implica que el efecto de la regulación ambiental, medido por el gasto en ese rubro, es instantáneo. A lo largo de este trabajo hemos planteado que las innovaciones dependen de que las empresas inviertan en aprendizaje y desarrollen sus capacidades tecnológicas. De ahí que el impacto positivo de la regulación en el desempeño de las empresas (la ocurrencia de innovaciones "verdes") se explicaría por la aplicación de esas capacidades para dar una respuesta creativa al cumplimiento de la normatividad ambiental y a las exigencias de clientes o comunidades. Esta perspectiva se recoge en trabajos recientes sobre el tema y es el enfoque que adoptaremos en nuestro análisis econométrico en el caso de la industria mexicana.

Jaffe y Palmer (1997) analizan la relación entre la exigencia de la regulación ambiental y la actividad de innovación en empresas manufactureras con datos de dos dígitos, con un enfoque dinámico. Para medir la exigencia de la regulación ambiental se utilizan los gastos para cumplir con la regulación. El comportamiento innovador se examina con dos medidas: los gastos en ID y las aplicaciones de patentes. Suponen que el efecto en este comportamiento está influido por la exigencia reguladora con

rezago. Utilizan la encuesta PACE (*pollution abatement control expenditures*) y la encuesta llevada a cabo por el Censo de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) para el primer análisis. Los datos de las patentes provienen de las Patentes industriales en Estados Unidos. En el modelo del gasto privado en ID, éste depende de el gasto financiado por el gobierno, el valor agregado, el gasto ambiental con un rezago y *dummies* por el tiempo y la industria. Su resultado más notable es que el coeficiente del gasto ambiental rezagado presenta una asociación positiva y significativa con los gastos de ID, cuando se controla por los efectos específicos de la industria. Las solicitudes de patentes en el país están relacionadas con las solicitudes de patentes extranjeras, el valor agregado, el gasto ambiental con un rezago, más variables de control por el tiempo y las industrias. En ninguna regresión el gasto ambiental resultó significativo. Sus resultados sugieren que los costos de cumplir con la regulación no tienen un efecto apreciable en la actividad de patentes. Los autores concluyen que en el caso de la industria, la evidencia es mixta con respecto a la hipótesis de que la exigencia de la regulación ambiental alienta la actividad innovadora de las empresas. Sus datos no permiten sacar conclusiones sobre la validez de la versión "estrecha" de la hipótesis, en el sentido de que el cambio a una regulación estricta estimulará la innovación. Segundo, los resultados son consistentes con la versión "débil" de la hipótesis que la regulación ambiental estimulará ciertos tipos de innovación. En cambio, los resultados no permiten afirmar que el incremento en ID es una mera distracción de otros esfuerzos de investigación para encontrar formas de contrarrestar el peso de la regulación o si hay evidencia de que la regulación genere en las empresas un cambio hacia formas nuevas y creativas respecto de sus productos y procesos.

Más recientemente, Lanoie, Patry y Lajeunesse (2003) proporcionan un interesante análisis de la industria canadiense. Los autores proponen extender las líneas de investigación en tres direcciones. Primero, el carácter dinámico de la hipótesis de Porter implica que la regulación ambiental hoy afectará la productividad en algún momento cuando el proceso innovador se complete. Con la excepción del estudio de Jaffe y Palmer, otros han medido sólo el efecto contemporáneo de la regulación en la productividad. Segundo, los argumentos de Porter sugieren que las empresas con una carga alta de emisiones tendrán más oportunidades para identificar y eliminar ineficiencias, de manera que el efecto positivo de la regulación en el desempeño de la empresa se aprecie en forma más intensiva entre estas industrias, que entre las menos contaminantes. Tercero, las empresas más expuestas a la competencia del exterior pueden tener mayores incentivos para innovar y reducir costos, que en los sectores menos expuestos.

La variable dependiente es la productividad medida por el índice de Tornquist. La exigencia de la regulación ambiental se aproxima por una relación de cambio del valor de la inversión en el control de la contaminación en relación con el costo total de la industria, en el tiempo t . Se incluye una medida contemporánea y otras con rezagos consecutivos hasta llegar a tres rezagos con el fin de capturar la dinámica de la hipótesis de Porter. Se considera un promedio móvil de tres años. Se incluye una variable que captura la exigencia de las medidas de seguridad y salud, una variable que expresa cambios en la escala y una variable de control para las fluctuaciones cíclicas que es un índice en cambios en la utilización de la capacidad. También se incluyen variables de control por los efectos específicos de la industria.

Los resultados de la primera serie muestran un coeficiente negativo para la variable ambiental contemporánea; el coeficiente de la misma variable con un rezago es negativo, pero no significativo, y en las variables con dos y tres rezagos el coeficiente es positivo y significativo. Aproximadamente la suma de los impactos positivos es de 24% del cambio observado en la productividad factorial. Así, reforzando la regulación ambiental en principio reduce el crecimiento de la productividad. Pero sobre un ciclo de cuatro años, tiende a incrementarla. En suma, los resultados mostraron que cuando se incluyen los efectos dinámicos, el efecto de la regulación en la productividad puede ser menos dañino y aun positivo. También muestran que los sectores más expuestos a la competencia tuvieron comportamientos coherentes con la hipótesis de Porter, que los menos expuestos. Sin embargo, al distinguir entre empresas altamente contaminantes de las que tienen menor carga, la hipótesis sólo se confirma para las que contaminan menos.

En resumen la evidencia reseñada no es concluyente; en unos estudios el efecto del gasto ambiental en la productividad es negativo en otros no. Lo que es evidente es que cuando se introduce la posibilidad de captar los efectos específicos sectoriales y la posibilidad de rezago en el tiempo para el efecto del gasto ambiental en la productividad, se obtienen resultados diferenciados y acotados que indican que el análisis del gasto ambiental en la productividad debe analizarse a la luz de otros factores. En nuestra opinión, uno de ellos corresponde a la acumulación de capacidades tecnológicas en las empresas.

2. Hacia un marco teórico conceptual de la innovación ambiental

La teoría evolucionista nos permite explicar la presencia de la innovación ambiental en toda su complejidad. Esta teoría inspirada en la tradición schumpeteriana fue desarrollada inicialmente por Freeman (1974), Nelson y Winter (1982) y Dosi (1988). A diferencia de la concepción tradicional en que el concepto de tecnología como información que está lista para ser aplicable y reproducida y donde las empresas pueden producir y usar innovaciones principalmente sumergiéndose en un acervo o *stock* de conocimiento tecnológico, esta corriente considera que la innovación es un proceso acumulativo en el seno de las empresas en un entorno de incertidumbre. En tanto la empresa neoclásica se enfrenta a una función producción en la que todos los puntos expresan las combinaciones óptimas perfectamente conocidas por aquella, en los supuestos de la teoría moderna de la evolución, derivados del concepto de racionalidad limitada de Simon (1957), las empresas no trabajan en el óptimo ni conocen todas sus posibilidades. La tecnología no sólo está integrada por las máquinas o los *blue prints*; tiene, además y muy destacadamente, componentes tácitos de conocimiento específico, tanto de las personas como de las rutinas internas para mejorar la eficiencia productiva, desarrollar nuevos procesos, productos o introducir nuevos métodos de organización. El cambio tecnológico se entiende, así, como un proceso acumulativo para absorber o crear conocimiento técnico y la innovación se puede definir de manera más amplia para cubrir los tipos de búsqueda y esfuerzo de mejora, como señala Lall (1992). En este sentido se cuestiona la distinción entre innovación y difusión (Bell y Pavitt, 1993). Cada avance a lo largo de la función producción es producto de un proceso de búsqueda y aprendizaje.

El cambio técnico en la teoría evolucionista está condicionado por factores de la oferta y la demanda insertos en un entorno de oportunidades tecnológicas y relaciones socioinstitucionales (Kemp, 1993). Entre los de oferta está el estado de las oportunidades tecnológicas, las capacidades tecnológicas de las empresas, las cuales constituyen un componente endógeno en función de las actividades económicas de la empresa, junto con otros factores fuera de ella, que forman la estructura institucional de apoyo a la innovación que se ha analizado como el sistema nacional de innovación. Los factores de demanda se refieren a las condiciones de mercado, al marco normativo y a los instrumentos de la política pública y las actitudes sociales. Lo anterior se entiende como un proceso sistémico en el que un conjunto de actores en distintos niveles se entrelazan e interactúan en la transmisión de conocimientos. Es decir, las empresas son consideradas como el eje de una red de interacciones

necesarias para la innovación ambiental. No importa la fuerza de los factores de demanda para inducir nuevas necesidades antes no consideradas por la empresa, pues aquellos no serán suficientes. Es también necesaria la presencia de los factores de la oferta que condicionan el cambio técnico.

A continuación desarrollamos los factores que subyacen a las innovaciones en tecnologías más limpias. La revisión de la literatura se realizó tomando en cuenta los elementos considerados por la teoría evolucionista y buscando identificar las aportaciones relativas a las innovaciones ambientales. Los factores mencionados son: las trayectorias tecnológicas, el sistema nacional de innovación y el subsistema de innovación ambiental, las capacidades tecnológicas, el marco normativo ambiental, el mercado y la presión de la comunidad.

2.1. Los factores de oferta

La importancia de la dependencia de las trayectorias tecnológicas en las soluciones técnico- ambientales de la empresa

Las oportunidades tecnológicas dependen del avance del acervo de conocimientos. Siguiendo a la teoría moderna de la innovación, la naturaleza del cambio técnico es acumulativa y local. Por un lado, la tecnología en las empresas es el resultado de los procesos de búsqueda y aprendizaje que las mismas internalizan conforme resuelven sus problemas como respuesta a su entorno. Las empresas establecen rutinas que van determinando en gran medida el conjunto de alternativas a seleccionar para buscar nuevas y mejores tecnologías. Por el otro, el cambio de un arreglo o técnica es un proceso que busca mejoras en la vecindad de sus propiedades, cuyo conocimiento y experiencia están más o menos desarrollados (Dosi, 1988). Este conocimiento avanza en forma incremental, dependiendo de la trayectoria anterior; por tanto, no hay saltos radicales. Aquí hay una primera diferencia, en mi opinión, de Porter y en general el enfoque "verde y competitivo", con el enfoque evolucionista: este último no cuestionaría tanto las innovaciones verdes compatibles con la eficiencia, sino los enfoques excesivamente optimistas de la corriente "verde y competitivo" y sugiere la necesidad de que el avance de las innovaciones hacia el cuidado del medio ambiente sea limitada al considerar que los cambios requeridos son mucho más profundos y que una regulación ambiental exigente no los satisface.

La tecnología heredada, que condiciona la oportunidad tecnológica y el alcance de las innovaciones, puede implicar que las innovaciones verdes enfrenten altos costos de transición debido a la dependencia del cambio técnico de las decisiones

pasadas y su carácter localizado, como señala Ferrante (1995). Por tanto, las decisiones respecto a los esfuerzos de investigación para el control de la contaminación están afectadas por un sesgo dinámico del cambio técnico, por lo que en el largo plazo puede ocurrir un rezago o bloqueo del proceso de desarrollo y difusión de las tecnologías limpias. En otras palabras, no es posible pensar que las empresas no enfrentan límites internos para seleccionar su tecnología a lo largo de toda su isocuanta.

El autor demuestra que la selección de la estrategia productiva y tecnológica efectuada en el tiempo inicial abre un sendero de innovación caracterizado por la elevada dependencia de las trayectorias pasadas porque la oportunidad de innovación no se distribuye de manera homogénea en el espacio de las técnicas. Si se supone que la tecnología heredada de alta intensidad ambiental se implantó en ausencia del mercado para el ambiente con base en los precios relativos vigentes en ese tiempo, esta técnica está localizada y condiciona el salto hacia las tecnologías limpias. En consecuencia, el intento de internalizar el sesgo en la asignación, producto de la insuficiencia del mercado, se encontrará con una elevada rigidez tecnológica que refleja la reducida capacidad de respuesta del innovador a tal variación. Freeman (1992) y Kemp y Soete (1994) van un poco más allá en el énfasis de la dependencia de trayectorias pasadas; las nuevas tecnologías energéticas son parte de un sistema de energía que se ha desarrollado en el tiempo, consistente en gastos de capital e infraestructura física, así como en interrelaciones industriales, sistema que se extiende a patrones de consumo y formas de vida a las cuales se adaptan no sólo las empresas y los consumidores, sino también los gobiernos. De ahí que las soluciones todavía tienden a estar incrustadas en el sistema productivo actual. Como ejemplo, en el caso de los clorofluorocarbonos (CFCs) los esfuerzos de investigación se han dirigido a sustituirlos (como sistema de enfriamiento de refrigeradores) más que a desarrollar técnicas de producción y productos radicalmente distintos.

Sin embargo, dentro de estos límites, existe un margen para generar tecnologías más limpias para solucionar distintos problemas ambientales. Su alcance dependerá del problema del que se trate y de la industria específica (Montalvo, 2003). Respecto a esto último influirán aspectos tales como el costo de reemplazo de los sistemas de producción y la longevidad de los procesos productivos. Montalvo y Kemp (2004) resaltan la importancia de estos aspectos en un reporte de resultados de un estudio que identifica, describe y analiza las trayectorias de las tecnologías limpias más importantes a 2020 para cinco sectores específicos (cemento, celulosa y papel, metales no ferrosos, siderurgia y tratamiento de desechos). Detectan que con o sin intervención gubernamental existe un fuerte encierro tecnológico (*technological lock-*

in). En las grandes industrias como las que cubre el estudio el ciclo de vida de los procesos productivos actuales se proyectan hasta por más de 40 años. Se esperan muy pocas inversiones que replacen las plantas como un todo. Y, por tanto, tampoco se puede esperar un cambio radical del acervo tecnológico en los próximos 70 años, lo que sugiere que el marco institucional no es suficiente para generar el cambio técnico requerido en las tecnologías limpias.

En nuestra opinión, en lo que toca al tema de análisis, los razonamientos anteriores son relevantes porque delimitan el alcance del cambio técnico en el corto plazo y las dificultades a que se enfrenta. En el caso de países semiindustrializados, las consideraciones respecto de la tecnología heredada deben tomar en cuenta el grado de obsolescencia que presenta un elevado porcentaje de su parque productivo en relación con la tecnología que prevalece en los países altamente industrializados. Éstos heredaron su tecnología de la sustitución de importaciones. Algunos países, como ocurre con México, han reformado sus procesos productivos con el fin de mejorar sus condiciones de inserción en el mercado internacional. Como se analiza en el capítulo 6, la compra de tecnología extranjera sigue vigente y el acento en la reestructuración industrial ha tenido lugar en el ámbito de las capacidades de la función técnica de producción con limitados esfuerzos de investigación y desarrollo. La trayectoria de estos cambios es esencial para entender las soluciones de las empresas ante la regulación ambiental y las presiones del marco ambiental en escala internacional.

Sistema nacional de innovación y subsistema sectorial de innovación ambiental

Siguiendo los conceptos introducidos por Nelson (1993) y Lundvall (1993), el análisis incluye un conjunto de actores en distintos niveles que se entrelazan e interactúan en la transmisión de conocimientos. Estos actores forman el sistema nacional de innovación, el cual es el resultado de las interacciones de la estructura económica y el marco institucional de cada país. Este último incluye las reglas y políticas ligadas a la industria y la tecnología y las instituciones propiamente dichas, o sea desde las empresas y universidades hasta las firmas de consultoría privada y las asociaciones profesionales. Estos elementos son muy importantes en los procesos de innovación de las empresas y determinan la posición competitiva de empresas y países. Las naciones con capacidad innovadora tienen sistemas educativos y universidades muy desarrollados así como instituciones de investigación en distintos niveles que funcionan eficientemente e interactúan entre ellas y con las empresas, todo lo cual genera flujos de conocimiento para apoyar la innovación.

Dalcomuni (1997)- en su análisis de la innovación ambiental propone acertadamente incorporar a este sistema un subsistema sectorial de innovación ambiental que dé un enfoque sistémico al proceso innovador relacionado con el medio ambiente. El desarrollo de este subsistema incrementa las capacidades de las empresas innovadoras, ya que, como toda innovación, la ligada a tecnologías más limpias requiere de las condiciones favorables que resultan del complejo juego de interacciones de empresas y reguladores, clientes, empresas consultoras, instituciones de investigación tecnológica o capacitación, agentes financieros y, finalmente, otras empresas.

Como veremos en el capítulo 4, el sistema nacional de innovación en México está insuficientemente desarrollado y cuenta con pocas articulaciones (Cassalet, 2000), lo que condiciona la posibilidad de actualizar su aparato productivo como señala Katz (1997) en su análisis comparativo entre países del sudeste asiático, Brasil y México. Algo similar sucede con el subsistema sectorial de innovación ambiental en México. Aunque muchas de las empresas exitosas han recurrido a las universidades para solucionar sus problemas técnico-ambientales, el subsistema sectorial de innovación ambiental no logra convertirse en una fuerza de innovación ambiental, como se examina más adelante.

Las capacidades tecnológicas empresariales

La difusión de tecnología implica la transmisión de conocimientos entre distintos agentes y tiene también una dimensión innovadora. En la medida en que hay componentes tácitos de conocimiento específico, la difusión no se da sin un esfuerzo de búsqueda y aprendizaje. En oposición a los enfoques tradicionales se señala que el desarrollo tecnológico industrial no debe verse como un proceso que sólo se pueda promover por medio de la inversión de nuevo equipo y la compra de tecnología importada. Para que la tecnología pueda ser asimilada, bien operada y mejorada las empresas deben realizar inversiones y acciones deliberadas de aprendizaje tecnológico. Por tanto, no basta con comprar máquinas o contratar transferencia de tecnología para reducir la brecha tecnológica internacional. Las empresas deben investigarla, entenderla y documentarla para asimilarla y mejorarla. Asimismo, se cuestiona la distinción entre innovación y difusión (Bell y Pavitt, 1993). La difusión implica mucho más que la adquisición de maquinaria y el *know how* relacionado. Tampoco es sólo transferencia de conocimiento (Montalvo y Kemp, 2004). Implica también cambio técnico continuo y a menudo incremental para adecuar situaciones específicas y alcanzar mejores estándares de desempeño. Bell y Pavitt (1993) proponen tres etapas en el tiempo para la dinámica del cambio técnico en los países

en desarrollo. Primero, se adopta la tecnología con la incorporación de nuevas instalaciones y la tecnología original debe adaptarse o mejorarse para la situación específica. Después hay una fase que busca elevar la eficiencia inicial y modificar la tecnología para adecuarla a los cambios en los mercados de insumos y productos. Las dos fases requieren la continua acumulación de conocimiento y habilidades. En una tercera fase las empresas pueden basarse en este conocimiento, experiencia y nuevas destrezas para introducir un cambio técnico más sustancial. Finalmente, lo que ocurre es un proceso de generación de conocimiento en distintos niveles de la organización por actores que aplican esos conocimientos en la toma de decisiones.

Como señala Montalvo (2003) el desarrollo de las tecnologías limpias o lo que aquí se ha denominado como innovación ambiental depende de la creación de una nueva base de conocimiento. Las nuevas tecnologías se refieren a un conjunto de nuevas necesidades, nuevos principios científicos para aplicar y nuevas tecnologías de producción. Esto necesariamente conduce a la reflexión sobre cuáles serían las habilidades requeridas para emprender innovaciones en tecnologías limpias.

Basado en Roome (1994), Montalvo (2003) presenta cuatro conjuntos de capacidades para avanzar a un nuevo paradigma de tecnologías limpias: el aprendizaje organizacional referente a la capacidad para organizar la exploración de productos el análisis del ciclo de vida e integrarlos en las tecnologías y actividades de la empresa; la habilidad para conseguir de fuera el conocimiento y de formar alianzas estratégicas con proveedores, clientes y competidores y, por último, la capacidad de formar redes de aprendizaje y colaboración con universidades, instituciones públicas y firmas de consultoría. El modelo propuesto para operar esta nueva base de conocimiento implica la utilización del análisis del ciclo de vida como una herramienta básica en la búsqueda de soluciones para que la empresa sea capaz de evaluar las cargas ambientales asociadas con su actividad económica, lo cual implica 1) identificar y cuantificar los materiales, la energía y la merma; 2) evaluar el impacto en el ambiente; 3) identificar y evaluar las oportunidades para aminorar los efectos ambientales. El análisis debe incluir el ciclo entero de vida del producto: materias primas, manufactura, transporte y distribución. El autor identifica cuatro etapas en la construcción de habilidades de la empresa relativas a la innovación y adopción de tecnologías más limpias con el fin de medir la percepción de la empresa sobre el control de la tecnología y la posibilidad de innovación en tecnologías limpias. La primera se refiere a la creación de un inventario para las intervenciones críticas del proceso productivo y el uso del producto; la cuantificación de materiales y energía utilizados para producir un bien; la identificación de estos materiales críticos y de las emisiones inherentes al proceso productivo y su seguimiento a lo largo de la cadena;

la evaluación de los impactos para estos puntos críticos del proceso productivo y su seguimiento; cálculo de los flujos de masa energética; identificación de abastecedores críticos; asignación de prioridades por acción; análisis de interrelaciones y lazos con abastecedores y clientes; investigación de los impactos ambientales más allá de la empresa; tiempo y disponibilidad de recursos para la colección de datos. La segunda etapa de desarrollo hacia un producto y un proceso limpio se relaciona con la capacidad de la empresa para cooperar con e influir en sus proveedores y clientes para crear una cultura de ambiente limpio. La tercera etapa se enfoca en las oportunidades y disponibilidad de sustitutos apropiados de materias primas y componentes. Esto implica el abastecimiento de insumos limpios y componentes, equipo, insumos reciclados; eliminación de desechos. La cuarta etapa se refiere a la mejora de estas partes críticas de producto y proceso. De hecho integra el conocimiento de las tres etapas anteriores e implica el dominio de: desarrollo de concepto, investigación y desarrollo, diseño y procedimientos de gestión ambiental.⁶

Existen grandes diferencias entre el potencial innovador de las empresas condicionado por sus conocimientos, experiencia, destreza y artes de aprendizaje. Por ello aunque existieran fuerzas que indujeran la adopción de nuevas tecnologías, tales como la reglamentación bien estructurada de Porter, el cambio puede ser lento o no ocurrir, como señalan Montalvo y Kemp (2004) quienes recogen reportes de distintos estudios en países desarrollados referentes al papel de la insuficiencia de capacidades en la producción limpia (eco-diseño), la carencia de entrenamiento y esfuerzo de aprendizaje en escala sectorial, así como los escasos entendimiento y experiencia en el desarrollo de proyectos para la adopción de nuevos procesos de producción más limpia⁷. Los autores advierten que estos problemas pueden ser mayores en el caso de las pequeñas empresas, en las que todo depende de un solo hombre y no hay investigación y desarrollo.

2.2. Los factores de demanda.

El marco normativo

Este se refiere al conjunto de leyes y a los reglamentos e instrumentos concebidos para complementarlas. En el caso de la innovación ambiental, sin duda, el marco normativo es crucial como inductor de cambio en las empresas, pues debido a las

⁶ Estas aportaciones son de gran interés para la identificación de las capacidades tecnológicas empresariales aplicadas a las tecnologías limpias. No teníamos conocimiento de ellas al momento de realizar los estudios de caso. Respecto a nuestra medición de las capacidades tecnológicas, no se basa en una encuesta *ad hoc*, sino en la utilización de información oficial.

⁷ Los autores citan a: Tukker et al., (2000); Huthala (2003) y Staniskis y Stasiskiene (2003).

externalidades de los bienes ambientales es posible que los actores no identifiquen las señales del mercado.

La política ambiental tiene distintos componentes. Los primeros son los instrumentos de normas y castigos, referidos a estándares ambientales, los cuales pueden a su vez estar referidos a la obligatoriedad de ciertas especificaciones tecnológicas o a un estándar de desempeño. Los instrumentos económicos son un segundo componente de la política ambiental; pueden ser impuestos, subsidios, permisos comerciables, créditos preferenciales. Por último, la política ambiental puede incluir instrumentos persuasivos y convenios voluntarios entre las distintas partes para alcanzar una meta ambiental en un tiempo determinado.

Hay una vasta literatura sobre el efecto de los instrumentos de política y la innovación o difusión de tecnología más limpia, entre la cual mencionaremos las revisiones de Ashford (1995), Rothwell (1992), Kemp (1997) y Montalvo y Kemp (2004). No es nuestro propósito hacer un análisis de éstos, sino presentar a grandes rasgos algunos de sus principales señalamientos. Las conclusiones son mixtas. En general se señala que las respuestas tecnológicas a las regulaciones ambientales difieren entre las industrias y que si bien, como se ha dicho, la reglamentación ambiental es un detonador del cambio en el comportamiento de las empresas respecto al medio ambiente, esto no necesariamente resulta favorable para la innovación en tecnologías más limpias y en ciertos momentos incluso puede ser una barrera (Montalvo y Kemp, 2004).

Según Rothwell (1992), en su examen de distintos estudios sobre las interacciones entre las regulaciones gubernamentales y la innovación industrial emprendidos entre 1960 y los años ochenta muestran que en tanto las regulaciones tuvieron alguna repercusión, generalmente negativa en los procesos tecnológicos de las empresas orientados por el mercado, muchos de estos efectos eran innecesariamente grandes. El autor señala que la evidencia puso en claro que la existencia de las regulaciones en sí mismas no implicó necesariamente que estos fueran efectos inevitables; lo que sucedía era más bien que la naturaleza de las regulaciones y el comportamiento de las entidades que las llevaban a cabo eran la causa de los problemas. Para la mayoría de los estudios que han examinado el efecto de la regulación en la innovación, la respuesta tecnológica más común ha sido la innovación incremental y la difusión de la tecnología existente, con algunas excepciones relevantes.

Kemp (1997) analiza las características de diez instrumentos, el propósito para el que se concibieron y el contexto en el que deben aplicarse. Concluye que no puede afirmarse que algún instrumento sea en sí superior para estimular la tecnología más

limpia, sino que todos tienen algún papel que desempeñar, según el contexto en que se usen y del sector que se trate. En general hay acuerdo en que para estimular el uso de tecnologías ambientalmente benignas se requiere una mezcla de instrumentos. De acuerdo con esto, la regulación en forma de estándares o prohibiciones son necesarias para controlar la contaminación y los instrumentos económicos son complementarios y no sustitutos.

Sin embargo, está presente el temor de que las autoridades y la política gubernamental se formulen para promover la "tecnología de ayer". Más aún se argumenta que las actuales regulaciones puede volverse obsoletas y contraproducentes para inducir las innovaciones incorporadas a los procesos y tener un efecto negativo. Por el contrario, si la intervención pública consistiera en proveer las condiciones correctas y los estímulos para que las empresas cambien, podría esperarse una relación positiva entre la regulación y el nivel de difusión de tecnologías más limpias.

Un factor adicional se refiere al grado de exigencia respecto al cumplimiento. Según Ashford (1993), la exigencia reguladora es el factor más importante para influir en la innovación tecnológica. Se considera que una regulación es exigente si su cumplimiento implica una reducción significativa de emisiones o si la tecnología existente para cumplir es costosa, o si requiere cambio técnico. Adicionalmente, el grado de exigencia de una regulación puede influir en la propensión de un sector industrial para innovar. Cuando las empresas tienen expectativas sobre un creciente grado de exigencia en la regulación y no se cumple, esto se vuelve un desincentivo para innovar. Esto se muestra en uno de nuestros estudios de caso.

El mercado

La propensión a innovar depende de cuál sea la demanda de la innovación en el mercado. Como regla, el desarrollo de una nueva tecnología más limpia para el uso de la empresa no es redituable si no hay un elemento que la induzca. Por lo general, la reglamentación ambiental ha sido el factor de demanda. Pero crecientemente, el mercado ha comenzado a desempeñar un papel importante en las respuestas de las empresas respecto al medio ambiente. En los países desarrollados, en donde hay mayor conciencia de los consumidores sobre el cuidado ambiental, las empresas tienen un incentivo para atacar este mercado y ganar legitimidad social (Montalvo y Kemp, 2004). En los países semiindustrializados las empresas que exportan tienen también un incentivo para introducir tecnologías más limpias. Si bien no se está señalando que las tecnologías de control (al final del tubo) se pueden desplazar, sí puede afirmarse que ante la necesidad de ser competitivas y eficientes, las

tecnologías preventivas o más limpias constituirán un medio para lograrlo (Dalcomuni,1997). Más aún, cuando las empresas en países semiindustrializados tienen negocios con empresas transnacionales, éstas pueden exigir a sus clientes insumos menos contaminantes o que adopten sistemas de gestión ambiental y certificaciones. En este trabajo se proporcionan ejemplos al respecto en el capítulo 5.

Siguiendo a Montalvo y Kemp (2004) se puede esperar una relación positiva entre las presiones del mercado orientadas a cuidar más el medio ambiente y el nivel de adopción tecnológica en un sector específico. Asimismo, las presiones del mercado influirán en el nivel de riesgo que las empresas quieran aceptar y sobre las actitudes de los ejecutivos. Otro factor de demanda lo constituye la presión de los accionistas y las comunidades en relación con el cuidado del medio ambiente.

La presión social

Las comunidades locales pueden ejercer presión para exigir responsabilidad social a las empresas y demandar que se cumpla la normatividad. Hay trabajos realizados en países semiindustrializados que proporcionan evidencia de que en naciones con grandes rezagos frente a las desarrolladas en cuanto al marco regulador y su grado de exigencia tienen empresas cuyos esfuerzos de abatimiento están a la altura de los países desarrollados, aunque no siempre esos esfuerzos están correlacionados con el sistema de regulación.⁸ Esto se debe a la presión de comunidades pro activas que perciben un riesgo ambiental y hacen sentirse amenazados a los directivos. En esta tesis proporcionamos un ejemplo de una empresa que decidió actuar al percibir el descontento de descontento de una comunidad cercana. Esta presión de las comunidades no debe exagerarse, ya que no en todos lados están bien organizadas ni tienen información suficiente (Montalvo y Kemp, 2004).

Además de las comunidades, puede haber interesados en presionar a la empresa para que avance hacia las tecnologías limpias, como los inversionistas o algunos empleados de alto nivel (Montalvo, 2003). Las empresas se sienten obligadas a cuidar su imagen y ésta es una motivación de la cual hay evidencia en México (Mercado, 1999; Mercado, 2000; Domínguez, 2000).

⁸ Por ejemplo, Hettige, Pargal y Huq (1996) señalan que en Tailandia, donde hay una regulación menos estricta hay más plantas con sistemas de gestión mucho más eficientes que en Filipinas, donde supuestamente la regulación formal es más exigente. Otro ejemplo es Indonesia en donde dos terceras plantas cumplen con los estándares indonesios, pero una tercera parte cumple con los estándares estadounidenses.

2.3. Determinantes de la innovación ambiental en México

En la sección anterior se presentaron los factores subyacentes al proceso innovador relativo a las tecnologías ambientales. Es necesario pasar al examen de cómo estos factores influyen en la respuesta de las empresas mexicanas frente a la innovación ambiental en la manufactura. Antes de entrar en materia, consideramos de gran interés presentar las aportaciones de Montalvo (2003). Basado en la teoría del comportamiento planeado de Ajzen (1996), el autor aplica las aportaciones de la teoría del cambio técnico evolutivo. Su metodología postula tres factores esenciales para explicar la propensión a desarrollar tecnologías más limpias: la actitud, la presión social y el control percibido del comportamiento. Estos factores están a su vez en función de varios aspectos o dominios. La percepción del riesgo tiene un papel central en el primer factor, ya sea el riesgo económico, o sea buenas o malas oportunidades económicas, alto o bajo riesgo de capital y el riesgo ambiental advertido por la dirección. El segundo factor lo constituyen las presiones sociales percibidas, relativas a las normas sociales surgidas del mercado, la comunidad o las instituciones reguladoras que alientan o imponen el desarrollo de nuevas tecnologías ambientales. El tercer factor se refiere al control notado por la dirección en lo que toca a las capacidades tecnológicas y organizacionales para desarrollar la tecnología. El autor define un conjunto de elementos que permiten medir los distintos dominios y los identifica con un cuestionario muy detallado a una muestra de empresas maquiladoras. La investigación busca responder tres preguntas. La primera se refiere a si es o no posible reconciliar el interés de la empresa con el de la sociedad en materia de protección ambiental. La respuesta indica que las empresas de la muestra no estaban interesadas en desarrollar tecnologías limpias.

La segunda pregunta de la investigación buscaba entender las causas. Sus resultados señalan que la propensión a innovar de la empresa promedio está determinada por el bajo nivel de capacidades tecnológicas y organizativas, las reducidas oportunidades económicas percibidas, así como la baja disposición de los consumidores por productos ambientalmente limpios. Esto genera la percepción de un riesgo económico. Además, las presiones sociales son mínimas, ya sea de la comunidad o de las instituciones normativas. Las autoridades ambientales cuentan con poca influencia y tienen un efecto negativo en la propensión a innovar. La razón es que estas instituciones todavía se basan en los enfoques de normas y controles, sin considerar de manera explícita el desarrollo de nuevas tecnologías.

En tercer lugar se preguntaba en qué condiciones estaría dispuesta la empresa a reorientar sus metas para incluir medidas preventivas radicales. Los resultados del ejercicio de simulación indican que las empresas estarían deseosas de innovar en dos

escenarios, los cuales tienen rasgos comunes. El primero implica el dominio de las capacidades tecnológicas y la disponibilidad de oportunidades para sustituir insumos materiales y componentes para desarrollar productos y procesos limpios. El segundo concierne a la reducida presión reguladora de hoy. Ésta debería transformarse en colaboración para formular políticas. La diferencia entre los dos escenarios es que uno requiere oportunidades económicas óptimas derivadas de nuevos nichos de mercado. Esto requeriría riesgos mínimos de capital. En tanto que las empresas poseerían las capacidades para innovar. El segundo escenario requiere que los directivos perciban que los residuos no son manejables e incluso constituyen un riesgo para ellos mismos. En conclusión, el marco regulador y el grado de exigencia con que se aplica no constituyen una presión que aliente la innovación en tecnologías limpias. Las empresas tampoco lo perciben como un riesgo ambiental que las induzca a un cambio radical. Por otra parte, esta innovación implicaría riesgos económicos para la empresa, en tanto que no poseen las capacidades tecnológicas y organizacionales.

El modelo de Montalvo (2003) constituye una aportación importante, sin duda alguna. Provee un marco teórico con un enfoque sistemático y sólido que permite probar hipótesis acerca de los factores que obstaculizan el comportamiento de la empresa, identificar a los que más influyen en sus decisiones y predecir trayectorias de innovación.

Esta tesis tiene algunos puntos en común con el trabajo de Montalvo (2003) en cuanto al marco de referencia del enfoque neoschumpeteriano del cambio técnico; los factores aquí desarrollados están presentes en el modelo de este autor. No obstante, en este trabajo el interés es evaluar el desempeño de estos factores en relación con el cambio estructural que ha tenido lugar en la economía mexicana. En tanto que el trabajo de Montalvo se enfoca a identificar la percepción de estas empresas respecto de los determinantes de la innovación ambiental, aquí nos interesa examinar el desarrollo y las insuficiencias de los factores que subyacen a la innovación de tecnologías limpias en el país, en particular los referentes al entorno institucional, la regulación ambiental, el subsistema de innovación ambiental, y las capacidades tecnológicas empresariales. En los capítulos siguientes se analizan estos factores a la luz del cambio estructural de la industria mexicana y las ligas del proceso de modernización en la manufactura con los desarrollos de tecnologías limpias e innovaciones ambientales. Veremos que estos avances están condicionados por la trayectoria tecnológica de la industria mexicana y el aparato productivo heredado de la etapa de sustitución de importaciones.

Si bien estamos claros en que la innovación ambiental tiene un carácter sistémico y es producto de un conjunto de factores, consideramos el nivel de las

capacidades tecnológicas empresariales y su distribución en la industria como un factor medular en el reducido alcance de estas innovaciones en la manufactura mexicana. Ya se mencionó que el insuficiente desarrollo de las capacidades tecnológicas inhibe la innovación en tecnologías limpias en países desarrollados, como señalan Montalvo y Kemp (2004). Obviamente, la cuestión es aún más grave en el caso de la economía mexicana, en donde los contrastes de capacidades tecnológicas y recursos alcanzan niveles dramáticos. Mostraremos que las empresas que desarrollan estas innovaciones ambientales se distinguen por sus capacidades tecnológicas, pero en la medida en que éstas se distribuyen de manera tan desigual, ello incidirá en la desigual respuesta de la industria hacia el medio ambiente.

La segunda sección, a continuación, está dedicada al análisis del entorno institucional mexicano.

II. EL ENTORNO INSTITUCIONAL EN MEXICO

3. Entorno regulador, apertura económica e innovaciones verdes

En el capítulo anterior se señaló la importancia de considerar el análisis de las soluciones técnico-ambientales de las empresas desde un punto de vista sistémico, y se examinó la influencia del marco normativo como un motor de la innovación. El primer inciso de este capítulo está dedicado a examinar la evolución de la política ambiental en México. El segundo presenta someramente la dimensión ambiental de la apertura y el TLCAN. Estas últimas dos condiciones tienen una amplia influencia en el marco regulador y propician presiones e incentivos directos e indirectos sobre los industriales para tener un enfoque más activo en el cuidado del medio ambiente. En el último inciso se presentan algunas reflexiones sobre la regulación en México.

3.1 Evolución de la política ambiental en México

En 1971 se promulgó la primera ley federal para prevenir la contaminación ambiental. Ésta tuvo poco efecto y, con la sola excepción del Plan Nacional Hidráulico, en el que por primera vez se identifican las veinte cuencas hidráulicas más contaminadas, se hizo poco en materia ambiental. Los años setenta corresponden a la etapa de la sustitución de importaciones en su fase de producción de bienes de consumo duradero y de capital. En esa época, al igual que en otros países semindustrializados como Corea (Aden, Kyu-Hong y Rock, 1999), la prioridad era el crecimiento económico, por lo que se relegó a un lugar secundario el cuidado del medio ambiente. No había la decisión gubernamental de dar a éste un sitio importante. El descubrimiento de los yacimientos petroleros, dado a conocer en 1974, tornó a México en uno de los grandes productores del mundo. Esto generó el crecimiento exponencial de Pemex, empresa que durante estos años causó un considerable daño ambiental, el cual no se comenzó a enfrentar hasta muchos años después (Toledo, 1982).

El principio de los años ochenta, con la crisis de la deuda externa en 1982 y la recesión que la acompañó en los seis primeros años de esta década, fue de un avance lento en materia ambiental. En 1982 se promulgó la ley federal de protección al ambiente, la cual sólo se acompañó de un reglamento para proteger el ambiente contra la contaminación por ruido. En 1983 se creó la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y se elaboró el Programa Nacional de Ecología 1984-1988. Esta última dependencia se convirtió en la Secretaría de Desarrollo Social en 1992. En ambos casos la acción gubernamental relacionada con la preservación del medio ambiente quedó a cargo de una de las subsecretarías.

Es a partir de los últimos tres años de la década de los ochenta cuando se acelera el proceso de actualización del marco normativo ambiental. En 1988 se

promulga la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), un año después de las reformas constitucionales para convertir en deberes del Estado la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la preservación del medio ambiente. Con esta ley comenzó a intensificarse la elaboración de reglamentos en materia de impacto ambiental, residuos peligrosos, contaminación atmosférica y transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. En 1990 se formuló el Programa Nacional de Protección al Medio Ambiente 1990-1994, el cual se complementó luego con los preceptos y principios orientadores generados a partir de la Cumbre de Río de Janeiro. A lo largo de los noventa se dio el cambio institucional necesario para hacer cumplir la ley expedida en 1988. En 1992 se crean el Instituto Nacional de Ecología, encargado de las funciones administrativas y normativas derivadas de la política de gestión ambiental, y la Procuraduría Federal de la Protección al Ambiente (PROFEPA), que ejecuta las funciones de inspección y vigilancia (SEMARNAP-INE. 2000)

Si bien queda claro que a partir de la promulgación de la LGEEPA en 1988 ya había iniciativas en distintos niveles para reglamentar el cuidado del medio ambiente, dos factores subyacen al aceleramiento de los cambios en escala institucional. El primero fue un accidente ocurrido en Guadalajara en agosto de 1992, cuando una zona relativamente céntrica de la ciudad se vio afectada por una gran explosión de oleoductos de PEMEX. Según muchos industriales este accidente marcó un hito en cuanto al mayor rigor que las autoridades ambientales aplicaron al cumplimiento de la reglamentación por parte de la industria. El otro se relaciona con las negociaciones del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá. Una de las preocupaciones de estos países era que sus empresas, que estaban sometidas a un marco regulatorio más estricto, quedarán en desventaja frente a sus contrapartes mexicanas. Uno de los primeros programas de la PROFEPA fue la realización de auditorías ambientales, las primeras de las cuales fueron financiadas por el gobierno mismo (SEMARNAP-INE. Profepa, 1997).

En 1994 se crea la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca que conjuga las funciones de protección ambiental y de los recursos naturales, antes dispersos en otras secretarías de Estado y se presenta el Programa de Medio Ambiente 1995-2000. Esta dependencia pasaría a ser SEMARNAT debido a que Pesca se incorporó a la Secretaría de Agricultura y Ganadería en 2000.

3.2. Reglamentaciones e instrumentos

La primera fase de la política ambiental en México se orientó a atender las causas más notorias de la contaminación industrial. El marco normativo estaba centrado en el uso

de los instrumentos de regulación directa que atendían de forma separada los problemas de contaminación que la industria ocasionaba al agua, aire, atmósfera. En esta primera etapa, que abarca hasta fines de los ochenta, como señalan Mercado y Blanco (2003), la aplicación de la normatividad ambiental se había basado casi exclusivamente en el sistema regulador tradicional de permisos, inspecciones y sanciones. Según los autores, las normas técnicas ecológicas provenían de muchos ordenamientos anteriores y dispersos y, por último, en la exigencia del cumplimiento se ejercían presiones selectivas sobre grupos de productores, por lo general industriales con la más alta intensidad ambiental, o bien se establecían regulaciones de observancia general. Los resultados eran sumamente deficientes.

De manera paulatina se fueron desarrollando programas y mecanismos de regulación ambiental y a partir de 1994 se inicia una nueva etapa de cambios más sistemáticos. Por un lado, en el terreno de las normas. Por el otro, se da en la validación de iniciativas empresariales relacionadas con el control de la contaminación (SEMARNAP-INE, 1997). Por último deben mencionarse los avances en la gestión pública de permisos. Una característica que salta a la vista es el muy limitado papel de los instrumentos económicos con fines ambientales (Urquidi, 1999).

Retomando el análisis de Mercado y Blanco (2003), las normas se reformaron con base en reglas de medición basadas en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y se orientaron de una manera más explícita hacia el logro de objetivos ambientales precisos, especialmente en la LGEEPA de 1988, reformulada en 1996. De esta manera las normas técnicas NTE fueron sustituidas por las normas oficiales NOM. En total hay 87 normas, 56% expedidas entre 1993 y 2000. Se agruparon en tres series, ecológica, recursos naturales y pesca. La ecológica (66% del total) se dividió en seis, según la materia normativa de la que se trate: agua, aire, ruido, residuos peligrosos, conservación de recursos naturales e impacto ambiental. La mayor parte de las normas se refiere a la calidad del aire, seguidas por las de manejo y disposición de residuos peligrosos, las cuales están muy relacionadas con la industria.

De la misma forma hay una concentración de normas por sectores. El que concentra el mayor número de normas oficiales mexicanas es el industrial, con 23 de la serie NOM ECOL. Le sigue de lejos el sector transporte, con 17.24%, y el de servicios, con 12.07%. Ha sido notable el rezago del sector agropecuario en este renglón (CESPEDES, 1999).

Un resultado de la reforma fue la reducción del número de normas. Según el Instituto Nacional de Ecología (2000) en materia de agua, por ejemplo, había 41 normas que regulaban las descargas residuales por giros y procesos industriales,

todos con carácter uniforme en todo el país y con igual rigor en su aplicación. El cambio de enfoque consistió en aplicar a todos los agentes regulados las mismas normas, en lugar de atender a sus particularidades tecnológicas y establecer diferencias en los límites en función de las características tecnológicas de los medios receptores de la contaminación. La normatividad para la contaminación del agua se centra hoy en la calidad de los cuerpos receptores. Como consecuencia de lo anterior, el número de normas ha disminuido, a pesar de que se han incorporado nuevos temas en materia de impacto ambiental.

El cambio en las normas es en cierto sentido una transición de los estándares basados en especificaciones tecnológicas a los de desempeño, que son, como vimos, los que están adoptando con mayor frecuencia los países desarrollados, ya que tienen algunas ventajas sobre los primeros, en particular porque al estar apoyados en la capacidad de asimilación de los medios receptores permiten localizar los problemas, evaluarlos en su entorno geográfico local y, por consiguiente, dan a las empresas la libertad para elegir las soluciones tecnológicas que consideren más eficientes sin limitarse sólo a la tecnología de control.

La política ambiental cuenta con dos instrumentos económicos de tipo fiscal que originalmente se pensó emplear como impulsores del cambio tecnológico en la industria: la depreciación acelerada y el arancel cero. El primero instrumentado desde 1993 tiene como objetivo apoyar la preservación y el mejoramiento del ambiente. Este estímulo está contenido en la *Ley del Impuesto sobre la Renta*. El monto inicial de depreciación en un año fue de 50%, pero pasó al 100% a finales de 1994 para el equipo que se modifique para consumir gas natural y para el que se destine a prevenir y controlar la contaminación ambiental en cumplimiento de las disposiciones legales respectivas.⁹

El arancel cero es el otro estímulo fiscal en vigor para promover la inversión con fines ambientales; se publicó en el Diario Oficial el 28 de diciembre de 1996, para entrar en vigor en enero de 1997. Con base en este instrumento las industrias que adquieran en el extranjero equipo para control o prevención de la contaminación, la SHCP el estímulo del arancel de 0% por esa compra, siempre y cuando dicho equipo no se fabrique ni se pueda fabricar competitivamente en México y previa autorización de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) mediante un listado autorizado por las autoridades ambientales. El arancel cero significa un menor precio para el importador de entre 15 y 20 por ciento, que es el arancel que se aplicaría sin este estímulo.

⁹ Artículo 44 de la Ley del Impuesto sobre la Renta.

En cuanto a la presencia de instrumentos voluntarios, como los convenios, su validación ocurre a partir de 1996, cuando se aprobaron las modificaciones a la LGEEPA. Éstas, según el Instituto Nacional de Ecología (2000), se justificaron por la necesidad de una política de gestión ambiental crecientemente ligada a los criterios de subsidiariedad estatal y corresponsabilidad social. Entre otras, las modificaciones incluyen:

- La opción de que las empresas u organizaciones empresariales desarrollen procesos voluntarios de autorregulación ambiental para mejorar su desempeño ambiental y comprometerse a superar o cumplir o superar los niveles establecidos en materia ambiental mediante normas voluntarias o especificaciones técnicas más estrictas que las oficiales mexicanas o que se refieran a aspectos previstos por éstas.
- La realización, en forma voluntaria y mediante una auditoría ambiental, del examen metodológico de sus operaciones, de la contaminación y el riesgo que generan, así como del grado de cumplimiento de la normatividad ambiental y en su caso de los parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería aplicables, con el objeto de definir las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger el medio ambiente.

Sin duda uno de los elementos complementarios al que se dio mayor relevancia en el sexenio anterior fue al de las auditorías voluntarias. Éstas tienen lugar en los giros industriales en que tiene jurisdicción la PROFEPA (la industria química, petroquímica básica, petrolera, pinturas y tintas, papel y celulosa, vidrio, cemento, cal, metalurgia y automotriz). Son medidas voluntarias e implican convenios de autorregulación. Las primeras, entre 1994 y 1995, fueron financiadas por el Estado, pero a partir de 1996 las empresas pagan por ellas. Con ellas las empresas someten a un examen exhaustivo sus instalaciones y operaciones respecto de la contaminación y el riesgo que generan, así como del cumplimiento de la normatividad. Aquéllas permitieron establecer los principales problemas de contaminación de las empresas para solucionarlos en un periodo establecido y acordado por las dos partes. El proceso culmina con la Certificación de Industria Limpia que las empresas deben renovar cada año en un organismo acreditado. En 2000 se habían realizado 1701 auditorías y a 725 se les certificó como industria limpia.¹⁰ Estas magnitudes denotan un avance relativo frente a la situación a inicios de los noventa, pero en cuanto al número de empresas

¹⁰ Presidencia de la República, Informe de Gobierno, 2000.

puede apreciarse que queda mucho por avanzar, sobre todo entre las medianas, pequeñas y las llamadas microempresas.

El Programa Voluntario de Gestión Ambiental (PVG) buscó propiciar que las empresas fortalecieran su capacidad de gestión ambiental. Una de las formas es adoptar un sistema de administración ambiental del tipo ISO-14001, o uno diseñado para las circunstancias particulares de la empresa. Para que la implantación y mantenimiento tenga acceso a programas de apoyo se requiere la certificación de un organismo acreditado internacionalmente. En México apenas se ha creado de manera formal la Entidad Mexicana de Acreditación y sólo existe un organismo certificador en ISO-14001. Hasta junio de 1999 se habían emitido sólo 40 de estos certificados (SEMARNAP-INE, 2000). Las que lo han conseguido se clasifican como gran empresa y la mayoría de ellas forman parte de corporaciones internacionales con intensa actividad exportadora.

3.3. Apertura económica y medio ambiente

La economía mexicana ha tenido un crecimiento acelerado de exportaciones e importaciones y está crecientemente expuesta a las presiones económicas del mercado internacional. De hecho, la tasa de crecimiento económico depende de la actividad externa.

La apertura fue, sin duda, uno de los componentes del cambio estructural que más influyó en el cambio del comportamiento empresarial y en cuanto a su efecto en la economía. Estaba planeada para llevarse a cabo en forma gradual; sin embargo, con la intención de disminuir las presiones inflacionarias a fines de 1987, el proceso se aceleró y en pocos meses la economía mexicana podía considerarse como una de las más abiertas del mundo.

México ha firmado varios tratados de libre comercio y se adhirió a la OCDE. Sin duda el TLCAN es el que más directamente afecta la estructura económica y social. A partir de 1994, en que se concreta el TLCAN, si bien no sólo influidas por éste, las exportaciones crecen, como se mencionó al comienzo, de manera acelerada de 1994 a 2000. También se observa un incremento en el monto de la inversión extranjera acumulada.

La apertura y el TLCAN tienen otros efectos, entre los cuales están los relacionados con el medio ambiente. Varios estudios analizan los efectos ambientales de los tratados comerciales en México y Centroamérica, entre los cuales mencionaremos los de la CEPAL (1998) y de Schatan (1998). La CEPAL (1998) detalla cómo el impacto ambiental del TLCAN se hizo sentir desde las negociaciones, que expusieron la sobresaliente importancia de las condiciones ambientales en las

relaciones comerciales, cuando países con marcadas diferencias en su reglamentación ambiental y su fiscalización se integran económicamente. El tratado refleja las preocupaciones de los grupos ambientalistas respecto a la relación entre comercio internacional y medio ambiente y, como señala la autora, detrás de estos grupos también está la presión de los sindicatos y grupos del sector privado interesados en mantener sus niveles de protección (CEPAL,1998).

El tema del medio ambiente está presente desde el preámbulo del TLCLAN, en donde se expone que uno de los principales propósitos de éste es "aumentar la competitividad de las empresas mexicanas, canadienses y estadounidenses en forma congruente con la protección del medio ambiente" y se reitera el compromiso de los países firmantes de promover el desarrollo sostenible.¹¹ Se establece el derecho de cada país a determinar el nivel de protección basado en principios científicos y evaluación del riesgo, siempre que no se traduzca en discriminación injustificada o restricciones de comercio.¹² Ningún país deberá relajar sus normas de salud, seguridad o del medio ambiente con el propósito de atraer inversión.¹³ Asimismo, los tratados internacionales relativos al medio ambiente, como el de Basilea, la Convención sobre comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora, y el Protocolo de Montreal, prevalecen sobre el TLCAN, de conformidad con el requisito de reducir al mínimo la incompatibilidad con esos convenios. En las excepciones generales, el tratado permite adoptar medidas que afectan el comercio cuando se busca proteger intereses de índole social o los recursos naturales, siempre que ello no resulte en discriminación arbitraria o restricciones disfrazadas al comercio entre los miembros del TLCAN.

Acompañando al texto principal, el medio ambiente fue tema de uno de los acuerdos complementarios. Este Acuerdo Ambiental Complementario se orienta fundamentalmente a la integridad de las legislaciones ambientales, los asuntos del derecho ambiental que pueden influir en el comercio internacional, las inversiones y al aumento de la participación pública. Establece que los países deben promover la educación ambiental, la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Como parte de este acuerdo se creó la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, instancia encargada de supervisar la cooperación entre los gobiernos y para solucionar controversias.

Los estudios citados señalan que uno de los beneficios del TLCAN y el Acuerdo Ambiental Complementario sobre medio ambiente fue apoyar el esfuerzo

¹¹ Resumen del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, p.1.

¹² *Ibidem*, p.8.

¹³ *Ibidem*, p.17.

público por modernizar y perfeccionar el marco regulador ambiental nacional. Contrariamente a una de las principales preocupaciones de quienes temen que como consecuencia de la liberalización del comercio, la competencia internacional creciente conducirá a un descenso en los estándares ecológicos; sin embargo, como ya se examinó, no existe evidencia que apoye la opinión de que la liberalización haya conducido a una "carrera en descenso" en las reglamentaciones ecológicas. En años recientes la tendencia ha sido de aumentar las reglamentaciones ambientales más que a reducir los estándares, mientras el comercio y la inversión han sido liberalizados. Coincidimos con Jenkins (2000) en que la evidencia muestra que el tratado favoreció la creación de organismos ambientales y fortaleció los que ya existían. Según el autor, no es la liberalización en sí misma la que elevó los estándares ambientales, sino específicamente la entrada al acuerdo regional. En segundo lugar, el esquema de integración implicó que México se asociara a países que ya tenían estándares más altos y tendió a empujarlos.¹⁴

Por último, y no menos importante, las consideraciones ambientales del tratado generaron presiones de mercado a las empresas vinculadas con el sector externo. Estas presiones se combinaron con un grado de exigencia claramente acentuado hacia las empresas grandes, muchas de las cuales son exportadoras, todo lo cual alentó el cambio progresivo en sus estrategias empresariales hacia el medio ambiente. Como ilustraremos en el capítulo 5, con la creciente inserción en el mercado internacional y la firma del TLCAN, tales respuestas se imbricaron con la estrategia competitiva, las decisiones de mercado. Las empresas con relaciones en el mercado externo se vieron presionadas para mejorar su eficiencia para cumplir con las normas ambientales y así sus actividades tecnológicas se orientaron a buscar soluciones que favorecieran una mayor eficiencia, compatible con menores emisiones o descargas.

En nuestra opinión, una limitante importante del "efecto TLCAN" es que su grado de influencia sobre las empresas micro, pequeñas y aun gran parte de las medianas es muy bajo. Por un lado, las principales empresas exportadoras tienden a ser de tamaño grande. Por otro, las exportaciones tienen un alto contenido de importación y esto ha implicado que el potencial de influencia de las exportadoras directas con sus proveedores sea mucho menor. De ahí que los bajos índices de cumplimiento prevalecientes entre las empresas de menor tamaño sean la combinación de una exigencia relativamente reducida, la falta de incentivos de mercado y, como veremos más adelante, el difícil acceso a los instrumentos de apoyo existentes.

¹⁴ Jenkins (2000:35).

3.4. Reflexiones sobre el marco regulador

En las líneas anteriores hemos intentado dar un panorama de la evolución de la normatividad ambiental y los principales instrumentos dirigidos a la industria. No hay estudios que permitan examinar el efecto diferenciado de las normas. Después de todo la legislación y los reglamentos ambientales son relativamente recientes. Los distintos trabajos sobre los factores determinantes del comportamiento ambiental en las empresas industriales mexicanas muestran que la existencia en sí de estas normas y la necesidad de que se cumplan influyen en la toma de decisiones empresariales sobre medio ambiente (Domínguez, 1999; Mercado, 1999; Dasgupta, Hettige y Wheeler, 2000). Sin embargo, no se dispone de estudios sistemáticos para comparar los cambios en los índices de cumplimiento cuando se modifican las normas. De un marco regulador casi inexistente durante los años setenta y el primer quinquenio de los ochenta, se pasó a un estado de cosas que refleja un avance notable. En ese sentido, es indudable que se dio un cambio en el grado de exigencia para el control de la contaminación. Sin embargo, éste dista de ser generalizado.

México, como otros países semindustrializados, tiene un enfoque de normas y control. Como señala Connors (1999), se recurrió a éste porque constituye una herramienta de regulación directa con amplia aplicación debido a la elevada complejidad atribuida a los instrumentos económicos. Así, la mayor parte de los países semiindustrializados tienen este enfoque y no ha desaparecido del todo en los desarrollados. Un primer aspecto que ha llamado la atención de los estudiosos sobre el tema (Romero, 1987; Urquidi, 2002; Mercado y Blanco, 2003) es la enorme diferencia entre la cantidad de normas para las emisiones a la atmósfera y las referidas al agua e incluso frente a la falta de regulación de los residuos. Con estos extremos existe el riesgo de que se presenten ineficiencias, como señalan Mercado y Blanco (2003). Por un lado, con tan pocas normas para el agua se puede generar un problema de ineficiencia en el cumplimiento en la medida que deba acatar la misma norma todo tipo de establecimiento industrial independientemente del costo marginal de cumplimiento que puede relacionarse con el proceso productivo, la localización y el tamaño. Por otro lado, con tantas normas para el aire, tiende a elevarse el costo de inspección y monitoreo. Otro aspecto que muestra un grave rezago es la falta de regulación de actividades como la agricultura y los servicios hospitalarios, entre otros.

Como señala Urquidi (2002), la aplicación de las disposiciones ha tenido un enfoque por empresa, sin referencia a conjuntos de empresas situadas en una misma zona o localidad. Se ha destacado el control sobre las de mayor tamaño. La presión de la regulación ha estado virtualmente ausente entre las micro y pequeñas empresas, como diversos estudios muestran. De ahí que exista un alto grado de heterogeneidad

en el desempeño ambiental y el cumplimiento de las empresas en la industria mexicana (Romero, 1997; Domínguez, 1999; Mercado, 1999; Dasgupta, Hettige y Wheeler, 2000).

Se dispone de pocos instrumentos económicos. Los de apoyo han tenido muy poco efecto, como lo muestran los escasos estudios realizados al respecto, aspecto que se analiza en el capítulo 5. Las empresas que los utilizan son por lo general grandes y escasas. Urquidí a lo largo de distintos trabajos ha insistido en que el instrumento de la depreciación acelerada no es adecuado para las pequeñas empresas ya que están registradas en regímenes fiscales que no la utilizan (o son informales).

En una encuesta de 90 empresas industriales realizada en 1995 (Domínguez, 1999), se sondeó la información disponible sobre la depreciación acelerada vigente a partir de 1994. De las 90 sólo 14 usaron este estímulo y 33 señalaron no conocerlo, lo que implica que un 37% no están informadas de los estímulos disponibles para invertir en equipo anticontaminante. Lo anterior muestra que las empresas no contaban con información sobre los estímulos fiscales vigentes, los cuales les permitirían mejorar su comportamiento ambiental; pero por otro lado la autoridad ambiental tampoco sabe quiénes están utilizando el incentivo. En años posteriores, la depreciación acelerada se hizo más conocida entre las empresas grandes. Pero el instrumento, más que un incentivo en las decisiones de tecnología ambiental para desencadenar una decisión de inversión, produce *ex post* una ganancia adicional (*windfall profit*) (Domínguez y Mercado, 2000).

En el caso del arancel cero la SECOFI (ahora Secretaría de Economía) informó que se recibieron sólo 49 solicitudes de junio de 1998 a diciembre de 1999, de las cuales se rechazó una. Se detectó que el listado de equipo anticontaminante no era suficiente, pues no incluía equipos para energía, gas natural, etc. Así que su utilización ha sido también limitada.

Por otra parte, debe señalarse una desigual aplicación en la exigencia de la regulación ambiental, lo cual explica el bajo índice de cumplimiento entre las pequeñas y microempresas. Naturalmente, un sistema de monitoreo sería muy costoso y por tanto es indispensable remover los obstáculos que impiden a estas empresas cumplir con la normatividad. Uno de ellos, sin duda, es su carencia de crédito competitivo. Ante esta situación, idóneamente debería haber instrumentos fiscales y financieros para ayudar a las empresas a salvar estos obstáculos financieros.

Tal vez el problema más grave entre las empresas pequeñas y medianas sea la acumulación insuficiente de capacidades tecnológicas para identificar y resolver sus problemas técnico-ambientales. Esto plantea la necesidad de establecer lazos entre

los instrumentos de la política de modernización y desarrollo tecnológico y la política ambiental.

Por último, es notorio que los pocos instrumentos de apoyo a las empresas se han formulado en una perspectiva que ata su concesión a las inversiones para controlar la contaminación, en el supuesto de que si las empresas logran un beneficio económico no requerirán ningún apoyo. Este criterio lo aplican con gran precisión las autoridades de la Secretaría de Hacienda y en cambio no se dispone de un instrumento que favorezca inversiones para elevar la eficiencia y a la vez disminuir la contaminación. De esta forma la situación contradice el espíritu de las reformas a la ley de diciembre de 1996, que señala la necesidad de contar con instrumentos para inducir a los actores causantes de la contaminación a adoptar medidas correctivas y preventivas (Urquidi, 2002). En otras palabras, no sólo se dispone de pocos instrumentos económicos con fines ambientales, sino que los que hay tienden a ignorar la importancia de las tecnologías limpias de tipo preventivo.

Hoy día una exigencia de la clase empresarial es que se le otorguen incentivos económicos y se dé preferencia a la autorregulación. Se señala que si bien las auditorías voluntarias fueron importantes en un principio, la PROFEPA no tiene la capacidad para incluir a todas las empresas.

4. El subsistema sectorial de innovación ambiental en México

Se ha revisado ya el papel que tienen las características socioinstitucionales en el alcance y la dirección de las innovaciones y su difusión de la tecnología (Kemp, 1993;). Estas características se refieren al entorno institucional de la empresa que comprende clientes, proveedores, consultorías, instituciones de investigación tecnológica o capacitación, agentes financieros y, finalmente, otras empresas competidoras. La empresa debe eventualmente interactuar con ellos, pero para adquirir información y conocimiento útil debe tener la habilidad de relacionarse. Es decir, las empresas son consideradas como el pivote de una red de interacciones con otras instituciones para la innovación ambiental. De hecho, la habilidad de vincularse o relacionarse forma parte de las capacidades de la empresa (Montalvo, 2003; Lall, 1992; Bell y Pavitt, 1993). A continuación presentamos las características del subsistema sectorial de innovación ambiental en sí mismo, aspecto que se presenta en este capítulo.

Casalet (2000) analiza las instituciones de apoyo a las innovaciones que forman el sistema nacional de innovación e identifica sus facultades y funciones. La autora examina el desempeño de esta matriz institucional en sus distintas fases y encuentra que los organismos públicos de investigación y desarrollo hoy día se orientan en mayor medida a los servicios de control de calidad, normalización, verificación de procesos y modernización tecnológica que a las actividades para las que fueron creados. A su vez esto es parte de la interacción coevolutiva de las demandas de las empresas que están más expuestas a la competencia internacional. Estas demandas también han empujado a las organizaciones a adoptar estructuras más eficientes y flexibles, como en el caso del Instituto Mexicano del Petróleo o el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, entre otras. Sin embargo, la autora señala que no está claro el futuro de la reforma institucional porque todavía hay coalición de poder al interior y fuera de las instituciones, las cuales imponen obstáculos a estos cambios. Por tanto, el proceso muestra que la coordinación y las actividades de interacción son raras. En el interior de las distintas actividades funcionales mencionadas -proveer incentivos, reducir la incertidumbre o realizar actividades especializadas de investigación y desarrollo,- la coordinación y el diálogo entre ellas son escasos. La autora encuentra además que la capacidad de NAFIN como banca de desarrollo y el apoyo a las actividades de innovación han perdido importancia en favor de organizaciones como el BANCOMEXT, cuyas actividades están muy ligadas a la

globalización y a los apoyos a actividades más urgentes, como el desarrollo de cadenas productivas. Concluye que el apoyo directo encaminado a consolidar instituciones públicas y privadas orientadas a la tecnología es aún incipiente y atomizado.

Por otra parte, la evidencia muestra que la colaboración entre la industria y las universidades y los centros de investigación e institutos tecnológicos es débil (Casas, de Gortari, Luna, 2000). Con información de CONACYT (1997) las autoras muestran que sólo 4% de las empresas innovadoras habían celebrado acuerdos de colaboración con universidades para mejorar productos o procesos; la mayor parte de las empresas eran empresas mexicanas. Siguiendo al mismo estudio, los mencionados acuerdos implican una variedad de actividades, entre las cuales las de investigación y desarrollo tienen un nivel medio de intensidad. La mayor parte de las actividades en esta categoría están relacionadas con asistencia técnica, servicios de ingeniería e información.

Para 2001 no se detecta ningún cambio. En la Encuesta Nacional de Innovación de 2001 (CONACYT, 2004) la proporción de empresas con acuerdos de colaboración con universidades e institutos de investigación, públicos o privados, era de 3% en el caso de productos y 4% en el de procesos. Cuando hay alguna interacción, el mayor porcentaje se da con otras empresas (15 y 25%, respectivamente). La misma fuente permite comprobar que estos arreglos son más frecuentes en el caso de las empresas de mayor tamaño. En tanto 33% de las que cuentan con más de 750 trabajadores tienen algún acuerdo para actividades de innovación, esto, sólo sucede con 10% de las empresas que emplean de 50 a 100 trabajadores.

Para Casas, De Gortari y Luna (2000) los obstáculos en las relaciones universidad e industria forman parte de una compleja gama de factores, entre los cuales están la carencia de una cultura innovadora entre las empresas, las incipientes estrategias de las instituciones de educación superior y la falta de definición de las políticas industriales y tecnológicas gubernamentales. Sin embargo, entre los obstáculos señalados nos parecen de mayor importancia la falta de coordinación entre los tres participantes; de recursos financieros y de capital para fundear la colaboración; así como la falta de mecanismos apropiados para el flujo de conocimiento, expresados en estructuras intermedias, el escaso valor adjudicado a la tecnología por los empresarios y la insuficiencia de incentivos para que ocurran estos arreglos de cooperación.

Los análisis anteriores permiten ubicar el subsistema sectorial de innovación ambiental en su entorno general. Tal como podríamos esperar, este subsistema padece problemas similares. Sin embargo, la revisión de investigaciones pasadas

apunta al surgimiento de nuevas instituciones relacionadas con la innovación y la difusión de tecnologías más limpias, generación de información relacionada con el control de la contaminación y apoyos explícitos para inversiones ambientales. De ahí que sea necesario examinar la especificidad de este sistema. A continuación se presentan los principales componentes del subsistema sectorial de innovación ambiental en México.

Este subsistema está compuesto por un conjunto de programas públicos y privados que ofrecen servicios de investigación y asistencia tecnológica ligada al medio ambiente, así como apoyo financiero. Estos programas se ofrecen en centros tecnológicos públicos, universidades e instituciones educativas públicas, al igual que en asociaciones y organismos empresariales. Para su presentación se agrupan según su actividad: información, capacitación, investigación y consultoría o apoyos crediticios.

4.1. Programas de información, capacitación, investigación y consultoría tecnológica ligados al medio ambiente

El Programa de Ciencia y Tecnología 1995-2000 establece la necesidad de estudiar los problemas del medio ambiente en los que la ciencia y la tecnología puedan desempeñar un papel importante. Asimismo, señala la importancia de la educación ambiental como mecanismo para establecer un código de conducta coherente con la diversidad y complejidad ecológica de México. El Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 no contiene referencias a problemas nacionales específicos. Sin embargo, el CONACYT apoya los proyectos ligados al medio ambiente de distintas formas: con fondos sectoriales o mixtos o mediante las instituciones de investigación SEP-CONACYT. De esta manera, con los fondos sectoriales la SEMARNAT apoya proyectos que pueden dar solución a cuestiones como las siguientes: aprovechamiento sustentable del agua; ordenamiento ecológico y la protección de ecosistemas; contaminación y degradación ambiental; contaminación atmosférica; y estudios de políticas públicas sobre determinantes del cumplimiento ambiental. Las instituciones directamente coordinadas por la SEMARNAT son el Instituto Nacional de Ecología y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Con fondos sectoriales también apoyan se apoyan proyectos de instituciones públicas de investigación relacionados con las metas explícitas arriba señaladas. Con los fondos mixtos la institución participa parcialmente en el financiamiento de proyectos de desarrollo científico y tecnológico de estados y municipios. No hay posibilidad de saber la proporción del gasto destinado a la cuestión ambiental. De 579 proyectos, 89 están dedicados a la resolución de problemas sociales, entre los cuales cabe incluir el tema

ambiental. En 2001 el gasto con propósitos ambientales fue apenas de 1.2 por ciento. El grueso del gasto en ciencia y tecnología se dedica a cuatro objetivos: educación, energía, salud y agricultura (86%).¹⁶ Pero según el CONACYT (2003) Este rubro se incrementó 85% al siguiente año.

Hay un conjunto de instituciones públicas y privadas que dedican toda o parte de su actividad a la investigación, asistencia técnica y difusión de información sobre el cuidado del medio ambiente a las empresas. Entre las instituciones del sistema SEP-CONACYT relacionadas con el desarrollo tecnológico, varias tienen entre sus servicios el análisis de impacto tecnológico, el tratamiento o reciclamiento de efluentes y la certificación para la obtención de sellos verdes. Varias de estas instituciones proporcionan servicios ambientales a las empresas industriales, por ejemplo, el Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado (CIATEC), que ha participado muy activamente en el ramo ambiental en la industria del cuero en Guanajuato, Guadalajara y el Distrito Federal; el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ) que desarrolló un paquete tecnológico para la reducción, tratamiento y reutilización de las aguas residuales de la industria textil en el centro del país; la Corporación Mexicana de Investigación de Materiales (COMIMSA) que ha desarrollado para la PYME programa para la elaboración de inventarios, auditorías y sistemas anticontaminantes para reducir la generación de residuos en la industria de fundición en Coahuila.

El Centro de Producción más Limpia es una institución formada por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), y por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el fin de propiciar mejores prácticas ambientales. Tiene su sede en el Instituto Politécnico Nacional y sus metas consisten en incorporar el concepto de producción más limpia en la industria nacional (independientemente de su tipo y tamaño), en la currícula de los departamentos de ingeniería y administración de las universidades, y en los servicios ofrecidos por los consultores ambientales.¹⁷

La labor del Centro es de gran interés porque busca allanar uno de los obstáculos que enfrentan las micro y pequeñas empresas, mencionados en la última sección del capítulo anterior, sobre la falta de información tecnológica. Así, el centro ha elaborado unos manuales para la minimización de residuos en siete industrias. Cabe señalar que estos manuales están pensados para sean los mismos empresarios quienes lleven a cabo las acciones para minimizar residuos, y acciones les reditarán

¹⁶ CONACYT. Programa Especial de Ciencia y Tecnología, p.111.

¹⁷ www.cmpl.ipn.mx.

ahorros en insumos, agua y energéticos. Sus sugerencias no conllevan gastos de inversión onerosos que por lo general este tipo de empresas están renuentes a realizar.

La Comisión Nacional de Ahorro de Energía es una institución que depende de la Secretaría de Energía, que aunque su objetivo inmediato es otro, sus programas sin embargo contribuyen directamente a la reducción de emisiones. La CONAE trabaja en el fomento de opciones que facilitan la realización de proyectos de ahorro de energía y aprovechamiento de energías renovables. Los "programas de gran alcance" son protocolos que proporcionan información sobre los elementos necesarios para la identificación de los potenciales de ahorro de energía y aprovechamiento de energías renovables, así como para la realización de las acciones necesarias para su aprovechamiento. También proporciona asesoría mediante el modelo de Empresas de Servicios Energéticos (ESCO)¹⁸.

Instituciones de educación superior pública y privada ligadas con la capacitación, investigación y asesoría de problemas ambientales a las empresas

Las universidades e institutos tecnológicos están participando crecientemente en la investigación ligada al medio ambiente, y la prestación de asesoría tanto a entidades de gobierno como a las empresas. En estas líneas se mencionan los esfuerzos más notables sin que ello implique una presentación en detalle.

La UNAM cuenta con varias facultades e institutos cuyas líneas de investigación se relacionan con las tecnologías ambientales, las alternativas energéticas y los análisis de recursos naturales. Podría decirse que en toda facultad hay algún proyecto ligado a estas cuestiones. Entre las que destacan por dar servicio a las empresas industriales están las facultades de Química y de Ingeniería, así como los institutos de Química y de Ingeniería. Sus servicios van desde el uso de sus laboratorios para exámenes de emisiones y estudios de impacto ambiental, hasta el diseño de sistemas para la desinfección de aguas tratadas, tecnologías avanzadas para el tratamiento de agua potable y reutilizada, investigación de materiales para lograr sustituir insumos, tecnología para el tratamiento de residuos peligrosos y diseño de sistemas para su minimización.

¹⁸En términos generales, las ESCO ofrecen sus servicios para el desarrollo de proyectos de ahorro de energía y aprovechamiento de energías renovables sin inversión por parte de los usuarios de energía, al integrar las capacidades técnicas características de una empresa consultora, el capital necesario para realizar las inversiones y el apoyo legal necesarios. Véase: <http://www.coane.gob.mx>.

La UAM tiene, asimismo, varios proyectos relacionados con el medio ambiente. La unidad de Ixtapalapa cuenta con un departamento de ingeniería ambiental que ha colaborado con empresas industriales en el diseño de reactores biológicos para controlar emisiones y de plantas de tratamiento y reciclamiento de aguas, entre otras cosas. En la UAM-Xochimilco hay un proyecto vinculado con las innovaciones en la gestión y manejo del agua.¹⁹

Las universidades públicas de los estados también prestan servicios similares. La Universidad de Guadalajara y la Universidad Autónoma de Nuevo León ha celebrado varios convenios de vinculación con empresas industriales para el diseño de sus plantas de tratamiento de agua, reciclamiento de desechos, entre otras cosas (Domínguez, 1995).

Por último el ITESM tiene varios centros relacionados con la consultoría y capacitación ambiental a las empresas. Entre éstas destacan el Centro de Calidad Ambiental (CCA) y el Centro de Información para la Ecoeficiencia en los Negocios (CIEN). A diferencia de los servicios proporcionados por las universidades, estos centros también ofrecen los servicios de información y gestión ambiental, en tanto que los otros se relacionan más con los aspectos del "hardware" de la tecnología ambiental. El CIEN facilita información sobre ecoeficiencia a toda empresa interesada. Este servicio es el resultado de una alianza estratégica del ITESM con el Consejo Empresarial para el Desarrollo sostenible en América Latina (CEDSAL).

Programas de asesoría e información ligados a asociaciones de productores o iniciativas empresariales.

Entre los programas más importantes mencionaremos cuatro: el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible (CESPEDES), el Instituto para la Protección Ambiental en Nuevo León, el programa de *Responsabilidad Integral* de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) y la Iniciativa GEMI. Estos programas están muy ligados a información, vinculación entre el sector empresarial, servicios de gestión pero también consultoría técnica.

El CESPEDES se fundó en 1994 por iniciativa de un grupo de empresarios mexicanos con el objetivo de promover acciones desde el sector privado tendientes a propiciar un desarrollo industrial menos agresivo con el medio ambiente. Cuenta con varios centros regionales de gestión ambiental empresarial y está integrado en la red latinoamericana como el Consejo Mexicano para el Desarrollo Sostenible. Ejemplos de centros regionales es el CEDES-Golfo de México y la AISTAC, asociación de 21

¹⁹ <http://www.xoc.uam.mx/~prodeco/agua.htm>

industriales del sur de Tamaulipas. Esta asociación cuenta entre sus miembros un núcleo fuerte de empresas petroquímicas y químicas que han participado activamente en los comités para el desarrollo de intercambio de experiencias y canalización de esfuerzos en búsqueda de soluciones y alternativas en varias áreas, entre las cuales están protección ambiental, emergencias, medicina ocupacional. Sus talleres de ecoeficiencia han logrado resultados exitosos en varias empresas²⁰.

El Instituto para la Protección Ambiental (IPA) de Nuevo León fue fundado por la Cámara de la Industria de la Transformación de Nuevo León (CAINTRA) para atender la demanda de asesoría en materia ambiental por parte de sus socios. Además de los servicios de representatividad, tramitación de licencias y permisos, proporciona capacitación ambiental y ayuda técnica experta en minimización y manejo de residuos ambientales.

El programa de *Responsabilidad Integral* de la ANIQ pretende que quienes lo adoptan transformen su cultura y desarrollen un proceso de mejora continua que les permita, en primera instancia, cumplir con las leyes y reglamentos vigentes en nuestro país, así como mantener una relación armónica con autoridades y sus comunidades vecinas para posteriormente alcanzar niveles de desempeño que les permitan reforzar su competitividad en los mercados nacional e internacional.²¹ Contiene varios elementos de los cuales tal vez el más importante se refiere al seguimiento de los códigos y prácticas administrativas que pretenden abarcar el ciclo completo de vida de un producto, lo cual implica la responsabilidad de su cuidado desde la concepción hasta su disposición final. Los Códigos de Prácticas Administrativas establecen las metas y objetivos de tipo cualitativo y se supone que deben cumplirse en cada parte del ciclo de vida de un producto, por lo que cada compañía debe analizar con sumo cuidado su contenido, adaptarlo a sus propias necesidades y, posteriormente, elaborar su estrategia individual de instrumentación.

El programa fue desarrollado por varios de los asociados grandes de la ANIQ, entre los cuales están DUPONT que fue uno de los creadores de la iniciativa internacional *Responsible Care*. La ANIQ requiere que sus asociados se comprometan con el programa y si un asociado no cumpliera con éste se le retira de la asociación. En distintas entrevistas realizadas se pudo comprobar que para empresas de menor tamaño los puntos requeridos por este programa a sus asociados son útiles (Domínguez, 2000).

La iniciativa GEMI es un programa que apoya la mejora continua en todos los campos de las empresas basándose en la filosofía de la ecoeficiencia, que busca

²⁰ <http://www.aistac.org.mx>.

²¹ Asociación de la Industria Química, <http://aniq.org.mx>.

lograr productos y servicios de alta calidad, al mismo tiempo que reducir los impactos ambientales derivados de su producción.

La iniciativa GEMI se define como una organización empresarial sin fines de lucro, que busca fomentar la administración ambiental entre las empresas del país a través del desarrollo, difusión e implementación de sistemas, mecanismos y herramientas basadas en el enfoque de Calidad Total.²² La asociación tiene distintas actividades. Una de gran interés, en nuestra opinión, es la del desarrollo de proveedores para garantizar la sustentabilidad de insumos críticos en la cadena. Esto permite la asistencia informal entre empresas y puede alentar el cambio en empresa que quieren permanecer entre los proveedores de las empresas miembros de esta organización. De acuerdo con esta iniciativa las empresas financian a sus proveedores críticos para que estén en posibilidades de cumplir con la normatividad.

La iniciativa GEMI, que no considera a empresas pequeñas y medianas dentro de sus objetivos y alcances, ha generado el *Listado de Autoverificación* que si es aplicable para cualquier tipo de empresa. Este listado ofrece una respuesta a la necesidad empresarial de contar con una herramienta de fácil acceso que le permita evaluar el grado de cumplimiento de la legislación ambiental vigente y aplicable. Está basado en una reexpresión de la normatividad vigente en forma de preguntas e incluye recomendaciones de "Buenas Prácticas Ambientales" que si bien no tienen sustento legal, pueden ayudar a su cumplimiento o desempeño ambiental. La versión completa incluye un listado de evaluación de un sistema administrativo ambiental basado en ISO-14001, otro más completo elaborado por la *Global Environmental Management Initiative* y un Listado de Relaciones con la Comunidad.

4.2. Programas de apoyo crediticio y financiero para las inversiones ambientales de las empresas industriales²³

Las instituciones que manejan estos programas son NAFIN, CONACYT y FUNTEC. NAFIN maneja varios de estos programas e informa que ha formado CONSULTORES expertos en sus instrumentos. Hay programas dirigidos exclusivamente a medio ambiente, como son el esquema para el mejoramiento ambiental NAFIN -Japan Bank for International Cooperation, el Proyecto para la Protección de la Capa de Ozono y el Programa NAEF (*North America Environmental Fund*). Otros fondos pueden ser utilizados para varios propósitos, no exclusivamente para propósitos ambientales.

Mediante su Programa de Modernización Tecnológica (PMT), el CONACYT ha financiado entre 1996 y 2002 la introducción de equipo y maquinaria con mayor

²² <http://gemi.org.mx>.

²³ La exposición de este punto descansa en Domínguez (2003).

eficiencia energética y menos emisiones, en empresas que estaban simultáneamente resolviendo el control de la contaminación y la actualización de su maquinaria.

La Fundación Mexicana para la Innovación y Transferencia de Tecnología en la Pequeña y Mediana Empresa, A.C. (FUNTEC) y la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) establecieron un fondo (FIPREV) para apoyar a la pequeña y mediana industria mexicana en la realización de inversiones y transferencia de tecnología mediante financiamiento y asesoría. La FUNTEC está manejada por la CONCAMIN. Es decir, es una iniciativa empresarial. Las ventajas económicas y ambientales de realizar este tipo de proyectos se centran en el hecho de que prevenir la contaminación da mejores resultados en el mediano y largo plazo y brinda un mayor costo / beneficio comparado con las medidas tradicionales. Se apoyan proyectos de tecnología preventiva. Esto permite que los empresarios puedan realizar un ahorro que les motive para cumplir con la normatividad.²⁴

El FIPREV es manejado totalmente por la FUNTEC, que recibe y sanciona los proyectos, otorga los recursos y da seguimiento tanto a la línea como a los resultados de todo el proyecto. La mayor parte de los créditos de FIPREV han sido otorgados a la industria del cuero, pero algunos se han otorgado a la industria metalmetálica, galvanoplastia, química y tintorerías. A la fecha, la mayor parte de estos préstamos tienen la finalidad de solventar la asistencia técnica a empresas para realizar transformaciones en el proceso productivo que permitan reducir el consumo de agua o materiales. De los 25 préstamos otorgados, todos han sido pagados totalmente con puntualidad. Con base en los ahorros de 1.465 toneladas de sustancias químicas, la institución estimó que los beneficios económicos de este programa alcanzan 646,000 dólares por año desde su creación en 1996 (Gallagher, 2001).

Sin embargo, la institución en una entrevista informó que, a pesar de haber difundido el programa por medio de cámaras industriales y foros multiempresariales, el potencial de su capacidad crediticia ha sido subutilizado, en otras palabras la demanda ha sido insuficiente.

4.3. Limitaciones del subsistema sectorial de innovación ambiental en México

Hemos reseñado las características más relevantes del subsistema sectorial de innovación ambiental en México. En los últimos seis o siete años hay un avance institucional de apoyo a la tecnología amigable con el medio ambiente, con programas que proveen información, asistencia técnica, desarrollo tecnológico y apoyo crediticio. Como veremos adelante, estas instituciones tienen interacciones con buena parte del grupo de empresas que ha realizado innovaciones ecoeficientes, las cuales sin

²⁴ <http://www.cec.org>.

embargo distan de ser la norma en el conjunto manufacturero. Entre los aspectos muy positivos están el involucramiento empresarial en estos programas y su acento en la ecoeficiencia, tales como la iniciativa GEMI, el programa de responsabilidad integral de ANIQ y AISTAC con la intención de proporcionar información, asesoría y medios de autoevaluarse a las empresas.

En nuestra opinión, buena parte de los problemas del subsistema de innovación ambiental coinciden con lo expuesto para el sistema nacional de innovación.

i) La difusión de estos programas es escasa y su cobertura es extremadamente limitada. Frente a los miles de establecimientos pertenecientes a los estratos de menor tamaño, las cuales requieren mayor ayuda, la valiosa actividad de instituciones como el Centro de Producción más Limpia queda muy corta (decenas de empresas por año), como se pudo comprobar con las entrevistas. Sus manuales tienen tiraje muy limitado, se agotan y tardan en resurgir. Sólo se venden en el Centro. En últimas fechas se recurre al *internet*, lo que puede paliar el problema. Sin embargo, el todavía reducido número de microempresas con computadora y el aún menor con capacidad de acceso y manejo de *internet*, sugiere que la cobertura será todavía reducida.

ii) Falta de coordinación de esfuerzos. En un estudio reciente se pudo comprobar la duplicación de esfuerzos entre instituciones. Tampoco se coordinan las instituciones de asistencia técnica con los programas crediticios (Domínguez, 2003). Por último, no siempre los programas encuentran el apoyo decidido de las instancias gubernamentales, como en el caso del cuero en Guanajuato.

iii) Carestía, falta de difusión y dificultad de acceso en los programas crediticios. A pesar de que se cuentan con financiamientos para proyectos donde cabe el mejoramiento ambiental como propósito, no son fácilmente localizables y una vez conocidos sigue siendo difícil acceder a ellos. Aunque la tasa de interés ha bajado en México, todavía el crédito es caro para los empresarios en contraste con otros países. Las empresas grandes recurren a otras fuentes, muchas veces con la banca extranjera, por lo que los fondos no se utilizan.²⁵ Con la excepción de FIPREV, que otorga directamente los fondos, la banca comercial se encarga de otorgar los créditos de los programas de NAFIN, que sólo funciona como banca de segundo piso, con poca flexibilidad. Sigue subsistiendo el problema de que los bancos no aceptan las garantías de las empresas y el programa de garantías ofrecido por NAFIN se considera como complementario.

²⁵ Por ejemplo, los créditos del Japan Bank for international Cooperation fueron otorgados a apenas diez empresas en 2002. El crédito para la reducción de la capa de ozono desde su inicio había beneficiado a dos empresas. El resultado fue una utilización de sólo 7 de 13 millones de dólares (Domínguez, 2003).

iii) Limitado acercamiento de las pequeñas empresas a los servicios de asesoría técnica ambiental de centros y universidades. Aunque la demanda de las empresas industriales de vincularse con centros tecnológicos y universidades ha avanzado, la colaboración entre universidades e industria es todavía débil, en particular en el caso de las empresas pequeñas. En este aspecto confluyen dos temas. Por un lado, los problemas de financiamiento característicos de estas empresas y la insuficiencia de apoyos crediticios desalientan el acercamiento a estos centros. Por otro, las micro y pequeñas empresas tienen menores índices de cumplimiento de las regulaciones ambientales. Es decir que el incentivo de demanda para resolver problemas ambientales no está logrando motiva la vinculación con estos centros.

Se forma así un círculo vicioso. Por un lado, las empresas se quejan de falta de financiamiento. Por otro, las instituciones de apoyo crediticio para medio ambiente se enfrentan a problemas de baja demanda y recursos que no se utilizan. Esto último sucede porque, como se ha mencionado, las pequeñas empresas muchas veces no cumplen con todos los requisitos para acceder a los créditos. Pero de manera simultánea, su demanda por créditos ambientales es baja porque las restricciones impuestas por la regulación ambiental son mucho más laxas con ellas. Tampoco hay instrumentos económicos que incentiven la inversión ambiental de las pequeñas y microempresas y, adicionalmente debe considerarse que al estar desarticuladas del sector exportador tampoco funciona la presión del mercado tampoco funciona para que estas empresas resuelvan sus problemas de contaminación.

En suma, se repite la descoordinación de esfuerzos entre instituciones que Casalet (2000) encuentra en su análisis del sistema nacional de innovación. La vinculación de las empresas con estas instituciones es limitada. El tema de una exigencia reguladora más laxa para las PYMES tiene como posibles explicaciones que éstas han sido las más afectadas por la inestabilidad macroeconómica, y la ruptura de las cadenas productivas y el deterioro del mercado interno. Por otra parte, como ya se ha señalado, su alto número y dispersión haría que una fiscalización directa fuera demasiado costosa en relación con el problema que cada una impone a la sociedad. En consecuencia, en tanto no haya incentivos económicos más definidos para el control de la contaminación en la PYME, a la inercia de baja demanda de los servicios tecnológicos y de investigación de los centros tecnológicos e instituciones de educación superior, se suma la baja prioridad que los servicios ambientales tienen para la pequeña empresa y por consecuencia, la debilidad de este mercado.

**III. CAMBIO ESTRUCTURAL, CAPACIDADES TECNOLÓGICAS E INNOVACIÓN
AMBIENTAL EN LA EMPRESA MEXICANA**

5. Propuesta metodológica

El análisis de los factores que subyacen a la innovación y que radican en la empresa tiene un carácter complejo por lo que se enfrentan algunas dificultades que obligan a pensar en distintos enfoques metodológicos. El concepto del aprendizaje ambiental tiene muchas dimensiones que es necesario considerar para un mayor entendimiento de las innovaciones ambientales. Muchas de ellas son de carácter eminentemente cualitativo. Además, se trata de un tema que no es reductible a un enfoque de estática comparativa; es un proceso dinámico. De ahí la necesidad de una propuesta metodológica que permitiera un análisis desde dos cortes: uno que partiera de las entrañas del comportamiento "micro", que profundizara en las estrategias empresariales y sus determinantes. Éste es lo que se aborda con los estudios de caso. El otro, busca una expresión sistemática desde indicadores que deben reflejar los comportamientos que se busca enfatizar.

Estudios de caso

En los estudios de caso se presentan los cinco más destacados de los veinte realizados en los últimos diez años en distintas investigaciones, entre empresas reconocidas como líderes en su desempeño ambiental por autoridades del ramo y representantes camarales. Estos estudios se iniciaron con la investigación sobre el comportamiento empresarial relacionado con la preservación del medio ambiente y el uso de los instrumentos económicos con fines ambientales realizadas en 1994 en El Colegio de México con el constante apoyo y guía de Don Víctor Urquidi (Mercado, 1999). Desde el inicio, las entrevistas para estos estudios de caso mostraron un proceso de aprendizaje tecnológico en la búsqueda de soluciones de los problemas ambientales de la empresa. Esto constituyó una motivación para ahondar en mis investigaciones en el tema y continuar el desarrollo de estudios de caso, cuya riqueza de información está fuera de duda.

La finalidad de presentar estos estudios de caso en la tesis es mostrar la presencia de innovaciones ambientales, sus principales características y factores que intervinieron en ellas, tales como las fuentes de conocimiento, interacción con consultores, universidades, clientes y forma de financiamiento. Se trata de empresas de capital nacional y desde luego no se pretende que sean generalizables, dado que las empresas son en principio sobresalientes en su tipo en cuanto a capacidades organizacionales y tecnológicas, situación que es característica de un núcleo de empresas que han sido parte del cambio estructural de la industria.

De antemano hay un sesgo conciente en la selección entre empresas sobresalientes en su tipo en cuanto a capacidades organizacionales y tecnológicas. La idea era entender el proceso de aprendizaje tecnológico de estas empresas cuando se abocan a la necesidad de cumplir con la normatividad ambiental y extraer lecciones de estos los casos exitosos.

De los cinco estudios incluidos, sólo uno data de 1995, sin ninguna revisión posterior (caso 5). El caso 1 fue iniciado en 1995, ampliado y revisado en los años 1998 para un estudio de empresas de fibras químicas (Domínguez, 2000) y otro para el Instituto Nacional de Ecología en el que se utilizó una muestra de 12 empresas (Domínguez y Mercado, 2000)²⁶. Los otros dos casos fueron realizados en el año de 2000 en el marco del último estudio. La decisión de incluir el primero, con casi diez años de antigüedad, se fundamentó en que era ilustrativo de un cambio con gran incidencia en el desempeño ambiental de la empresa sin necesidad de grandes inversiones, pero en el que se aprecia un proceso de búsqueda y aplicación de los conocimientos del ingeniero de producción y del dueño. Estos casos se basaron en entrevistas a profundidad que giraron alrededor de una gama de preguntas a la dirección general y departamentos ligados a aspectos contables y otras dirigidas a planta que fueron contestadas por los departamentos de producción y medio ambiente.

Los detalles de los temas sobre los cuales versaron las entrevistas fueron las siguientes.

Dentro del primer grupo dirigido a la dirección general mencionaremos las siguientes:

- a) Características generales de la empresa: giro, empleo, crecimiento de ventas, propiedad del capital, inicio de la empresa.
- b) Enfoque hacia medio ambiente:
- c) Definición de política corporativa explícita
- d) Motivaciones para mejorar el desempeño ambiental
- e) Principales enfoques para controlar la contaminación
- f) Costo anual aproximado de los gastos dedicados a este fin
- g) Impacto económico de estos costos
- h) Financiamiento y obstáculos enfrentados por la empresa.
- i) Uso de incentivos fiscales de regulación ambiental:
- J) Conocimiento de los instrumentos

²⁶ La muestra de las doce empresas del estudio de Domínguez y Mercado (2000) se hizo con base a una muestra de 34 empresas señaladas por autoridades o representantes de la industria como preactivas en términos ambientales. De esas sólo 12 concedieron la entrevista realizada en Octubre de 2000.

k) Destino de uso de los instrumentos, opiniones y sugerencias de cambio.

Las preguntas para los departamentos de producción y medio ambiente son las siguientes:

l) Producción, exportaciones

m) Ubicación del nivel tecnológico de la empresa:

n) Estándares de calidad y ambientales

ñ) Caracterización de la empresa según los dos cambios más importantes respecto a grado de automatización, cambios en insumos, equipo eficiente en energía, capacitación técnica e introducción de nuevos productos, presencia de investigación y desarrollo o programas de ingeniería.

o) Retos ambientales: fuentes principales de contaminación y metas de la empresa al respecto.

Gestión ambiental:

q) Organización institucional para cumplir con la regulación

r) Existencia o no de manuales de gestión ambiental.

s) Características de las soluciones técnicas pro-ambientales en la planta: tipo de equipo y fecha de instalación

t) Fuentes de asesoría ambiental

w) Características principales del desempeño ambiental de la empresa

Análisis estadístico

La relación entre el gasto ambiental y la productividad se analizó mediante el método de agrupamientos y un modelo econométrico. Cabe señalar que antes del procedimiento anterior fue necesario proponer una metodología para medir las capacidades tecnológicas.

Metodología para la medición de las capacidades tecnológicas

Ciertamente, las investigaciones dirigidas a la innovación ambiental han sido anecdóticas, basadas en estudios de caso, y han sido cuestionadas por ofrecer poca evidencia de esta segmentación o heterogeneidad en el ámbito de la industria. No es posible ni debido generalizar a partir de estos estudios. De ahí la necesidad de presentar resultados sólidos para una muestra de empresas industriales que permita analizar el papel de las capacidades tecnológicas en presencia de innovaciones ambientales favorables a la eficiencia.

El ejercicio de medición de las capacidades tecnológicas de la industria mexicana busca aportar luces sobre los siguientes aspectos.

1. Las actividades de aprendizaje que más inciden en el nivel general de las capacidades tecnológicas de las empresas industriales mexicanas y su interrelación con la resolución de los problemas técnico-ambientales. En particular nos interesa demostrar que la inversión en aprendizaje para resolver problemas ambientales está asociada con el nivel y la orientación de las capacidades tecnológicas en la empresa industrial mexicana.
2. La distribución de los distintos niveles de estas capacidades tecnológicas en la industria y las características asociadas a las empresas, incluidos el gasto en medio ambiente y el efecto de este gasto en el desempeño industrial (productividad laboral, productividad factorial y margen bruto de ganancia), tomando en cuenta la intermediación de las capacidades tecnológicas. La hipótesis es que en la medida en que las empresas inviertan en acrecentar sus capacidades tecnológicas y las orienten a solucionar sus problemas ambientales les será posible contrarrestar el gasto ambiental con un ahorro en costo, tal que incluso pueda existir una relación positiva entre la productividad industrial y el gasto en medio ambiente.

El primer desafío era justamente medir las capacidades tecnológicas en los establecimientos de la muestra. Después, analizar su distribución en la industria y estimar esta asociación. El problema radicaba en el carácter cualitativo y complejo del concepto de las capacidades tecnológicas de la teoría evolucionista del cambio técnico. La medición de dichas capacidades hasta ahora ha sido un tema que deja insatisfechos a muchos y que plantea numerosos problemas. Esta tesis, apoyada por un trabajo previo (Domínguez y Brown, 2004), presenta una propuesta para incorporar al concepto genérico de las capacidades tecnológicas, las prácticas de aprendizaje de las empresas industriales en relación a la contaminación y analizar su interrelación con otras actividades de aprendizaje. El avance en la cuantificación permite realizar en forma sistemática comparaciones entre grupos de empresas. De esta manera es posible incorporar esta variable tan importante en el proceso de innovación y analizar cómo en la asociación entre el gasto ambiental y la productividad industrial.

El marco de referencia de este análisis lo constituyen los trabajos seminales de Lall (1992) y Bell y Pavitt (1993), ya mencionados, y un conjunto de estudios que surgieron alrededor de éstos para el análisis de las capacidades tecnológicas, como son Westphal et.al. (1990), Romijn (1999), Tremblay (1998) y Wignaraja(2001).

La naturaleza cualitativa involucrada en el concepto de capacidades tecnológicas planteó la necesidad de buscar una técnica estadística apropiada. La decisión de la metodología apuntaba a utilizar técnicas multivariadas: componentes principales o análisis factorial. En tanto que los componentes principales están mejor

adaptados para derivar un pequeño conjunto de combinaciones lineales de las variables originales que da cuenta del total de la varianza, la técnica de análisis factorial puede servir mejor para las funciones de búsqueda de datos para distinciones cualitativas (Shidelrnick, 1970). De ahí que se decidiera utilizar el segundo método. Un factor es una dimensión cualitativa en un eje de coordenadas. Define la forma en que las entidades difieren, tanto como el tamaño de un objeto o el sabor definen una dimensión cualitativa. El análisis factorial proporciona una estructura dimensional para los datos en el sentido de indicar las características comunes presentes en los datos. En el análisis factorial se especifica un modelo formal que describe cada variable en términos de una pequeña cantidad de factores comunes no observables y un factor latente único. Éste está basado en el supuesto de que hay un número de factores causales que dan lugar a diversas relaciones entre las variables. Otros nombres para estos factores son componentes, condicionantes o dimensiones. Su número es considerablemente más pequeño que el de relaciones. En otras palabras, el análisis factorial descubre dimensiones comunes o factores que los entrelazan por medio de variables en apariencia no relacionadas y en consecuencia nos da luces en la estructura subyacente de los datos (Tabachnick y Fidell, 2001).

El gran número de variables para la construcción de los índices de capacidades tecnológicas dificulta su análisis y la deducción de conclusiones para elaborarlos. El análisis factorial permite encontrar un número reducido de variables que expresen los principales elementos condicionantes del aprendizaje en la industria manufacturera mexicana.

El análisis factorial se realizó con el SPSS. Nuestro análisis se inicia con una matriz de 2156 renglones que corresponden al número de establecimientos y 15 columnas para las variables²⁷. Sea Z la matriz de variables²⁸:

$$\begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & z_{14} & z_{15} & z_{16} & z_{17} & z_{18} & z_{19} & z_{110} & z_{111} & z_{112} & z_{113} & z_{114} & z_{115} \\ \cdot & & & & & & & & & & & & & & \\ \cdot & & & & & & & & & & & & & & \\ \cdot & & & & & & & & & & & & & & \\ z_{2156\ 1} & & & & & & & & & & & & & & z_{2156\ 15} \end{bmatrix}$$

en donde:
j = Variables
i = Observaciones

²⁷ Se inició con 26 variables de las que fueron desechadas 11.

²⁸ La presentación del detalle del análisis factorial se basa en Tabachnick y Fidell (2001)

A partir de Z, se calculó la matriz de correlación R la que tiene una dimensión de 15 x15 de la siguiente forma

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} & r_{16} & r_{17} & r_{18} & r_{19} & r_{110} & r_{111} & r_{112} & r_{113} & r_{114} & r_{115} \\ r_{21} & & & & & & & & & & & & & & \\ \vdots & & & & & & & & & & & & & & \\ r_{151} & & & & & & & & & & & & & & r_{1515} \end{bmatrix}$$

que permite construir una matriz L tal que:

$$L = V'RV \text{ y además } V'V = I$$

Las columnas de V corresponden a los vectores característicos (eigenvectors) y los valores que están en la diagonal de L permite evaluar los valores característicos (eigenvalues). Como la función del análisis factorial es resumir un patrón de correlaciones en el menor número de factores, los vectores característicos (eigenvectores) no son 15, en este caso fueron cinco porque son los que arrojó el análisis factorial. Por tanto en el caso que nos ocupa V es una matriz de 15x5 y L resulta en una matriz de 5x5 como lo muestra el siguiente procedimiento:

$$L = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{21} & v_{31} & \dots & v_{51} \\ v_{12} & & & & \\ v_{13} & & & & \\ v_{14} & & & & \\ v_{15} & & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & \dots & r_{115} \\ r_{21} \\ r_{31} \\ r_{41} \\ \vdots \\ \vdots \\ r_{151} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & v_{14} & v_{15} \\ v_{21} \\ v_{31} \\ v_{41} \\ \vdots \\ \vdots \\ v_{151} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} & l_{14} & l_{15} \\ l_{21} & & & & \\ l_{31} & & & & \\ l_{41} & & & & \\ l_{51} & & & & l_{55} \end{bmatrix}$$

Partiendo de $L = V'RV$ entonces $R = VLV'$. Tomando la raíz cuadrada de la matriz de valores característicos (eigenvalues) se tiene: $R = (V\sqrt{L})(\sqrt{L}V')$.

Si $(V\sqrt{L})$ se denomina A entonces $R = AA'$

La ecuación anterior a menudo se conoce como la ecuación fundamental del análisis factorial. Una vez calculados los vectores y valores característicos, la matriz de los coeficientes de carga A con una dimensión de 15x5 se calcula de la siguiente manera. Esta matriz corresponde al cuadro 7.6 del texto.

$$A = V L$$

$$A = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & v_{14} & v_{15} \\ v_{21} & & & & \\ v_{31} & & & & \\ v_{41} & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ v_{151} & & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} & l_{14} & l_{15} \\ l_{21} & & & & \\ l_{31} & & & & \\ l_{41} & & & & \\ l_{51} & & & & \\ & & & & l_{55} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & & & & \\ a_{31} & & & & \\ a_{41} & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ a_{151} & & & & a_{155} \end{bmatrix}$$

La matriz A se rotó ortogonalmente por el método de *varimax* de la siguiente manera: $A_{\text{sin rotar}} \Lambda = A_{\text{rotada}}$, en donde Λ es la matriz de transformación definida por los senos y cosenos al origen y la observación correspondiente. Se trata de un reducción que proyecta todo el vector en un espacio homogéneo.

La interpretación de cada factor se nutre de las hipótesis del cuadro teórico acerca de la estructura que unifica el grupo de coeficientes de carga en cada columna. Después de la rotación ortogonal, los valores de la matriz de carga denotan correlaciones entre variables y factores. El criterio para interpretar el factor fue de 0.3 para arriba; en el cuadro 7.6 el nombre de cada factor se dio en función de las variables en negritas.

Para calcular los puntos factoriales de cada una de las variables:

1) Se calcula la matriz B (15x5) de la siguiente manera:

$$B = R^{-1}A$$

$$B = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} & r_{16} & \cdot & \cdot & r_{115} \\ r_{21} & & & & & & & & \\ \cdot & & & & & & & & \\ \cdot & & & & & & & & \\ r_{151} & & & & & & & & \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & & & & \\ a_{31} & & & & \\ a_{41} & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ a_{151} & & & & a_{155} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} \\ b_{21} & & & & \\ b_{31} & & & & \\ b_{41} & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ b_{151} & & & & b_{155} \end{bmatrix}$$

2) Se calcula la matriz F (2156x5) de los puntos factoriales como $F = ZB$ donde Z (2156x15) es una matriz estandarizada de las variables originales tal que $Z = FA'$

El análisis de agrupamientos (Cuadro 7.7) se realizó con los puntos factoriales de la matriz F.

Metodología para el análisis de la asociación del gasto ambiental y la productividad

En el análisis de la relación entre el gasto ambiental y la productividad se utilizaron dos enfoques metodológicos. El primero es analizar los agrupamientos (*clusters analysis*) con base en los puntos obtenidos en el análisis factorial. El segundo enfoque es un modelo econométrico.

El análisis de *clusters* entre los establecimientos se llevó a cabo con el método conocido como "K Medias", el cual consiste en identificar grupos relativamente homogéneos de casos y se basa en un algoritmo que minimiza la distancia euclidiana entre el caso i y el promedio del *cluster* que contiene este caso. El procedimiento consiste en mover los n casos de un *cluster* al otro hasta el punto en el cual ninguna transferencia de los casos de un *cluster* al otro disminuya el error en la partición. Siendo este error la sumatoria al cuadrado de las distancias euclidianas. La aplicación de este método permitió identificar 5 grupos de establecimiento con características similares según sus modalidades y niveles de aprendizaje así como examinar los niveles de gasto ambiental y el desempeño económico de cada uno.

El análisis econométrico se realizó con un modelo en forma de panel durante el periodo 1994-2001. La especificación corresponde a una función de producción: $Y = f(K, L, GA, \Omega)$ en donde f es continua monótona de grado uno y convexa, lo anterior implica que $f'_K > 0$ y $f''_K < 0$ y $f'_L > 0$ y $f''_L < 0$. Y representa la producción, K es el capital del establecimiento, L el personal ocupado, GA indica el gasto ambiental y hay dos hipótesis al respecto: la neoclásica diría que $f'_{GA} < 0$ y $f''_{GA} > 0$ y la que sostiene la posibilidad de aprendizaje sostiene que $f'_{GA} > 0$ y $f''_{GA} \leq 0$. Ω es un vector de variables auxiliares cuyo objetivo es capturar las características específicas de las empresas como tamaño, participación de capital extranjero y exportaciones. El detalle de la especificación y de las variables se encuentra en el capítulo 7.

Se hicieron tres regresiones. Una para el total de la muestra. Otra para los establecimientos con capacidades tecnológicas altas y otra para aquellos de menores capacidades. El criterio para agrupar a los establecimientos con altas capacidades fue la pertenencia a los tres primeros *clusters* o agrupamientos., mientras que para los de bajas fue la pertenencia a los *clusters* 4 y 5.

Fuentes estadísticas de información

Las fuentes de información del trabajo estadístico son: la Encuesta Nacional de Empleo, Tecnología y Capacitación (ENESTYC) y la Encuesta Industrial Anual (EIA). La primera contiene información representativa en escala nacional sobre las características tecnológicas y de organización productiva, el nivel y tipo de empleo generado, la estructura ocupacional, las remuneraciones y la capacitación de los establecimientos manufactureros. Esta encuesta es muy rica en información sobre actividades de aprendizaje e innovaciones en la empresa. Su cobertura es de 8 181 establecimientos. Las empresas grandes y medianas se ubican en los estratos de certeza, las pequeñas y micro se encuestaron con un muestreo aleatorio. La EIA complementa la información requerida para construir series de productividad y de gasto ambiental.

En esta tesis se aprovechó la disponibilidad de un cruce de información de ambas encuestas; en total se identificaron 2156 establecimientos, que finalmente se redujeron a 1 818 por algunos faltantes de información. El 73% son establecimientos medianos (entre 100 y 500 empleados), de los cuales 265 tienen capital extranjero. Este grupo contribuye con el 34% del producto bruto, 15% de las exportaciones y 45% del personal ocupado del total de la muestra. Los establecimientos grandes (más de 500 empleados) son 371, de los cuales 115 tienen capital extranjero. Este conjunto aporta el 65% del producto bruto, 84% de las exportaciones y 53% del personal ocupado del total de la muestra. Es por tanto una muestra en la que están bien representados los establecimientos medianos y grandes, pero no los de menor tamaño que están subestimados. Sin embargo, debe anotarse que por su número es posible tener una buena aproximación a sus características.

Aspectos conceptuales en la construcción de variables

Las variables utilizadas en la medición de las capacidades tecnológicas se obtuvieron de la ENESTYC (1999), la cual consta de 115 preguntas, con alrededor de 570 opciones para las respuestas encaminadas a conocer la situación de las empresas en materia de empleo, salarios, capacitación y tecnología. La idea era identificar aquella información que hablara de las prácticas de las empresas que reflejaran esfuerzo en busca de aprendizaje tecnológico, tal como se considera en Pirela, Rengifo, Mercado y Arvantis (1993).²⁹ Se estudió la información y se seleccionaron alrededor de 50

²⁹ "El aprendizaje tecnológico se refiere a la experiencia ganada por la compañía en toda su existencia, esto es construyendo su *background* tecnológico. Este proceso cubre diferentes actividades que van de la búsqueda de información especializada en alternativas tecnológicas

preguntas con sus opciones, que se aproximaban a los aspectos contenidos en la taxonomía de Lall (1992) mencionada.

Las respuestas positivas a los temas elegidos determinan un valor distinto de cero. Buena parte de la información es de naturaleza binaria. El 1 corresponde a aquella opción que se aproximaba a la noción de aprendizaje 0 a su ausencia. Por ejemplo, entre las opciones de la pregunta acerca del mantenimiento en la ENESTYC, se le dio el 1 cuando éste era preventivo y en la empresa, bajo el supuesto que esto requiere planeación y análisis y cero cuando era correctivo. Otras variables tienen rangos contruidos a partir del total de posibilidades dadas por las variables contruidas a partir de la ENESTYC. Por ejemplo, la variable organización corresponde a la pregunta sobre la posible adopción de cambios en la empresa: sistema justo a tiempo, rotación de puestos de trabajo, cambios en el *lay out*, entre otras. La respuesta positiva en cada una de ellas contaba un punto. Entre más cambios informados por la empresa, más puntos con esta variable cuyo valor podía llegar hasta 8. Cuando la información de la ENESTYC era de orden cuantitativo, se buscó obtener porcentajes y definir rangos de alto, medio y bajo. Entre más puntos tiene la empresa en los distintos conceptos, mayor esfuerzo tecnológico. En este sentido, seguimos la concepción de Bell, Scott-Kemmins y Satyarakwit (1982), la cual señala al cambio como una fuente de aprendizaje.

Las variables que se refieren a las capacidades de la función técnica de inversión en la empresa son las siguientes: forma de adquisición de tecnología (compra de paquetes, transferencia de la empresa matriz, a empresas consultoras), inversiones en tecnología administrativa, inversiones en ingeniería básica, inversiones en patentes y política de reclutamiento de personal con niveles específicos de educación formal. Sería imposible pedirle a una encuesta cuyos objetivos son más amplios, el nivel de detalle requerido para una medición de las capacidades. No todas las variables contenidas en la taxonomía están presentes en la encuesta, de tal forma que el trabajo enfrentó limitaciones de información.

Las variables que definen las prácticas de aprendizaje de la empresa en la función técnica de la inversión son las siguientes: compra de paquetes o transferencia de la empresa matriz; inversiones en tecnología administrativa, en ingeniería básica, en patentes, política de reclutamiento de personal en relación a los niveles de educación formal por puesto: directivos, empleados, obreros generales y obreros especializados y, educación formal del personal por puesto. No se encontraron

a los aspectos relacionados con la producción y las reparaciones, ajustes y alteraciones, tanto como actividades más complejas, tales como desarrollo de productos, diseño y negociaciones tecnológicas"(pp.438).

preguntas que permitieran identificar capacidades ligadas al diseño y preparación de un proyecto.

En el caso de la función técnica de producción se consideraron las siguientes variables: ID ligada al producto y al proceso productivo, ID ligada al control de la contaminación, cambios en el arreglo de máquinas, uso de estadística en el control de la producción, aplicación del principio justo a tiempo, participación de los trabajadores en las decisiones de producción, existencia de estándares de rendimiento, prácticas de calidad total, avance en la certificación de la calidad, uso de instrumentos electrónicos para la calidad, enfoque de mantenimiento preventivo, presencia de documentación de rutinas y normas por escrito, documentación de la capacitación, documentación de los programas de seguridad, introducción de nuevas tecnologías y la intensidad del entrenamiento de personal en los cuatro niveles de empleo. La ID para el control de la contaminación es parte de este conjunto de variables.

Las actividades de vinculación entre empresas se captaron en cinco aspectos: acuerdos de compartir actividades de ventas o compras, ID, capacitación o utilización de maquinaria y equipo así como vinculación con universidades u otras instituciones.

Por último, siguiendo a Yan Aw y Batra (1998) en el análisis de las capacidades tecnológicas en la industria de Taiwan, las exportaciones del establecimiento se utilizaron como una *proxy* de la información tecnológica proveniente de clientes del exterior. Se consideró importante incluir esta variable para completar los indicadores sobre capacidades de enlace.

Las primeras corridas del análisis factorial se realizaron con 26 variables. En el camino se desecharon 11. El cuadro 2.1 explica el nombre de la variable capturada de las preguntas con opciones de la ENESTYC, la modalidad como ésta reporta las variables y el criterio utilizado para asignar valores cuando se requería.

Cuadro 2.1
Variables seleccionadas para la medición de las capacidades tecnológicas

Grupo	Variabes	Modalidad de reporte en la encuesta	Criterio para asignar valores a la variable
Aprendizaje e inversión	Compra de paquetes tecnológicos.	% sobre la inversión	Rangos de 1 a 3
	Transferencia de la empresa matriz.	"	"
	Inversiones en tecnología administrativa	"	"
	Inversiones en ingeniería básica	"	"
	Inversiones en compra de patentes	Número de empleados por nivel	Si directivo. deben tener al menos

	Política de reclutamiento de personal calificado para cada nivel de empleo	de educación formal requerido para directivos, empleados y obreros	bachillerato w=1. Si empleados, deben tener al menos bachillerato, x=1. Si obreros (generales o especializados), deben tener secundaria completa, y=1 y z=1 Precl.=w+x+y+zl valor máximo=4
Producción	ID aplicada al proceso productivo Organización (Jit+cepp+rotación+layout+participación trabajadores + supervisión +estándares) Calidad (círculos de calidad + control total de calidad certificación +c. instrumental) Enfoque de mantenimiento preventivo y predictivo Documentación: (normas+capacitación) seguridad Introducción de nuevas tecnologías: Compra de tecnología Intensidad del entrenamiento de personal (dir,emp,oe,og) ID para el control de la contaminación (EIA)	1 = si 1 = si 1 = si 1 = si 1 = si 1 = si CNC o robots=1 1= si número de trabajadores o empleados capacitados 1= si	1,0 máximo=7 máximo=4 1,0 1,0 1,0 1,0 1 = de 1 a 20% 2 = de 20 a 39% 3 = más de 40% 1,0
	Enlace Subcontratación Vinculación con universidades Actividades conjuntas en: Ventas o compras ID Capacitación Utilización y compra de maquinaria y equipo Acciones de vinculación con universidades u otras instituciones Flujos de información de clientes del extranjero	1= si 1= si 1=si 1=si 1=si 1=si 1=si 1=si	 De 1 a 8 1,0

Las variables relativas a las características estructurales, como tamaño medio del establecimiento, participación del capital extranjero, desempeño y gasto ambiental

fueron captadas de la EIA. El cuadro 2.2 menciona la forma de cálculo de las demás variables capturadas de la EIA.

Cuadro 2.2

Variables seleccionadas caracterizar las características estructurales

	Variable	Variable en la EIA
Organización industrial	Tamaño medio del establecimiento por ventas Participación del capital extranjero	Producto bruto total/total de establecimientos Empresas con participación de capital mayor a 25%
Desempeño económico	Margen bruto de ganancia Productividad laboral Productividad total de factores	PBT- (insumos + remuneraciones) /PBT Valor agregado / personal ocupado (1994=100) Índice de Malmquist (1994=1)
Medio ambiente	Activos brutos para el control de la contaminación Investigación y desarrollo para controlar la contaminación	Formación bruta = compra de equipo + construcción - valor de equipo desechado Acervo _t = formación bruta _t + acervo _{t-1} Solo incluye compra de equipo y maquinaria. Se una serie de acervo bruto Acervo _t = ID _t + ID _{t-1}

La productividad factorial se estimó con el índice de Malmquist. La construcción del índice está basada en el concepto de las funciones distancia del producto. Para cada uno de los periodos estudiados, la tecnología, (S), es el conjunto de insumos ($x^t = (x^1, \dots, x^N)$) y productos ($y^t = (y^1, \dots, y^N)$). La función distancia del producto en el periodo "t", ($D_0^t(x^t, y^t)$),³⁰ mide la máxima expansión de la producción que es posible

³⁰ La definición formal de las fronteras de producción es:

$D_0^t(x^t, y^t) = \min \{ \theta : (x^t, y^t / \theta) \in S^t \}, x^t \in R^N_+, t = (1, \dots, T)$. En otras palabras la distancia θ es la relación entre el producto observado y el máximo posible, dado un nivel de insumos. Véase: R.Fare (1988).

alcanzar con un vector dado de insumos³¹ respecto a una función frontera. La función distancia del producto para una industria dada tiene el valor de uno cuando el nivel del producto corresponde al de la frontera de producción; es menor que uno cuando el nivel de la producción está por debajo del de la frontera y viceversa.

De manera similar, la función distancia $D_1^{t+1}(x^t, y^t)$ es la relación entre el producto alcanzado en el periodo "t" y el máximo posible dada la tecnología del periodo "t+1". De acuerdo con Caves, Christensen y Diewert [1982], el índice Malmquist de la PTF entre dos periodos, por ejemplo "t" y "t+1", puede tener como punto de referencia la tecnología de cualquiera de los dos años. Tomando como parámetro la tecnología del año "t", el índice es el siguiente: $M_t' = \frac{D_0'(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0'(x^t, y^t)}$

Cuando se toma como parámetro la tecnología del periodo "t+1" el índice se define de la siguiente manera: $M_t^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)}$. Cuando $M > 1$, denota un aumento de la productividad entre el periodo "t" y "t+1". Viceversa en el caso contrario.

El índice de Malmquist puede considerarse como una media geométrica de las dos anteriores ecuaciones:

$$M_t(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \left[\frac{D_0'(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_0'(y^t, x^t)} \right] \left[\frac{D_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_0^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2}$$

El índice así definido puede descomponerse en dos partes: cambio en la eficiencia (acercarse a la frontera) y cambio técnico (innovación). De la siguiente manera:

$$M_0(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \left[\frac{D_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_0'(y^t, x^t)} \right] \left[\left(\frac{D_0'(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0'(y^t, x^t)}{D_0^{t+1}(y^t, x^t)} \right) \right]^{1/2}$$

El método considera la posibilidad de trabajar con rendimientos constantes a escala y variables. Los rendimientos constantes a escala son apropiados cuando se supone que todas las empresas producen con una escala óptima. Sin embargo, la competencia imperfecta y otros obstáculos, como pueden ser los financieros, ocasionan que las empresas no se encuentren en esa escala óptima. Cuando las

³¹ Las funciones distancia también se pueden hacer en términos de los insumos. Estas funciones miden la máxima disminución posible en los insumos que puede realizarse para el mismo nivel de producto.

empresas no tienen escalas óptimas y se suponen rendimientos constantes a escala el cambio técnico se confunde con eficiencias en la escala. Para separar del cambio técnico el efecto de la escala es necesario calcular el índice del cambio técnico conforme el supuesto de rendimientos constantes y variables a escala. La diferencia entre estos dos índices indica una eficiencia o ineficiencia en la escala.

Dadas las críticas realizadas principalmente en el contexto de ejercicios de contabilidad del crecimiento, en donde su construcción se basa en supuestos de equilibrio y condiciones de la teoría tradicional combinada con la noción de la misma función de producción aplicada a todas las observaciones, puede parecer inapropiado la medición de la productividad factorial. El índice de Malmquist no tiene estos supuestos.³²

³² Para una discusión completa de la utilización del índice de Malmquist en un contexto de heterogeneidad y cambio evolutivo, véase Cantner y Hanusch (2001).

6. Estrategias empresariales favorables al medio ambiente: un enfoque de estudios de caso

La convergencia de incentivos motivados por la competencia internacional, la política gubernamental y el sentido de responsabilidad social de las empresas ante la creciente integración internacional implicaron una serie de restricciones para aquellas. Como resultado se han presentado nuevos patrones de conducta empresarial para prevenir el impacto de su actividad en el medio ambiente. Cuando la regulación se tornó más exigente, el abatimiento de la contaminación estuvo ligado al uso de tecnología de control, como las plantas de tratamiento, los filtros con innovaciones en reactores biológicos y otros equipos de control. Crecientemente se reconoce hoy día, tanto fuera como dentro del país, que las soluciones a los problemas ambientales en las empresas industriales no están confinadas a este tipo de equipos y que se interrelacionan con decisiones de inversión que atañen a otros objetivos de las empresas. Cada vez es más frecuente que las empresas intenten hacer coincidir el objetivo de modernización con el de mejoras en el desempeño ambiental. De ahí que las decisiones ligadas a la problemática ambiental afecten los distintos niveles del perfil tecnológico de la empresa. En otras palabras, la solución de los problemas ambientales tiene una mayor complejidad que lo que comúnmente se ha reconocido.

Este capítulo está dedicado a ilustrar este cambio en las respuestas empresariales en México para hacer coincidir el cumplimiento con la normatividad ambiental con el objetivo de incrementar la competitividad. Se describen cuatro casos en detalle, así como los resultados de un estudio de una muestra de 12 empresas en el año 2000 (Domínguez y Mercado, 2000). Esta muestra se construyó con base en un conjunto de 34 empresas señaladas por autoridades o representantes de la industria como preactivas en términos ambientales. De éstas sólo 12 concedieron la entrevista realizada en octubre de 2000. Con base en entrevistas a profundidad, la meta era identificar las soluciones técnico-ambientales, y los factores que las subyacen, entre las empresas influyentes del medio industrial mexicano con un interés especial en el uso de instrumentos fiscales y financieros con fines ambientales.

El análisis de las capacidades tecnológicas y la demostración rigurosa sobre la importancia de las capacidades tecnológicas en la ocurrencia de efectos favorables del gasto ambiental en la productividad industrial queda para los siguientes capítulos. En este capítulo el análisis es eminentemente cualitativo. No se pretende que estos resultados sean generalizables al conjunto de la industria mexicana, pero sí se

considera que arrojan importantes lecciones tanto para otras empresas como de política.

6.1. Cuatro casos de interés

*Caso 1. Aprendizaje tecnológico ligado al control y disminución de la contaminación con el apoyo de universidades y centros de investigación*³¹

Este gran corporativo cuenta con plantas manufactureras en más de 20 subsidiarias en ocho estados de la República. Es un grupo de capital nacional con inversiones conjuntas en algunas de sus plantas. Sus actividades son muy diversificadas. Las plantas están organizadas en cinco divisiones operativas: químicas, textil, fibras, empaques y mejoramiento ambiental. A lo largo de su existencia el grupo se ha asociado con empresas de capital inglés, holandés y estadounidense.

Características técnicas

Siendo tantas las subsidiarias de la empresa, se señaló que existía gran divergencia en su avance tecnológico, aunque en los últimos años se había hecho un esfuerzo importante por aumentar la automatización, introducir equipo con uso más eficiente de insumos y energía y, por último, dar más capacitación técnica. En algunas subsidiarias la diversificación era creciente, como en plásticos y textiles, en donde se busca desarrollar nuevos productos con más valor agregado y mayor variedad. En otros, se destacaba preferentemente la especialización, en aras de hacer más eficientes los procesos.

Al momento de la empresa estaba en proceso de crear centros de tecnología para tres de sus divisiones al momento de la entrevista y evaluó que la tecnología utilizada en la empresa era comparable con la mejor en los últimos diez años. Varias de sus plantas contaban con ISO-9000 y algunas con importantes reconocimientos en escalas nacional e internacional en el tema de la calidad.

Enfoque en materia de medio ambiente

El primer esquema se diseñó desde 1978; en esta visión anticipada influyeron las relaciones con socios extranjeros y el intercambio de experiencias con Europa, Japón y Estados Unidos. A lo largo de este periodo la empresa fue desarrollando su concepción en materia de medio ambiente y seguridad hasta desembocar en una política que parte de la aceptación de un compromiso de la alta dirección para incluir

³¹ Visitas en 1994, 1998 y 2000

estos objetivos (medio ambiente, seguridad industrial y salud ocupacional) en la estrategia competitiva, donde se señalan los procedimientos y lineamientos en estas cuestiones. La política implicó un cambio en la estructura organizacional en escala corporativa y en el ámbito de la planta con el fin de asignar las funciones relacionadas con la preservación del medio ambiente.

Desde comienzos de los noventa se estableció una política por escrito, publicada en la prensa, con el compromiso de cumplir con las leyes mexicanas e incluso de ir más allá de éstas con la intención de lograr una mejora continua en el desempeño ambiental y de involucrarse con la comunidad. El compromiso era también en pro de un desarrollo sustentable. Se firmó el pronunciamiento, en el ámbito sectorial, con la ANIQ de Responsabilidad Integral. Este pronunciamiento es de gran importancia porque se trata de un programa que pretende que quienes lo adoptan transformen su cultura y desarrollen un proceso de mejora continua que les permita, en primera instancia, cumplir con las leyes y reglamentos vigentes en el país, así como mantener una relación armónica con las autoridades y sus comunidades vecinas para posteriormente alcanzar niveles de desempeño que les permitan reforzar su competitividad en los mercados nacional e internacional.³² Contiene varios elementos, de los cuales tal vez el más importante se refiere al seguimiento de los códigos y prácticas administrativas que pretenden abarcar el ciclo completo de vida de un producto, lo cual implica la responsabilidad de su cuidado desde la concepción hasta su disposición final.³³

La opinión de las empresa acerca de las fuentes de mejoramiento ambiental puede ser útil para entender su filosofía de acción: la gestión sistemática podría interpretarse como un intento de controlar la contaminación en forma más integral; la modificación del proceso intenta corregir los problemas en el origen y por último el tratamiento puede ser una solución eficaz para un problema de corto plazo y urgente.

El monto total de los gastos en inversión y operación imputables a la preservación del medio ambiente era de menos del 1% de las ventas totales del grupo. En opinión del entrevistado, estos gastos podían tener gran efecto en los costos de la empresa en el corto plazo, pero en el largo son compatibles con una mayor eficiencia.

Las principales motivaciones esenciales en el cuidado del medio ambiente eran: las regulaciones gubernamentales, los requerimientos de sus clientes y la presión de la comunidad. Respecto a las primeras, la empresa ha participado en las

³² Asociación de la Industria Química, <http://aniq.org.mx>

³³ Los Códigos de Prácticas Administrativas establecen las metas y objetivos de tipo cualitativo y se supone que deben cumplirse en cada parte del ciclo de vida de un producto, por lo que cada compañía debe analizar cuidadosamente su contenido, adaptarlo a sus propias necesidades y, posteriormente, elaborar su estrategia individual de instrumentación.

auditorias voluntarias de la PROFEPA; diez de sus plantas tienen el certificado de INDUSTRIA LIMPIA y tres el de ISO-14000. Los principales logros en términos de desempeño ambiental se han dado en el mejor control de las emisiones a la atmósfera, modificaciones al proceso para prevenir la contaminación y sistemas de gestión ambiental. En relación con la presión de la comunidad, se destacó que debido a la urbanización acelerada algunas plantas que estaban aisladas de pronto se vieron rodeadas de zonas residenciales, creándose la posibilidad de accidentes y una sensibilidad creciente entre las comunidades sobre las actividades de la empresa. Ésta, como muchas otras, se vio forzada a generar programas definidos de prevención de accidentes, de minimización de las emisiones, olores y ruido y de convivencia con la comunidad.

El entrevistado informó de un proceso intenso de búsqueda y evolución en el enfoque de sus soluciones técnico-ambientales. En los primeros años, la contaminación se consideraba en su dimensión técnica. A partir de los noventa, la problemática se manejaba como una oportunidad para bajar costos. La contaminación pasó a relacionarse con el uso inadecuado e ineficiente de los recursos. El reto era utilizar más eficientemente los insumos y así contaminar menos. En otras palabras, el control ambiental se ligó a la estrategia competitiva para el logro de una mayor eficiencia.

En este proceso de búsqueda de mayor eficiencia y menor contaminación, un tema al que se le puso atención es el de la definición de los criterios de medición, sin los cuales no puede haber monitoreo y menos aún un avance sistemático. Con este objetivo, la empresa trabajó en la aplicación de conceptos generales, adaptándolos a las condiciones de la empresa con un índice que se relaciona con la eficiencia física de transformación de los insumos utilizados. Cuántos kilos entran de materia prima, agua y otros insumos al proceso productivo y cuántos kilos se reflejan en el producto final. Después se aplicó este índice para monitorear los avances entre las plantas, no sólo en el aspecto del cumplimiento, sino en una concepción de ecoeficiencia: cuánto se transforma a partir de las materias primas en productos vendibles. Llegar a una medida precisa tomó tiempo. En los primeros intentos, los índices de transformación utilizados no siempre consideraban condiciones homogéneas (por ejemplo de humedad) y las comparaciones no eran válidas. Es a partir de 1994 que la empresa lleva estadísticas que le permiten medir su avance y compararlo con el de sus competidores. La empresa trabajó en el desarrollo de *software* propio que facilita este proceso, el cual, además de utilizarse internamente, era un producto de la división de mejoramiento ambiental.

Los avances en la medición permitieron sintetizar los reportes de avances en el desempeño ambiental a los directivos en términos de eficiencia de transformación. Esto permitía examinar las posibilidades de ahorrar ante un aumento del índice de transformación en unidades monetarias por kilo o tonelada y se podía establecer una comparación referenciada similar a la que los competidores hacían en escala internacional. El reto no era sólo cumplir con la legislación, porque podría cumplirse, pero quedando rezagado frente a los competidores, lo que implica salirse del mercado.

Se consideraba que los competidores, al momento de la entrevista, tenían una eficiencia de transformación mayor, otorgándoles una ventaja de costo del 10 o 20 por ciento, únicamente en relación con materias primas. En otras palabras, contaminaban menos porque eran más eficientes. Este diferencial dependía de la tecnología, del capital físico, de la capacitación del personal. Como todas las empresas de la industria química, la herencia de una tecnología obsoleta en la era de la economía cerrada determinó, al momento de la apertura, un retraso de al menos 12 años. En el supuesto de que la mejor tecnología no estaba a la venta, el reto para la empresa era desarrollar la suya y entrenar intensamente a su personal para incrementar la eficiencia con el mínimo costo de inversión.

Soluciones técnico-ambientales

Los principales retos ambientales eran variados según las plantas: en general se mencionó la necesidad de privilegiar el control de emisiones a la atmósfera, incrementar la eficiencia en el uso de energía, reducir los residuos sólidos; en los procesos que utilizan agua, darle un uso racional y disminuir las descargas son puntos prioritarios junto con el control de residuos tóxicos.

Entre las soluciones técnico-ambientales llevadas a cabo por las plantas más sobresalientes están las siguientes (el número entre paréntesis corresponde al año de realización).

- a) Equipo de control de emisiones: absorbedores (1992), ciclones (1992), reactor biológico (1994), colectores de polvos VI (principios de los noventa) y venturi 2 (2000).
- b) Tratamiento de agua residual: floculación de sólidos (1992), neutralización (1993). Actualmente se está trabajando en proyectos con nuevos procesos biológicos para lograr mayor eficiencia en aguas residuales.
- c) Recuperación de materias primas con filtros. Reciclaje de algunos y venta de otros, como el yeso resultante de los procesos una vez que la empresa le da calidad industrial.
- d) Modificaciones a procesos con fines ambientales: inyección directa de vapor a reactores para reducir el consumo de vapor y menos consumo de gas.(1998)

- e) Cambios en insumos con fines ambientales: eliminación de solventes y uso de iniciadores dispersos en agua.
- f) Diseño del producto hacia productos más limpios: reducción del consumo de VOC en las resinas y nuevos refrigerantes.
- g) Mejoras en los sistemas de enfriamiento: aislamiento más eficiente.
- h) Maquinaria con consumo de energía más eficiente: compresores de aire con tecnología libre de aceite y motores de alta eficiencia con arrancador inteligente (enero de 2000)

Los procesos de investigación y desarrollo (ID) se derivaban de la necesidad de buscar soluciones competitivas para los problemas y la empresa consideró la decisión de realizarlos internamente en cooperación muy estrecha con universidades del país y del extranjero. Un alto porcentaje de la ID en la empresa se estaba haciendo con una óptica ambiental. La empresa poseía el único laboratorio de biotecnología aplicada y cinco reactores biológicos para controlar emisiones y olores. La inversión era del 0.5% de las ventas.

Interacciones con el sistema de innovación ambiental

La empresa no trabajó en forma aislada en la búsqueda de sus soluciones técnico ambientales. Los reactores biológicos se desarrollaron junto con la UAM-Ixtapalapa, con la que se manejan los proyectos de biotecnología. El proyecto surgió por la necesidad de reducir el olor de la producción en celofán, derivado de la celulosa. En ésta se utiliza un solvente que no forma parte del producto y que se emitía a la atmósfera. La empresa analizó varias alternativas: unas reutilizan el solvente, pero eran muy costosas y resultaban poco eficientes, dada la cercanía de la planta a la comunidad. La empresa se enfrentaba a la posibilidad inminente de cerrar. Se optó por otra alternativa: aplicar el mismo concepto que para el tratamiento de agua, pero con el aire. El proyecto era riesgoso, pero se tuvo éxito, por lo que se obtuvo la patente internacional del proceso. El costo de los biorreactores fue de 2 millones de dólares.

En forma similar, con la Universidad Autónoma de Nuevo León se desarrolló otro proyecto para la conversión de desechos peligrosos en un material que sirva como insumo en una cadena de producción. Específicamente, hay desperdicios que son compuestos básicos para fertilizantes. La idea es analizar estos desperdicios y transformarlos en algo que puede ser de utilidad para el campo. Con esta Universidad se manejaban todos los proyectos de síntesis química.

Con el Tecnológico de Monterrey se manejaron sistemas expertos. Se otorgaron becas a estudiantes de sistemas para la elaboración del *software*. La misma institución documentó el proyecto de cero descargas. Con la Universidad del Sur de

California se desarrolló un proyecto centrado en el factor humano. En éste se analizaba el factor humano como causa de los accidentes: la motivación de las personas, la carga mental que una persona sufre al tomar decisiones que pueden afectar a la comunidad y cómo se puede traducir en ayudas para que la organización tome en cuenta lo que es más importante, la gente. Finalmente, con la universidad regiomontana había proyectos de medio ambiente y propiedad intelectual. Varios de estos proyectos han derivado en patentes

Como parte de un grupo industrial, la empresa ha financiado con fondos propios las soluciones técnico-ambientales señaladas. Sin embargo, es importante señalar que también aprovechó algunos apoyos a la industria que brindan distintas entidades gubernamentales. Por un lado, en los proyectos de desarrollo tecnológico con universidades públicas, el CONACYT financió los equipos requeridos por las universidades para este tipo de proyectos de vinculación universidad-industria. La empresa también ha aprovechado la ventaja de la depreciación acelerada para la inversión ambiental.

Caso 2. Avance hacia la ecoeficiencia con base en una amplia experiencia de desarrollo tecnológico³⁴

La empresa de capital nacional tiene plantas en Altamira, la zona metropolitana de la Ciudad de México, Veracruz y Michoacán. Produce materias primas químicas: fenol, monómero de metil-metacrilato, ácido fosfórico, tripolifosfato de sodio, formaldehído, negro de humo, ácido sulfúrico, hexametofosfato de sodio y productos terminados como poliestireno, láminas acrílicas, tableros de aglomerado, laminados plásticos, hules, resinas fenólicas. Al momento de la entrevista contaba en total con 4 500 empleados. Las exportaciones constituían entre 25 y 50 por ciento de su producción en promedio y el comportamiento de sus ventas había sido creciente en los últimos tres años, con tendencia a estabilizarse en el último año. Se trata de una empresa líder en los distintos ramos en que participa, con un amplio desarrollo de sus capacidades tecnológicas. De hecho, posee una larga experiencia de investigación y desarrollo desde la época de la sustitución de importaciones. Incluso ha recibido reconocimientos por su innovación tecnológica.

Características técnicas

³⁴ Las fuentes de este estudio de caso son: *Notirsas*, varios números, y una entrevista con el ingeniero Miguel Ángel Valenzuela. Realizada en noviembre de 2000

El perfil tecnológico de la empresa cambió en varios aspectos durante los años noventa: nuevos productos, la tendencia hacia una mayor automatización y la introducción de maquinaria más eficiente en el uso de combustible. En respuesta a la pregunta sobre la comparación de su tecnología con la mejor existente, el entrevistado consideró que la tecnología que utiliza en la mayor parte de sus plantas era comparable con la mejor existente en los últimos diez años. Los avances en la implantación del sistema de calidad total se habían concretado en 17 localidades certificadas con ISO-9000 en los últimos cinco años anteriores a la entrevista.

Enfoque en materia de medio ambiente

La empresa cuenta con una política ambiental por escrito desde los años setenta, la cual evolucionó hasta pasar a formar parte de un enfoque integral de desarrollo sostenible en el que se propone "alcanzar las metas de negocios integrando oportunidades económicas, ambientales y sociales en las estrategias de negocios". El desarrollo sostenible comprende las cuatro dimensiones: económica, tecnológica, ambiental y social. Las dos primeras, señala un documento interno de la empresa, son tradicionales en la tarea de una empresa. Lo importante es entenderlas como parte integral de las otras dos dimensiones, la social y la ambiental. Por ejemplo, el trabajo tecnológico debe incorporar como una de sus tareas la evaluación de los impactos ambientales de los nuevos productos en desarrollo.

Específicamente las dimensiones ambiental y social estaban regidas por lo que la empresa denominó el sistema de administración integral en calidad ambiental, seguridad e higiene; al mismo tiempo, la empresa trabajaba con los principios de responsabilidad integral de la ANIQ.

La política ambiental consideraba los siguientes compromisos:

- a) Cumplir los reglamentos de agua, aire, suelo, seguridad e higiene.
- b) Tener una producción limpia.
- c) Establecer programas voluntarios de medio ambiente y seguridad.
- d) Difundir una conciencia ambiental.

Estas cuatro dimensiones se integraban en la búsqueda de la ecoeficiencia, entendida como la interacción de la empresa y el medio ambiente como una fuente de ventajas competitivas. Se planteó como necesario contar con mecanismos de ahorro que permitieran establecer de manera sistemática la vinculación de los impactos ambientales con los resultados económicos de la empresa. Los principales ahorros considerados fueron: en costo, por el uso más eficiente de los insumos; en reducción de mermas y eventual reciclaje y de requerimientos de capital.

La empresa señaló la necesidad de enfocar el esfuerzo para desarrollar los elementos requeridos para implantar la estrategia de ecoeficiencia: gestión tecnológica madura, concepción integral del ecosistema de la empresa, capacidad de ingeniería económica para dimensionar los impactos, habilidades para evaluar los impactos ecológicos y sociales, diseño de estrategias y administración de calidad total.

La empresa participó con la PROFEPA en el programa de auditorías; sus plantas en once localidades cuentan con el CERTIFICADO DE INDUSTRIA LIMPIA y una tiene la certificación de ISO-14000. Adicionalmente una planta se hizo acreedora al Premio al Mérito Ecológico en 1999.

El monto anual aproximado de inversión y operación imputables para preservar el medio ambiente y disminuir la contaminación era de menos del 1% de las ventas totales de la empresa en los últimos tres años. Sin embargo, se señaló que esto no incluye las mejoras en equipos mixtos, que han tenido una incidencia en la disminución de emisiones. Los programas y equipos relacionados con el medio ambiente se han financiado con recursos propios o con créditos nacionales o internacionales.

Los tres obstáculos más importantes considerados por la empresa para mejorar su desempeño ambiental fueron: la competencia del producto, la falta de incentivos en pro del medio ambiente y las políticas gubernamentales. Un problema para la empresa lo constituía la competencia de productores de bajo nivel agregado y bajo precio en un mercado de bajo ingreso *per cápita* que no valora los beneficios de productos de calidad, fabricados con insumos menos contaminantes o no dañinos para la salud y que es típicamente buscador de precios. En este contexto, en opinión del entrevistado, las políticas gubernamentales no habían podido establecer equidad en las exigencias equitativas ni en el ámbito de los productos mediante requerimientos de normas, especificaciones o garantías, ni tampoco mediante el cumplimiento de la normatividad ambiental de las empresas.

La empresa consideró que su desempeño ambiental es comparable con lo mejor en el ámbito internacional en esta industria. Sus logros más notables: el desarrollo de sistemas de gestión ambiental, las modificaciones en el proceso para disminuir impactos en el medio ambiente y cambios en el producto.

Soluciones técnico-ambientales

Programas para controlar la contaminación de agua, aire y suelo, así como para utilizar de forma más racional el agua y la energía. Estos programas contaban con indicadores tales como emisiones por tonelada producida y metas para reducirlas. Las

soluciones técnico-ambientales utilizadas por la empresa durante los años noventa son muy variadas:

- a) Equipo de control de la contaminación que previene la salida directa de emisiones dañinas: ciclones y casas de bolsa en todas las localidades desde los años setenta. Éstos se han renovado continuamente.
- b) Equipo de manejo de desperdicios: instalación de áreas para el manejo seguro (desde los ochenta), incineradores de desperdicio.
- c) Equipo de tratamiento de aguas residuales: tratamiento fisicoquímico y biológico. Los primeros tratamientos datan de 1975 y a partir de entonces se han desarrollado proyectos para cubrir todas las operaciones. En algunas empresas se trabaja con cero descargas.
- d) Uso eficiente del agua con el sistema de cero descargas de agua residual y uso de superbolsas para filtrado de lodos. El agua se reutiliza en los procesos y en usos sanitario.
- e) Reciclaje: minimización de desperdicios con el uso de materiales recuperados. Recuperación de lodos mediante la filtración con superbolsas (material de embalaje) que sustituyen la fosa de deshidratación de lodos, los cuales mediante sinergia se reciclan para transformarlos en material para suela de zapatos. Reciclaje de polvos en la planta de tablero aglomerado (1998), recuperación de resina fenólica a partir de agua residual con fenol (1993).
- f) Utilización del gas residual como energético en la etapa de secado de producto, con lo que se sustituyó el consumo de gas natural en la operación (1994).
- g) Rediseño de procesos para la recuperación y uso comercial de ciclohexano con plantas vecinas (1998), recuperación de gases de combustión y de CO₂ (1999). El beneficio fue que se redujo el consumo de gas natural en 36 millones de m³, y se disminuyeron las emisiones de CO₂ en 48 000 ton. La generación de vapor para comercialización y autoconsumo permite generar flujo de efectivo adicional para el negocio estimado en dos puntos porcentuales adicionales a sus utilidades de operación. Además, se evita el consumo de gas natural por el equivalente utilizado de gas residual, minimizando el impacto ambiental y se genera valor para el negocio.
- h) Cambios en insumos con fines ambientales: sustitución de combustibles por gas; eliminación de los asbestos en los impermeabilizantes (1994).
- i) Cambio de diseño de producto para obtener productos más limpios: reformulación de los adhesivos con base de solvente hacia solventes con bajos

VOC (no precursores del ozono y no psicotrópicos) (1992); impermeabilizantes libres de asbestos (1994).

- j) Tecnología de limpia: en una planta se han recuperado 4.5 ha de área verde (1995-1999).
- k) Introducción de sistemas de combustión más eficientes. Quemadores de bajo nivel de emisión de NOx a lo largo de los noventa.
- l) Maquinaria más eficiente en el uso de energía. En la planta de Altamira se instalaron motores de alta eficiencia con lo que se lograron reducciones de millones de Kw-hora (1999). En otra planta el cambio a tecnologías más eficientes y el mejor control de la instrumentación de los equipos permitieron disminuir 14.3% el consumo de energía, con beneficios económicos de 88 621 pesos anuales (1998). Finalmente, en otra se logró una reducción del índice energético del 28.4%, con un ahorro económico global de 1 373 093 pesos (1998).

Entre soluciones que no involucraban la compra de equipos, la empresa dijo haber encontrado formas para reducir la contaminación haciendo cambios en los procedimientos de trabajo y estableciendo los procesos de calidad total y en general sistemas que estimulen la pro actividad, trabajo en equipo. Por último, la empresa participaba en los programas de ahorro de energía de la CONAE con reconocimientos como el Premio Nacional de Energía.

Interacciones con el sistema nacional de innovación ambiental

Entre las fuentes de aprendizaje deben mencionarse los consultores especializados y las universidades del país. Destacaba el papel del socio extranjero en la planta de Altamira, que ha sido un factor decisivo en su aprendizaje ambiental. Asimismo, la empresa participó en forma muy activa en la creación de centros de autoayuda empresarial en materia ambiental, como el AISTAC

La empresa autofinanció buena parte de sus proyectos, aunque también utilizó créditos bancarios. Asimismo, se recurrió a la depreciación acelerada para fines ambientales. Este instrumento no fue determinante en las decisiones de inversión de la empresa, pero sí significó un ahorro de importancia y los proyectos en que la depreciación acelerada se ha aplicado han desencadenado otros cambios de interés.

*Caso 3. Incentivos para el cambio y el aprendizaje a partir de los clientes: el caso de una empresa de pinturas y barnices.*³⁵

Esta empresa, con tres plantas en la zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM) y varios centros de distribución en la República, inició sus actividades desde el decenio de los cuarenta con capital nacional hasta 1994, en que se hace mixta con capital minoritario francés. Al momento de la entrevista contaba con 600 obreros y empleados. Con ventas crecientes en el mercado nacional, en los noventa la empresa emprendió un proceso de inversión para modernizar su equipo. Entre sus clientes principales estaban grandes multinacionales del ramo alimentario y empresas editoriales.

La empresa contaba con un departamento de ingeniería dedicado al desarrollo de producto, al que dedicaba 3% de las ventas. Su tecnología sufrió cambios importantes a lo largo de la década de los noventa para incrementar la automatización; se sustituyeron insumos, se generaron nuevos productos y se introdujo maquinaria más eficiente en la utilización de energía. Su línea de productos se diversificó tanto en lo que atañe a productos nuevos como a más variedades y colores. En opinión del entrevistado la tecnología era comparable con la mejor existente en los últimos diez años a la entrevista. Recientemente se había logrado la certificación ISO 9000.

Enfoque hacia el medio ambiente

La empresa no contaba con una política ambiental por escrito. Los principales factores que motivan a los directivos de la empresa a tomar medidas para mejorar su desempeño ambiental eran las regulaciones gubernamentales, los requerimientos de sus clientes en el mercado nacional y también su imagen pública. El principal enfoque seguido por la empresa para controlar la contaminación había sido invertir en equipos de combustión por otros más eficientes, organizar la producción para tener el mínimo de desperdicios posible e introducir equipo de control. El monto aproximado de gastos de inversión y operación imputables a la preservación del medio ambiente había sido de menos del 1% de las ventas anuales en los últimos tres años. Para la empresa estos gastos no implican un costo oneroso y en cierta medida han sido compatibles con la búsqueda de mayor eficiencia.

La empresa no contaba con manuales de gestión ambiental, aunque sí de seguridad. No contaba con ISO-14000 o certificado de industria limpia, pero participa

³⁵ Entrevista realizada en octubre de 2000.

en los programas de ANAFAPIT de *CLEAN COATING*. Los proveedores de equipo eran su principal fuente de asesoría respecto al impacto ambiental.

Soluciones técnico-ambientales

Siendo el proceso tecnológico de la empresa en frío, no había un problema fuerte de emisiones, aunque se reconocía como necesario evitar la evaporación de solventes. El agua se utilizaba para limpieza, al igual que los solventes. El principal problema ha sido el relativo al agua, por lo que la reducción de descargas de líquidos residuales era un programa constante de la empresa. Una meta era reducir el uso de solventes en el lavado y por tanto disminuir los desechos y lodos.

Tal vez el programa tecnológico de mayor efecto en términos ambientales fue la eliminación del plomo en las pinturas. Esto no sólo atañía al daño en la salud de sus trabajadores y los usuarios del producto, sino también a la calidad de las descargas. Comenzó eliminando el plomo de las tintas para *offset* en 1994. En 1996 se hizo con las pinturas y tintas a base de agua y recientemente el proceso terminó con las pinturas a base de solvente. La empresa señaló que la presión para eliminar el plomo no fue ecológica, sino un requerimiento creciente de los clientes, en particular de las transnacionales que le hicieron saber que en un futuro próximo no aceptarían pintura con dicho metal.

Las soluciones técnico-ambientales de la empresa

- a) Instalación de equipo de control de emisiones, en particular filtros, en 1992.
- b) Instalación de una planta de tratamiento de agua en 1992 con un filtro y una prensa que separa los lodos.
- c) Instalación de un reactor cerrado para producir barnices que sustituyó uno abierto (1994).
- d) Cambio de insumos con fines ambientales. Además de la eliminación del plomo en la pintura, el asbesto se había dejado de usar más de diez años atrás.
- e) Equipo de producción eficiente en el uso de energía que elimina al mínimo las emisiones en la producción de barnices, que sustituyó un proceso abierto con quemadores (1994).
- f) Sistemas de combustión más eficientes. Se cambió la caldera para utilizar gas en 1999 y la flota vehicular de la empresa también se adecuó para usar ese combustible.
- g) Se automatizó la manufactura de pinturas a partir de colores primarios, disminuyendo las mermas en 4% (1997).

En la conversión de sus productos a tintas y pinturas sin plomo el desarrollo de producto se hizo en el departamento de ingeniería de la empresa. Ésta, a diferencia de los casos anteriores, no recurrió a otras instituciones en su proceso innovativo. El financiamiento fue interno, ya que ni la banca comercial ni la de desarrollo cuentan con créditos que no involucren la compra de equipo, aunque este tipo de actividad sea una inversión en capital humano y en desarrollo de producto.

En 1994 la empresa utilizó un crédito de NAFIN para instalar un equipo para la producción de barnices que sustituía uno abierto con quemadores, altamente contaminante. Al final, este crédito se sustituyó por uno comercial, al ser más barato. De hecho, según la empresa entre los obstáculos a que los industriales se enfrentan para mejorar el desempeño ambiental están las altas tasas de interés y en seguida la competencia de las pequeñas empresas con poca inversión que, además, se saltan las regulaciones ambientales.

En cambio, la empresa no recurrió a la depreciación acelerada. En el caso de la conversión a gas de la flota vehicular, ésta se aplicó a gastos. En los filtros y planta de tratamiento a comienzos de los noventa no se hizo lo mismo quizá por desconocimiento. En general encuentra que hay poca difusión y que para que constituyeran un verdadero incentivo deberían difundirse y reducir al mínimo el papeleo.

Caso 4. Posibilidades de la planeación de la producción para disminuir la contaminación: el caso de una industria de especialidades químicas³⁶

A menudo se piensa que para solucionar los problemas de la contaminación industrial se requieren grandes inversiones en equipo. El caso de esta empresa muestra que cuando una industria ha desarrollado sus capacidades de ingeniería y una cultura industrial tiene posibilidades de avanzar en el control de la contaminación antes de realizar grandes inversiones.

La empresa, fundada en 1973, se dedicaba a las especialidades químicas en CIVAC (Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca). Había desarrollado tecnología propia y emprendido algunos proyectos de vinculación con universidades del país. Su productividad física por hombre al día se había multiplicado en más de cuatro veces durante los últimos tres años. Sin embargo, debido a su actividad exportadora la empresa enfrentaba presiones para mejorar su competitividad y problemas financieros.

³⁶ Entrevista realizada en 1994 y 1995.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La empresa producía cerca de 200 productos, aunque los de mayor volumen eran los acetatos, aminas grasas, naftalinsulfurados, polietilenglicoles y nonilfenoletoxilados. Con un proceso productivo de las especialidades químicas por lotes, en ollas cerradas. Debido a la naturaleza de su proceso, la empresa era una usuaria importante de agua en la localidad, la cual utilizaba en los procesos de enfriamiento, vacío y lavado. En los de enfriamiento y lavado un porcentaje de esta agua se recirculaba; otro porcentaje se perdía por evaporación. El agua de los procedimientos de lavado se descargaba a la planta de tratamiento del parque industrial.

Política ambiental de la empresa

La empresa no contaba con una política ambiental por escrito; sin embargo, sí tenía un sistema de gestión ambiental y el director general informó que la empresa tenía el compromiso de mejorar su desempeño ambiental. La regulación en la zona era crecientemente estricta y la comunidad alrededor de la zona industrial era muy sensible a las emisiones, olores y por tanto generaba presiones a las autoridades locales para una mayor vigilancia. Para la empresa el control de la contaminación fue coincidiendo paulatinamente con su política de competitividad. La compañía encontró que buena parte de sus problemas ambientales se podía mejorar mediante su política de calidad total que normaba el conjunto de rutinas, entre las cuales están los lavados, el manejo de desechos, etcétera.

Soluciones técnico-ambientales

La empresa participaba del servicio de tratamiento del agua de CIVAC. El costo de este proceso iba en función de la contaminación. Se cobraba por el DBO y otras características de las descargas. Desde 1993 el costo se incrementó en una proporción importante. Pasó de 15 000 pesos al mes a 40 000 pesos. Esta alza y la convicción de que en el futuro esta tendencia continuaría, propició un incentivo para reducir el costo del servicio.

El primer enfoque fue considerar la instalación de una planta de tratamiento de agua para la planta. Pero después de estudiarlo se planteó un enfoque distinto orientado a reducir las descargas y con ello detener el alza de costos por este concepto. Esto se logró con un cambio en la secuencia de la producción, asignándose un reactor a una línea de producto, lo que permitió reducir notablemente la frecuencia de lavado de reactor que antes podría llegar hasta 20 veces al mes. Anteriormente se producía un lote de producto y luego se cambiaba a otro. Al momento de la entrevista

se pródúcían producen ocho lotes del mismo, después de lo cual se lavaba el reactor. La disminución de lavados implicó un ahorro importante, porque un lavado requiere 3 600 litros de agua. Esto permitió una reducción de alrededor del 60 a 70 por ciento de las descargas, lo cual implicaba menor consumo de agua y menor contaminación.

En una segunda fase se separaron las corrientes. Por ejemplo, los sistemas de vacío de las torres de enfriamiento. El fenol es muy dañino. Se buscó separar esa parte de la planta y darle un tratamiento especial al fenol y lo que se encontró es que se pudo asimilar totalmente. A la par de la atención a los procesos productivos, otros aspectos se atendieron. Como parte del programa de control de calidad, el lavado de pisos se realizaba con un extremo cuidado, procurando generar menores descargas y se les está inculcando a los trabajadores que esto es benéfico para todos.

Había dos tipos de emisiones en la empresa. Las producidas por el uso de combustóleo fueron relativamente fáciles de llevar a cabo con un programa de ahorro de energía que se detalla abajo. Un problema serio fue la resolución de los venteos de los reactores. La empresa lo solucionó al cambiar de tecnología con el fin de incrementar su eficiencia. En total, se invirtieron más de 6 millones de nuevos pesos en la ampliación de instalaciones para mejorar los reactores, automatizarlos, poner *scrubers*, y adquirir equipo electrónico. Aunque esta inversión se justificó por motivos de eficiencia, el entrevistado mantuvo que el objetivo ambiental estuvo presente.

En materia de residuos la empresa, después de asegurarse que lo que se envía no son los materiales recuperables, neutralizaba en lo posible los residuos. La separación de sus sólidos se hacía distinguiendo los residuos químicos de otro tipo, llevando un estricto control. Los más problemáticos eran los edilcoléteres. En una primera época se neutralizaban los residuos con ácido acético y se tiraban los acetatos porque son solubles y estaba permitido. Se ha cambiado de enfoque. Para eso se investigó y se encontró otro catalizador que se usa en mínimas cantidades por lo que se deja para los cementerios sólo lo que es económicamente inviable, con lo que también hay ahorro en el costo de confinamiento.

En términos de energía eléctrica la empresa contrató a un asesor de la Comisión de Ahorro de Energía y básicamente se definió un programa en varias etapas. Éste incluía la contabilización estricta del flujo de energía por unidad de producción con el fin de monitorear los avances y el arranque desfasado de motores. A la fecha de la entrevista, la empresa había reducido el consumo de energía en 25%. Posteriormente se cambiaría a 420 volts.³⁷

³⁷Según el entrevistado, los resultados podrían ser mejores si se realizara un proyecto en CIVAC de cogeneración de energía y vapor, el cual permitiría a las empresas hacer ahorros de espacio y energía, así como disminuir las emisiones en conjunto.

6.2 Estrategias empresariales en materia ambiental y aprendizaje

El aprendizaje ambiental es, según Finger (1995), un proceso por el cual las organizaciones transforman sus estructuras y su cultura para controlar y prevenir la contaminación generada por la empresa. Esto es resultado de un esfuerzo combinado de aprendizaje individual y transformación organizacional.

La asociación de los efectos ambientales negativos provenientes de distintas esferas del proceso productivo con resultados económicos no se da en forma inmediata. Una de las principales conclusiones de esta investigación es que el objetivo de ser ecoeficiente es producto de un proceso de aprendizaje progresivo. Es posible que la mira inicial fuese la reducción de costos, ajena al objetivo ambiental. Sin embargo, la exigencia de la regulación ambiental y la responsabilidad de la empresa impulsan el interés por vincular esta meta con la prevención de la contaminación, dada la presión para mantener su competitividad internacional. Esto implica involucrar los distintos niveles de jerarquía con esta meta. La evidencia del estudio mencionado sugiere que entre las empresas mayores, grupos o corporaciones, es más probable encontrar este enfoque integral que incorpora el cuidado ambiental como parte de su estrategia competitiva (casos 1 y 2). Estas empresas establecen lineamientos generales para el conjunto de plantas o divisiones y cambian sus estructuras y manuales específicos de cada unidad en congruencia con los compromisos ambientales generales. Esto requiere asimismo un proceso de capacitación ambiental en varios niveles.

Los resultados de Domínguez y Mercado (2000) muestran que buena parte de las empresas analizadas tenían documentos relativos al medio ambiente en distintos niveles de jerarquía: los principios directrices, las directivas ecológicas y los programas de acción ecológica. Estos principios directivos no toman en cuenta primordialmente la ecología, mientras que la protección del medio ambiente no merece más que un párrafo o un capítulo. Son declaraciones de intención en las cuales hace falta dar la sustancia, los principios específicos o los programas. Sin embargo, son un ancla de la protección del medio ambiente en el alto nivel de la empresa. Constituyen, en principio, un compromiso de la dirección. De las 12 empresas examinadas en Domínguez y Mercado (2000), ocho contaban con una política explícita para el medio ambiente; cinco tenían como primer compromiso cumplir con la legislación nacional y tres con la internacional. Entre las segundas prioridades se mencionó el desarrollo de sistemas de manejo ambiental, el aliciente de la recuperación y el reciclaje como medio para reducir los residuos y fomentar prácticas en pro del medio ambiente entre

proveedores. Las empresas grandes y muy grandes tenían una política ambiental por escrito. Entre las compañías extranjeras la política a menudo incluía el compromiso de cumplir con las normas de la corporación o del país en el que se localizaba la matriz.

La mitad de las empresas tenían un sistema de gestión ambiental y nueve de ellas tenían manuales. Por lo general los documentos estaban acompañados de instrumentos de gestión, como estadísticas, ya sean puntuales, ya fincadas en un programa integral con metas de desempeño a corto y largo plazos. Los balances de materiales están presentes en las empresas con mayor avance, así como las auditorías ecológicas.

El alcance del proceso de aprendizaje ambiental está condicionado por un desarrollo de capacidades tecnológicas relativamente avanzado en las empresas reseñadas, el cual se reflejaba en su gasto en ID o en su especial interés en el desarrollo tecnológico y su proceso de modernización; seis empresas contaban con un departamento de ingeniería o de ID. Para solucionar los problemas ambientales en un sentido de ecoeficiencia, como se señala en uno de los casos seleccionados, se requiere identificar mecanismos de ahorro que permitan establecer de manera sistemática la vinculación de los impactos ambientales con los resultados económicos de la empresa. Para las empresas esto implica la necesidad de realizar esfuerzos para cubrir los requerimientos de esta estrategia: la gestión tecnológica madura, la conceptualización del ecosistema de la empresa, la capacidad de ingeniería para dimensionar los impactos ambientales.

Una característica de la mayor parte de estas empresas es que habían realizado cambios significativos en su proceso productivo, de tal forma que su nivel tecnológico era comparable con lo utilizado en un lapso no mayor de diez años en el momento de la entrevista. Varias enfatizaron, al momento de la entrevista, que el aprendizaje ambiental es un proceso progresivo. Un primer paso ocurre consiste en documentación y monitorear distintos aspectos del proceso productivo y la calidad de las descargas de las empresas. Esto permite apreciar la relación entre el ahorro en insumos por la disminución de mermas por falta de regularidad en el trabajo y las menores descargas o emisiones al aire. Es decir, se da un proceso de valoración económica de estas últimas, lo que motiva a iniciar medidas en este sentido. No todas las empresas *de facto* tienen la capacidad de apreciar que la concepción de la calidad de "hacer las cosas bien", en lugar de hacer la inspección al final, genera menos rechazos y minimiza el desperdicio. En otras palabras, puede decirse que el resultado no sólo es mayor calidad, sino incluso menores costos. Cuando por presiones de la competencia las empresas inician sus sistemas de calidad total, estas ventajas se hacen evidentes. Igual sucede con el cuidado del medio ambiente: el descenso de los

rechazos está asociado tanto a la utilización de insumos y energía en forma eficiente, como a las menores emisiones.

Cuando la regulación ambiental se vuelve estricta se enfrentan a varias opciones: filtrar sus descargas o emisiones, reducirlas o recuperar los insumos de sus descargas y reciclarlos. En este proceso un factor importante señalado por King (1994) es el aprendizaje a partir de la descomposición de las descargas que obliga a replantear procesos o productos. Así, en el primer caso analizado, el análisis de las descargas resultó en una nueva planeación de la mezcla de producto en el tiempo para minimizar aquéllas. La política de calidad total implicó que los lavados de piso debían realizarse con el mismo cuidado que las demás actividades para evitar el desperdicio de agua. Aunque pueda pensarse que este último detalle carece de importancia, sólo una política integral puede lograr un cambio de cultura en la empresa.

Según el mismo autor, la tasa de aprendizaje a partir de las descargas depende de la tecnología de tratamiento, pero también de los aspectos organizacionales, la cercanía entre los trabajadores dedicados al control de la contaminación, los ingenieros de proceso y la habilidad del personal para resolver los problemas de los efluentes. Esto se confirma en las empresas con mayores avances en el proceso de aprendizaje ambiental, en las que se procura emplear trabajo calificado y una gestión laboral evolutiva. Esto implica que los problemas relativos a la contaminación se discuten con el departamento de producción y, como señala King (1994), se genera un efecto iterativo de cambio tecnológico y comportamiento organizacional que genera una colaboración y comunicación estrechas entre los primeros y los trabajadores para control de la contaminación.

Por otra parte se aprecia en estas empresas un aprendizaje indirecto mediante la vinculación con otras empresas o instituciones y acciones de colaboración, tal como muestra la evidencia en otros países (Finger, 1995; Dalcomuni, 1997). La principal asesoría ambiental de las empresas industriales en México proviene, sin duda, de los consultores especializados y después de los proveedores de equipo, la matriz y las asociaciones de productores. Si bien la vinculación industria-universidad es muy exigua en el país, la resolución de problemas ambientales es uno de los aspectos que más se demanda a las universidades y centros de investigación. El caso 1 es un magnífico ejemplo del potencial de esta vinculación con centros de investigación públicos y privados, nacionales y extranjeros, para la solución de distintos problemas ambientales.

Las exigencias de la matriz en cuanto a la calidad ambiental de los productos o de un cliente internacional pueden resultar en que una empresa demande a sus

proveedores un cambio a productos menos nocivos para el medio ambiente o la salud. Mostramos aquí un ejemplo al respecto. Aunque al principio las empresas proveedoras no necesariamente buscan mejorar la calidad de sus emisiones, es indudable que si la presión de la regulación ambiental funciona, ello alentará el diseño de nuevos productos ambientalmente amigables.

La interacción de las empresas con las cámaras o asociaciones ha intervenido en forma muy favorable en el caso del Programa de Responsabilidad Integral de la ANIQ para el aprendizaje ambiental de sus socias. Existe un programa similar en la Asociación Nacional de Productores de Pinturas (ANAPIT).

Los casos reseñados muestran la posibilidad de aplicar soluciones innovadoras para el cuidado del medio ambiente. Las empresas con mayores capacidades privilegian una gestión ambiental sistemática; su logística del proceso de producción va desde la compra hasta la distribución para disminuir desperdicios y residuos y adaptar o sustituir maquinaria para hacer un uso eficiente de la energía. Se observaron dos tipos de soluciones técnico-ambientales. Una está orientada al control de la contaminación y la otra es de tipo dual, con objetivos de eficiencia y prevención de la contaminación. Es importante señalar que no son mutuamente excluyentes y es posible que sean complementarias.

La mayor parte de las empresas financió su inversión ambiental, algo esperado debido al tamaño de la mayoría de las empresas. En sólo dos casos se mencionaron préstamos de NAFIN con fines ambientales y en uno los programas del CONACYT de vinculación con universidades. De las entrevistas se comprueba la escasa red de apoyos en materia del control de la contaminación analizada en el capítulo anterior.

A continuación se detallan los principales resultados de las soluciones técnico-ambientales de las doce empresas. En general estos equipos "al final del proceso" se emplearon por primera vez a comienzos de los noventa o antes. Pero esto no quiere decir que no hayan sido continuamente renovados y a menudo sustituidos por otros más eficaces. En contraste, las soluciones ecoeficientes tendieron a instalarse en la segunda parte de los noventa.

a) Emisiones a la atmósfera

Diez empresas habían introducido equipos de control para emisiones, como campanas (empresa pequeña de pinturas), filtros de distintos tamaños, (casas de bolsa), colectores de polvo y biorreactores eficaces para el control de emisiones y olores (grupo de empaques, fibras y textiles).

b) Tratamiento de aguas residuales

El tamaño y crecimiento de las empresas condiciona el alcance de las instalaciones utilizadas. Una pequeña empresa de pinturas informó que después de un estudio

determinó no requería una planta, por lo que recurrió a guardar el agua de colores en tambos para utilizarla de nuevo en la manufactura de pintura y así no verterla al caño. En otra empresa de pinturas el tratamiento era físico, pues separaban y filtraban los lodos. En las químicas había tratamiento físico-químico de distintos tipos o biológico. Dos empresas informaron que el agua salía con pureza certificada para riego, mientras otras tres estaban por contar con nuevas instalaciones con procesos biológicos para tratar con mayor eficiencia las aguas residuales.

c) Equipo o instalaciones para manejo de residuos

Todas las empresas con manejo de residuos peligrosos o tóxicos informaron que han adecuado sus instalaciones para este efecto. Tres grandes empresas químicas contaban además con incinerador. En un caso éste funcionaba desde fines de los ochenta.

d) Soluciones técnico-ambientales de tipo preventivo o mixtas

Entre estas soluciones se encontraron sistemas de reciclaje, cambios de insumos con fines ambientales, rediseño de productos ambientalmente amigables, sistemas de combustión más eficientes, maquinaria eficiente en energía, programas de ahorro energético, y cambios en procesos de trabajo. Estas soluciones son precisamente en las que se da una coincidencia de mayor eficiencia y cuidado del medio ambiente.

e) Sistemas o equipo para la minimización de merma o el reciclaje de materias primas o agua

En cuatro empresas se instaló maquinaria más eficiente que minimiza mermas. Ejemplos de esto se vieron en el caso 3. Una empresa de herramientas señaló tener un recuperador de arena desde 1990. Otra, productora de corcholatas y tapas de lata, recupera el metal de las descargas y lo recicla. Ejemplos adicionales de recuperación de materia prima son los siguientes: la instalación de un colector de polvo permite recuperar materia prima en una planta química; la recuperación de polvo en la producción de tablero aglomerado y la recuperación de resina fenólica a partir de agua residual con fenol.

En el caso del agua, una empresa papelera la reciclaba tres veces, gracias a sus instalaciones de tratamiento. Asimismo, reutilizaba productos químicos en la fabricación de cartón. En una planta química de uno de los grupos el reciclaje de agua llega a 60%, cuando antes se iba a una laguna aledaña. Con ello la planta ya no requería consumir agua fresca, lo cual ha permitido la recuperación de esta laguna y su hábitat.

Gracias a modificaciones sustantivas en los procesos se había logrado reutilizar combustibles. El ejemplo de lo anterior es el caso 2.

e) Cambios en los insumos con fines ecológicos

Entre los cambios realizados antes de 1994 se encontró un cambio en el uso de fungicidas de mercurio por otros menos contaminantes en la empresa pequeña de pinturas; la sustitución de insumos se orientó a buscar aquellos solventes en agua, como adhesivos e iniciadores solventes al agua. Otra empresa reportó la eliminación de cromosales en sus productos auxiliares para la curtiduría y la de los clorofluorocarbonos en los aerosoles.

Tal vez uno de los cambios más generalizados de insumos entre las empresas es el uso del gas natural como combustible a lo largo de los noventa. En algunos casos requirió modificaciones sencillas, pero en otros exigió la sustitución de reactores para optimizar el consumo.

Cambios más recientes fueron la eliminación del asbesto como insumo en la producción de impermeabilizantes y pinturas, la reducción de VOC en las resinas y la sustitución del plomo en tintas y pinturas.

f) Cambio en el diseño de producto con fines ecológicos

Seis de las empresas señalaron algún cambio en el diseño de algún producto. Sin duda uno de los programas de mayor efecto en términos ambientales fue el ya mencionado de la eliminación del plomo en las pinturas. No sólo atañe al impacto en la salud de los usuarios del producto, sino también en la de sus trabajadores y en la calidad de las descargas.

Otro esfuerzo en el mismo sentido fueron los impermeabilizantes sin asbesto, adhesivos sin solventes precursores del ozono y psicotrópicos (caso 2), nuevos refrigerantes (caso 1).

Es importante señalar que como parte de este proceso las empresas también suspendieron la producción de alguno de sus productos. Por ejemplo, el grupo de químicos farmacéuticos sacó un fungicida del mercado. Igualmente se tomaron decisiones tales como eliminar un producto, pues el cambio de proceso necesario para cumplir con la normatividad no era costeable para la empresa. Así, una pequeña planta de pinturas informó que enviaba a maquilar los barnices a una empresa cuyos procesos son modernos y no implican un problema ambiental. Otra, electrónica vendió el proceso de fabricación de circuitos impresos y los importaba.

g) Sistemas de combustión y maquinaria más eficientes en el uso de energía.

Se encontraron en siete empresas. Estos cambios entrañaron la compra de hornos, quemadores de bajo NOX, renovación de calderas y mejor instrumentación del equipo para el control de las operaciones. Asimismo, una tendencia fue la de emplear maquinaria eficiente en el uso de energía; motores más rápidos y eficientes que evitan pérdidas de energía por paros y arranques frecuentes. Hay tres ejemplos interesantes

y más recientes. El primero y el segundo ocurrieron en el caso 1 y se refieren a compresores de aire con tecnología libre de aceite y motores de alta eficiencia con arrancadores inteligentes y a la modificación en el proceso mediante la inyección directa de vapor a reactores, lo cual reduce el consumo de vapor e implica como consecuencia menor consumo de gas (caso 1). El segundo ejemplo se refiere a la inversión en una planta nueva por una empresa químico-farmacéutica con un sistema de producción descendente en el que todo se mueve por gravedad y que estaba completamente cerrado con ahorro de bombeo y por tanto de energía. En otra planta de la misma empresa se utilizaban sistemas de energía alternativa con celdas fotovoltaicas.

Un complemento de los sistemas de combustión eficientes y de la tecnología eficiente en energía eran los programas de ahorro. A veces los establecían las empresas por sí mismas y otras se realizaron en conjunto con el FIDE. Cinco de estas empresas declararon haber participado con éxito en este tipo de programas. Tres de ellas entre 1994 y 1996 y dos en la última parte de los noventa. Dos recibieron disminuciones del orden del 10% respecto al consumo eléctrico del año anterior y se logró una baja del 14.3%, con un descenso del índice de energía del 16.59%. En otro caso la disminución del índice energético fue de 28.4 por ciento.

Muchas de las soluciones encontradas no implicaron la compra de equipo sino repensar algunos de los procedimientos de trabajo. Otras soluciones apuntan hacia procedimientos más estrictos en el control de materiales y a mejorar el mantenimiento de los equipos de proceso, con buenos resultados para reducir la intensidad de la contaminación.

En resumen, en un medio competitivo a la vez que estricto en materia ambiental se inducen soluciones que afectan distintos ámbitos de la empresa para reducir sus emisiones y descargas o utilizar más racionalmente el agua, los insumos y los energéticos. Resalta el hecho de que las soluciones referentes a la introducción de equipo de control son sólo una pequeña parte y se comprueba que aquellas tendieron a generarse durante los años ochenta o la primera parte de los noventa. En contraste, las soluciones relacionadas con la prevención de la contaminación más ligadas al concepto de ecoeficiencia tienden a ocurrir como resultado de una segunda fase que liga la necesidad de atender el control de la contaminación como parte de una estrategia competitiva. Estas soluciones implican cambios en inversiones en maquinaria más moderna para minimizar mermas, retroadaptaciones de equipo, cambio de insumos o energéticos, productos más amigables con el medio ambiente. Generan ahorros de costo en algunos o varios insumos como agua, materias primas o

energéticos. Su impacto en el medio ambiente incluye la reducción de la contaminación en descargas, emisiones a la atmósfera o menos residuos peligrosos.

El estudio mencionado no aportó suficiente información sobre su efecto en la productividad, pero la mayor parte de las empresas consideró que su inversión en materia ambiental tiene aspectos compatibles con la búsqueda de mayor eficiencia, por lo que la empresa resulta compensada. Sólo dos empresas reportaron un incremento importante en su costo.

6.3. Conclusiones del capítulo

La convergencia de incentivos motivados por la competencia internacional, la política gubernamental y el sentido de responsabilidad social y ambiental de las empresas han resultado en nuevos patrones de conducta empresarial que motivan el desarrollo de nuevos patrones de conducta empresarial para prevenir el impacto de las actividades de la empresa en el medio ambiente. Cuando se dieron las primeras exigencias por la contaminación en los años ochenta, las empresas industriales mexicanas, como en otros países, tenían respuestas ligadas a la introducción de la tecnología de control, como pueden ser plantas de tratamiento, la innovación de filtros y otros tipos de equipo de control. Crecientemente mediante un proceso de aprendizaje ligado a las soluciones técnico-ambientales, las organizaciones transforman sus estructuras y su cultura para controlar y prevenir la contaminación que generan.

Las empresas reseñadas muestran que las inversiones para el control de la contaminación realizadas a fines de los ochenta y principios de los noventa se desplazan a las innovaciones ecoeficientes. En este cambio subyace la acumulación de capacidades tecnológicas y empleo para solucionar los retos ambientales que enfrenta cada empresa.

Estos ejemplos muestran la interrelación que puede establecerse entre la presión de la normatividad ambiental y la necesidad de reducir costos. En la misma forma, la necesidad de aumentar la calidad tiene un efecto positivo: la concepción de la calidad de "hacer las cosas bien" en lugar de la noción de hacer la inspección final, genera menos rechazos, pues se minimiza el desperdicio. Si bien no se proporciona suficiente información sobre el efecto de sus acciones en la productividad, sí se muestra cómo se da una interrelación entre la búsqueda de mayor eficiencia y la prevención de la contaminación.

Si bien el cambio cultural y de estructuras como parte del aprendizaje ambiental se da en todas las empresas es, sin duda, más notable y acabado en los grandes corporativos de nuestros estudios de caso. Obviamente, el avance hacia la preservación del medio ambiente y las innovaciones "verdes" ocurre en forma dispar

en el interior de estos corporativos, al igual que existen divergencias en otros aspectos. Hay divisiones líderes cuyo proceso de aprendizaje es el experimento piloto que se derrama posteriormente en otras. Como señaló un entrevistado, el avance hacia la ecoeficiencia es un proceso largo que implica cumplir con una serie de requerimientos: gestión tecnológica madura, concepción del ecosistema de la empresa en su conjunto, capacidad de ingeniería económica para dimensionar las repercusiones, habilidades para evaluar los impactos ecológicos y sociales, diseño de estrategias y administración de calidad total.

Los casos revelan que los elementos que subyacen al aprendizaje ambiental varían entre las empresas, pero en ningún caso es uno solo. Se trata de un proceso multifactorial. Intervienen elementos de aprendizaje internos como los ya mencionados. Pero éstos se combinan con otros externos. Contratan consultores especializados. La matriz o los socios extranjeros a menudo también favorecen la adquisición de información y asistencia técnica. Las asociaciones y sus programas o guías ambientales son también un medio que facilita el aprendizaje.

Entre los nuevos patrones de conducta empresarial relativos a las innovaciones verdes se da un comportamiento de creciente colaboración con centros de investigación o universidades y permiten ver cómo en estos casos exitosos se confirma el carácter sistémico de la innovación ambiental. En otras palabras, los casos exitosos de las innovaciones ambientales implican la interacción de la empresa con otras compañías, universidades o asociaciones y con instancias de gobierno.

Respecto a la interacción con entidades gubernamentales mencionaremos dos aspectos. En primer lugar, es notable la forma en que la participación en las auditorías voluntarias fue un medio para avanzar en el aprendizaje ambiental en muchas empresas. En segundo, se aprecia que los incentivos y el financiamiento gubernamental desempeñan a menudo un papel importante, aunque no determinante. Esto se debe a que las empresas estudiadas son en general grandes y tienen acceso a otras fuentes de crédito. Asimismo no sólo se ven alentadas por una regulación exigente, sino que aprovechan las limitadas fuentes de financiamiento y los incentivos ambientales, todo lo cual compone el subsistema sectorial de innovación ambiental.

Los estudios de caso confirman la gradualidad del aprendizaje ambiental. Como se señaló es posible que la mira inicial fuese reducir la contaminación. Sin embargo, la exigencia de la regulación y la responsabilidad de la empresa impulsan el interés por vincular esta meta con la prevención. El cambio de exigencia en la legislación ambiental sorprendió a muchas empresas sin el conocimiento suficiente para lograr los cambios. Un ejemplo elocuente es la construcción y mejoramiento de un sistema de medición de descargas en el grupo de empaques y fibras químicas.

Finalmente, es necesario destacar que el rezago tecnológico heredado del periodo proteccionista condiciona el alcance del aprendizaje y la innovación ambiental. El avance que se ha dado en términos de capacidades de producción ha favorecido la interrelación entre el cambio técnico organizativo con sistemas de calidad y mejora continua con la resolución de problemas ambientales. Indudablemente es necesario que la gran gama de empresas que no lo han hecho lo hagan. Sin embargo, este tipo de innovaciones tiende a agotarse. Si las empresas no tienen un enfoque más agresivo respecto a su proceso de inversión en desarrollo tecnológico, no estarán en posición de avanzar en las innovaciones ambientales requeridas en el futuro. Así se hace necesario que emprendan acciones hacia el desarrollo de tecnologías limpias.

7. Modernización y distribución de las capacidades tecnológicas en la industria

Los estudios de caso presentados en el capítulo anterior muestran un proceso de aprendizaje tecnológico en las empresas que previene o disminuye la contaminación y que fructifica en ahorros de costo. No cabe duda que las empresas seleccionadas son sobresalientes en cuanto a su acumulación de capacidades tecnológicas. En tanto en el marco de heterogeneidad tecnológica de la industria mexicana existe una distribución muy inequitativa de estas capacidades y por tanto no es posible generalizar la presencia de innovaciones ambientales. Este capítulo enfoca su atención en la medición de las capacidades tecnológicas en las empresas industriales en la industria manufacturera mexicana y analiza la distribución de estas capacidades en una muestra de 2156 empresas.

Nuestra perspectiva sugiere una superposición en la distribución de los niveles de gasto de las empresas en medio ambiente con la distribución de empresas con distintos niveles de inversión para el desarrollo de sus capacidades tecnológicas. Es posible que las posiciones conflictivas alrededor del efecto del gasto ambiental en la productividad puedan reconciliarse si, de hecho, el sector al ser muy heterogéneo, contiene elementos de cada historia. La distribución observada de la productividad y la coexistencia de empresas de alta y baja productividad con un elevado gasto en activos ambientales puede sólo reflejar la distribución de cualquiera de los factores que contribuyen a explicar la capacidad de aprendizaje de las empresas. De ahí que la baja productividad puede deberse a la varianza en las capacidades tecnológicas en lugar de ocurrir debido al gasto ambiental o a la insuficiencia de la presión reguladora ambiental, que en sí mismas pueden dar lugar a otro tipo de segmentaciones.

Nos proponemos demostrar las siguientes hipótesis:

1. La inversión en aprendizaje para resolver problemas ambientales está asociada con el nivel y la orientación de las capacidades tecnológicas en la empresa industrial mexicana.
2. En la medida en que las empresas invierten en acrecentar sus capacidades tecnológicas y las orientan a solucionar sus problemas ambientales, les es posible contrarrestar el gasto ambiental con un ahorro en costo, tal que incluso pueda existir una relación positiva entre la productividad industrial y el gasto en medio ambiente. Nuestra diferencia con la hipótesis de Porter es que el peso del gasto en medio ambiente en el desempeño industrial puede ser diferente entre empresas de

acuerdo con sus niveles de capacidades tecnológicas, dado el entorno de heterogeneidad tecnológica propia de un país semi-industrializado.

A continuación se presenta un panorama del proceso de modernización con la apertura comercial y del gasto dedicado al cumplimiento de la normatividad ambiental. Esto nos permitirá entender mejor el alcance de las innovaciones ambientales mencionado en el capítulo anterior. Mostraremos que en forma similar a lo que ocurre con la inversión en capacidades tecnológicas empresariales, hay diferencias de comportamiento en el gasto ambiental entre las empresas, ya sea por tamaño, origen del capital o mercado atendido. De esta forma, la disparidad existente en otros ámbitos de la economía se reproduce en el cumplimiento de la normatividad.

Después se presenta la metodología general de análisis para la medición de las capacidades tecnológicas y los aspectos conceptuales referentes a las variables para la medición de las capacidades tecnológicas en la industria mexicana. Demostraremos, al introducir la variable relativa al aprendizaje ligado al medio ambiente, que ésta está relacionada con otras modalidades de aprendizaje cuyos objetivos son distintos. Finalmente se identifican grupos de establecimientos por nivel de capacidad tecnológica para analizar sus características en cuanto a tamaño medio de los establecimientos, actividad exportadora, participación de capital extranjero y, de manera importante, la distribución del gasto ambiental. Así estaremos en posición de establecer en el siguiente capítulo la mediación de las capacidades tecnológicas en la asociación del gasto ambiental y la productividad.

7.1. Restructuración industrial y capacidades tecnológicas en la manufactura mexicana: un análisis de estadística descriptiva

Hemos ya señalado que una característica del proceso de modernización es su selectividad. Aunque hay un número creciente de empresas manufactureras que participan en los mercados externos directa e indirectamente, el grueso de las exportaciones tiende a concentrarse en un núcleo de 500 empresas, y dentro de éstas en las primeras cien.³⁸

La evidencia señala que el proceso de restructuración industrial se ha centrado en un mayor desarrollo de las capacidades de producción (Cimoli, 2000). En tanto que los incentivos para la inversión en desarrollo tecnológico son limitados, en la medida en que la apertura ha promovido un encadenamiento de las empresas mexicanas con las transnacionales, más que a la generación de innovaciones de producto o tecnologías, la competencia obliga a las empresas a bajar continuamente sus costos y a producir con calidad y regularidad. De ahí que el esfuerzo empresarial se centre en

³⁸ *Expansión*, septiembre de 2003.

cumplir con estos requerimientos, para lo cual deben invertir en capital humano, renovar equipos y modificar rutinas y métodos de organización de la producción. En seguida se presenta a grandes rasgos un panorama de los cambios y la intensidad de aplicación en una muestra de empresas industriales de la ENESTYC.

Siguiendo una práctica que continúa siendo común: 34% de los establecimientos de la muestra adquirieron tecnología o paquetes tecnológicos en 1998. Como complemento invierten en ingeniería básica y asistencia técnica para asimilar esta tecnología. 904 establecimientos (41%) realizaron actividades de ID entre 1994 y 1998. Los porcentajes en relación con las ventas son relativamente bajos. Apenas 10 establecimientos tienen una inversión en ID superior al 0.5% de sus ventas. Sin embargo, se aprecia un carácter complementario de la compra de tecnología y de la ID.

La necesidad de producir con calidad y menores costos ha hecho que la capacitación comience a ser parte de las rutinas empresariales: entre 72 y 90 por ciento de las empresas ofrecen capacitación interna o externa a sus empleados y trabajadores. La mayor parte de los establecimientos informan que capacitan entre 1 y 40 por ciento del total de trabajadores y empleados. Por tanto, es una minoría la que incluye a todos los trabajadores o empleados. Hay diferencias en la intensidad de esa capacitación por categoría y por tamaño. Las empresas grandes tienen un mayor porcentaje de trabajadores y empleados con programas de capacitación que las pequeñas. La diferencia es más notable en el caso de directivos y empleados que en el de los obreros generales. La categoría de empleo que recibe más capacitación son los empleados. La que recibe menos son los directivos, seguidos de los obreros generales (cuadro 7.1).

Cuadro 7.1
Establecimientos según el porcentaje del total de empleados y trabajadores
que recibieron capacitación en 1999

Tamaño	Capacitación de directivos			Capacitación de empleados		
	0	1-40%	Más de 40%	0	1-40%	Más de 40%
Chicas	141	192	3	64	261	11
Medianas	181	275	14	89	353	28
Grandes	313	991	46	115	1140	95
Total	635	1458	63	268	1754	134

Tamaño	Capacitación de obreros especializados			Capacitación de obreros generales		
	0	1-40%	Más de 40%	0	1-40%	Más de 40%
Chicas	96	221	19	109	208	19
Medianas	129	304	37	127	284	59
Grandes	217	1032	101	345	879	126
Total	442	1557	157	581	1371	204

Fuente: muestra seleccionada de la ENESTYC, 1999.

En tercer lugar se perfilan cambios en las esferas de la producción y sistemas gerenciales de las empresas, con señalados matices entre ramas y tamaños. Los cambios más extendidos son los organizacionales, impulsados en principio por las compañías líderes pero que hoy la mayor parte de las empresas consideran indispensables, ya que la inversión en maquinaria les resulta insuficiente. Siguiendo esta ruta, cada vez más la producción y el trabajo se reorganizan para mejorar la productividad, la satisfacción del cliente y las relaciones laborales. Entre estos cambios se encuentran las nuevas disposiciones y organización de las máquinas, la producción en grupos de trabajo o células de producción, los sistemas justo a tiempo y de calidad total. Buena parte de las empresas de la muestra han realizado de uno a cuatro cambios a la organización del proceso productivo (61%) y uno o dos en sistemas de calidad (58%). La aplicación integral de estos cambios ocurre en una proporción bastante menor. El grado de avance en éstos ocurre entre los grandes establecimientos.

Cuadro 7.2
Establecimientos en donde se practican rutinas de documentación o han impulsado los cambios organizacionales y de calidad

Tamaño	Documentación	Cambios en la organización del proceso productivo		Cambios en calidad		Total de establecimientos
		No	1-4	5 a 10	1 a 2	
Chicos	275	213	105	213	102	336
Medianos	381	318	116	321	129	470
Grandes	1254	785	505	732	580	1350
Total	1910	1316	726	1266	811	2156

Fuente: muestra seleccionada de la ENESTYC, 1999.

La tecnología dura constituye otra fuente de aprendizaje. Tal es el caso de las nuevas tecnologías. La muestra arroja que 1 101 empresas han incorporado al menos un equipo. El uso de estas tecnologías es sin duda más frecuente en el sector metalmecánico y entre empresas con participación de capital extranjero, pero no se limita a ellas: en la industria de alimentos y la química se dan ejemplos de empresas locales que se han automatizado gradualmente mediante la introducción de controles de programación lógica (plc's) (Dominguez, 1993; Domínguez y Brown, 1998; Micheli, 1994; Pozas, 1993). En total 1 101 establecimientos (50%) de la muestra informan alguna compra de este tipo de tecnología.

Cuadro 7.3
Incorporación de nuevas tecnologías (CNC, robots)

Tamaño	Establecimientos	%
Chicas	137	40.8
Medianas	198	42.2
Grandes	766	56.7
Total	1101	0.5

Fuente: muestra seleccionada de la ENESTYC, 1999.

Tal vez uno de los terrenos en que las empresas mexicanas han avanzado menos sea el de las actividades de enlace. Ya se ha señalado que estas capacidades son fundamentales para transmitir o recibir la información, la tecnología y las destrezas entre empresas (proveedores, subcontratistas, consultores, instituciones tecnológicas). Estas interrelaciones afectan no sólo la eficiencia productiva de la empresa sino también la difusión de la tecnología en la industria. Distintos estudios registraron en los noventa que las empresas exportadoras comenzaban a entretener relaciones con sus clientes y sus

proveedores para configurar zonas de cierta especialización productiva. Por ejemplo, en torno de la industria automotriz se gestaban redes de subcontratación, como en el norte de la República (Ramírez, 1993) y en el centro en Aguascalientes y Guanajuato (Ruiz Durán, 1999). Sin embargo, la realidad es que han sido procesos limitados que no han logrado inducir en cambios generalizados. Los datos de nuestra muestra confirman esta tendencia, pues sólo una minoría de empresas realiza actividades (compras, ventas, investigación y desarrollo) con otras empresas.

Cuadro 7.4
Acciones de enlace realizadas por las empresas
de la muestra en 1998.

	Establecimientos	%
0	1927	89.38
1 a 3	197	9.14
4 y más	32	1.48
Contacto con clientes mediante exportaciones	1247	58

Fuente: muestra seleccionada de la ENESTYC, 1999.

Casi 90% de los establecimientos no realizaron ninguna actividad conjunta con otra empresa ni tienen vinculación con universidades y centros de investigación; el 9% efectuó entre una y tres actividades y sólo 32 establecimientos (1.5%) llevó a cabo más de cuatro de estas actividades. La situación es dramática al considerar el sesgo de la muestra utilizada hacia las empresas grandes, con la subestimación de la pequeña empresa, a la que tradicionalmente se ha reconocido como muy desarticulada del resto del universo.

Si consideramos el contacto con clientes extranjeros mediante las exportaciones, con el que a menudo, según se evidencia en otros países (Taiwán), se obtiene de manera informal asistencia técnica relativa a procesos, calidad del producto, ésta se convierte en una de las modalidades más importantes del aprendizaje para los industriales mexicanos en el periodo reciente. Sin embargo, el saldo de las actividades de vinculación de la empresa mexicana es altamente insuficiente.

En suma, el nuevo modelo industrial exportador ha obligado a las empresas industriales mexicanas que buscan insertarse en el mercado mundial a desplegar un conjunto de actividades y mecanismos de aprendizaje, necesarios para emprender innovaciones. El resultado es de una gran heterogeneidad entre empresas. Las pequeñas y las micro muestran una menor participación en estos procesos. Asimismo es limitado en el alcance de estas actividades. Se continúa recurriendo a tecnologías

generadas en el exterior y, más importante, las actividades de ID ocupan un bajo porcentaje promedio de las ventas totales. Sin embargo, destaca la mayor participación de las empresas en cambios de tipo organizacional y en la introducción de sistemas de calidad. Resta ahora dedicar unas líneas al análisis del gasto dedicado a la preservación del medio ambiente en las empresas de la muestra.

7.2. Gasto empresarial dedicado al medio ambiente

La información oficial acerca de la inversión orientada al medio ambiente en las empresas industriales se compone del gasto en activos para el control y medición de la contaminación y gasto en ID orientado al control de la contaminación, a diferencia del relacionado con el proceso productivo.³⁹ Ambos gastos son captados por la Encuesta Industrial Anual. El cuadro 7.5 presenta los acervos brutos de la inversión en activos ambientales por tamaño de empresa para la muestra seleccionada y el gasto en ID con fines ambientales erogado a lo largo del periodo comprendido entre 1993 y 1998. Según la información de la EIA sólo 30% de los establecimientos informa gasto por este concepto en algún año. La distribución de éste en los distintos tipos de empresa sugiere una cierta relación entre este gasto y los programas de modernización de las empresas para enfrentar la competencia internacional debido a que las empresas grandes, exportadoras y con capital extranjero tienen una participación importante.

Cuadro 7.5
Características del total del gasto (activos ambientales + investigación y desarrollo para controlar la contaminación por tipo de establecimiento entre 1993 y 1998)

Tipo de establecimiento	% de establecimientos que gastan	% del gasto total	Gasto por establecimiento (miles de pesos 1993)	Gasto/ventas (%)	gasto en ID/ en el gasto total (%)	Gasto en ID por establecimiento (miles de pesos 1993)
Nacional	27	68	1225	0.11	39	476
Extranjera	50	32	1849	0.14	42	760
Exportadora	47	78	1684	0.13	39	659
No exporta	18	22	822	0.11	43	371
Grande	57	92	2512	0.10	36	916
Mediana	39	6	402	0.17	70	283
Pequeña	15	3	114	0.13	67	76
Intensiva en energía	45	36	2136	0.22	35	757
Total de establecimientos	30	100	1376	0.12	40	550

Fuente: Encuesta Industrial Anual, varios años.

³⁹ Filtros, casas de aire, plantas de tratamiento de agua, zonas para confinamiento temporal de residuos, entre otros.

La segunda columna muestra la proporción de establecimientos que gastan respecto del total, por tipo de establecimientos. Se aprecia que 57% de las empresas grandes erogan un gasto por este concepto, en tanto que entre las medianas y pequeñas el porcentaje se hace menor (30 y 15). Asimismo, la proporción de las empresas que gastan en abatimiento de la contaminación o su prevención es mayor en las extranjeras que en las nacionales (50 y 27 por ciento) y entre las que exportan frente a las que no lo hacen (47 y 18 por ciento).⁴⁰ La relación del gasto por establecimiento durante los años considerados es mayor en las grandes empresas (2 512 pesos), seguido por las intensivas en energía (2 136 pesos) y las extranjeras (1 849). Las empresas nacionales contribuyen con 68% del total del gasto, pero gastan menos por establecimiento y en proporción a las ventas que las extranjeras. Las exportadoras se distinguen también frente a las no exportadoras.

Por tamaño, las cosas cambian en cuanto al gasto sobre ventas. Contrario a lo esperado, las empresas grandes tienen en promedio 0.1%, en tanto las medianas presentan una relación superior al promedio, con 0.17%, al igual que las pequeñas con 0.14%. El hecho de que los establecimientos intensivos en energía tengan indicadores tan altos puede explicarse porque al ser más vulnerables a accidentes ambientales y más intensivos en contaminación están más sujetos a la vigilancia de las autoridades. La relación promedio del gasto a ventas es de 0.17%. Una pequeña parte del total (19%) de empresas tiene una relación superior a esta cifra. Sólo 47 establecimientos superan un gasto superior al 1% de las ventas.

A diferencia de los activos ambientales, que se consideran tecnología al final del proceso, puede decirse que el gasto en ID al menos en parte se dedica a buscar la solución de problemas técnico-ambientales en la empresa.⁴¹ Como se pudo ver en los estudios de caso del capítulo anterior, las empresas en sus departamentos de ingeniería o de ID, o finalmente por medio de consultorías externas, dedican horas de personal muy especializado y recursos a investigar cambios en el proceso y en los insumos, modalidades de recuperación de materias primas a partir de las descargas y otras formas de prevenir, más que de controlar, la contaminación. Una parte considerable del gasto total orientado hacia el medio ambiente (40%) está clasificado

⁴⁰ Este índice se calculó dividiendo el gasto en combustibles y electricidad entre la producción bruta total.

⁴¹ En la EIA se define como el gasto de inversión en equipo y maquinaria aplicado a este rubro. Éste se estima desde 1994, en tanto los activos para controlar la contaminación se dan a conocer desde 1993. No incluye remuneraciones, lo que en cierto sentido es una subestimación porque los salarios en personal altamente calificado se erogan constantemente, no así el gasto en equipo.

en este rubro. El promedio de gasto en ID con este fin a lo largo de los cuatro años fue de 551 000 pesos por establecimiento. A lo largo de los años en estudio, 1 600 establecimientos invirtieron en esta actividad.

Si bien el gasto en ID para el control de la contaminación no tiene que erogarse anualmente,⁴² un número pequeño de empresas lo realiza en forma más sistemática: menos de 100 empresas informaron este gasto a lo largo de todos los años. Cerca de 300 lo informaron anualmente a partir de 1996. Las empresas grandes, extranjeras y las intensivas en energía tienen los promedios más altos por establecimiento. Estos indicadores son coherentes con resultados de otras investigaciones sobre el gasto en ID aplicado al proceso productivo (Unger, 1998, 2000; Brown y Domínguez, 1999). Cerca de dos terceras partes de los establecimientos tienen proyectos de ID con fines ambientales y procesos productivos, lo cual también es consistente con el planteamiento de este trabajo referente a la importancia de la ID con fines ambientales como fuente de aprendizaje.

7.3. Aspectos teóricos y conceptuales sobre la medición de las capacidades tecnológicas

Un tema subyacente en la comprobación de las hipótesis anteriores es el análisis de las prácticas de aprendizaje de las empresas industriales, entre de las cuales están las orientadas a resolver la problemática ambiental de la empresa y su medición a fin de establecer comparaciones entre las empresas, para después examinar la asociación de dichas capacidades con su desempeño y, específicamente, su productividad.

Cualquier medida requiere de un instrumento y un estándar acordado. La variable producción se mide en toneladas o unidades; la redituabilidad se mide en porcentaje sobre el capital invertido y el costo en unidades monetarias. Los conceptos que utilizamos en este estudio no se pueden medir de esta manera. El reto es considerable ya que su complejidad conceptual no permite que sean observables de modo directo y único. Sin embargo, es posible aproximarse a las capacidades tecnológicas con la construcción de variables que permitan esa observación de manera directa.

Esta tesis intenta, con el apoyo de un trabajo previo (Domínguez y Brown, 2004) hacer una contribución en este aspecto. La metodología en detalle se presenta en el capítulo.⁴³ Nuestro marco de referencia son las aportaciones de Lall (1992) y Bell y Pavitt (1993) quienes sugieren formas para clasificar las funciones tecnológicas desarrolladas por la empresa con el fin de asimilar, adaptar y mejorar la tecnología adquirida. Esta taxonomía clasifica estas funciones según su ubicación en las

⁴² Recordemos que se trata de gasto en equipo exclusivamente.

⁴³ En la exposición de esta sección sigo de cerca este trabajo.

funciones técnicas de inversión, producción o vinculación. Las capacidades de inversión son las habilidades necesarias para identificar, preparar, obtener la tecnología para el diseño, construcción, equipo y personal de un nuevo proyecto. Determinan los costos de capital del proyecto, la adecuación de la escala, la mezcla de productos, la sección de la tecnología y la comprensión de las tecnologías involucradas por parte de la empresa. Las capacidades de producción van desde las habilidades básicas, como control de calidad, operación y mantenimiento, a las más avanzadas, como pueden ser la adaptación y la mejora, y hasta las más demandantes, como investigación, diseño e innovación. Estas habilidades determinan no sólo la operación y mejora de estas tecnologías sino también los esfuerzos internos por absorber o imitar la tecnología comprada a otras empresas. Las capacidades de enlace son las habilidades necesarias de las empresas (proveedores, subcontratistas, consultores, instituciones tecnológicas) para transmitir o recibir la información, la tecnología y las destrezas. Estas interrelaciones afectan no sólo la eficiencia productiva de la empresa sino también la difusión de la tecnología en la industria. Estas funciones pueden desarrollarse en distintos niveles. En el primario, la empresa adquiere habilidades básicas, en el medio alcanza destrezas secundarias, es decir, de imitación, y en el tercero consigue las más altas de tipo innovador.

Existen antecedentes de medición de estas destrezas en las empresas inspirados en la taxonomía de Lall (1992), que aportan estimaciones de índices compuestos para distintos sectores y países. Algunos se basan en encuestas realizadas *ex profeso* y otras en estadísticas oficiales. Romiin (1999) propone una medición para la industria de bienes de capital en Pakistán; Tremblay (1998) realiza una medición de las capacidades tecnológicas de la industria papelera canadiense para examinar su asociación con la productividad total de los factores, y Widnajara (2001) construye un índice compuesto para una muestra de 40 empresas en las islas Mauricio.

Un problema que no ha recibido suficiente atención es que buena parte de las variables que nos permiten aproximarnos a las capacidades tecnológicas pueden cuantificarse y permiten entender la relación que guardan entre sí o cuáles inciden más que otras, ¿se trata de sumar todos los puntos en un índice? ¿Debemos darles una ponderación? Esto requiere de una metodología adecuada y un análisis fino de la información estadística que no se ha hecho hasta ahora. El ejercicio de medición de las capacidades tecnológicas de la industria mexicana busca aportar luces sobre los siguientes aspectos

a) Las actividades de aprendizaje que más inciden en el nivel general de las capacidades tecnológicas de las empresas industriales mexicanas y su interrelación con la resolución de los problemas técnico-ambientales.

b) La distribución de los distintos niveles de estas capacidades tecnológicas en la industria y las características asociadas a las empresas, incluido el gasto en medio ambiente.

c) El efecto del gasto ambiental en el desempeño industrial (productividad laboral, productividad factorial y margen bruto de ganancia) tomando en cuenta la intermediación de las capacidades tecnológicas.

Los incisos a y b se desarrollan en este capítulo. El análisis del efecto del gasto ambiental en el desempeño industrial se examinará en el siguiente.⁴⁴

7.4. Estimación de los índices de capacidades tecnológicas.

Se hicieron varios ejercicios de análisis factorial, los cuales permitieron eliminar las variables que tenían factores de carga muy pequeños dentro de sus respectivos factores; éstas fueron: inversión en tecnología administrativa, ingeniería básica y asistencia técnica; inversión en el uso de patentes y las diversas actividades de enlace con la excepción del contacto con clientes mediante las exportaciones relativas a la relación con universidades y centros de investigación, subcontratación y actividades conjuntas entre empresas.

El resultado del análisis factorial realizado con las variables descritas se presenta en el cuadro 7.6. Se identificaron cinco factores con un valor característico mayor que uno. El método de rotación utilizado fue el de *varimax*, que busca minimizar el número de variables que tienen altas cargas en un factor. Las cargas factoriales más altas (negritas) tienen mayor asociación con esa variable y nos permiten interpretar el significado de los factores, el cual se indica a manera de título. Así, la matriz factorial permite interpretar las capacidades de la empresa en cinco modalidades de aprendizaje.

⁴⁴ Los aspectos metodológicos referentes al análisis factorial y la construcción de variables se explican en el capítulo de aspectos conceptuales.

Cuadro 7.6
Capacidades tecnológicas: resultados del análisis factorial incluyendo la variable del
aprendizaje aplicado al medio ambiente (coeficientes de carga)

	F1	F2	F3	F4	F5	
	Política integral de formación de personal	Innovación mediante mejora continua	Instancias de aprendizaje	Sistemas de documentación	Inversión en nuevas tecnologías y renovación de equipo	Comunalidades
1. Cambios en la organización	0.017	0.384	0.014	0.159	0.143	0.194
2. Certificaciones de calidad	0.062	0.417	0.051	0.123	0.1	0.206
3. Compra de tecnología	-0.026	0.508	0.044	0.053	0.056	0.267
4. Política de reclutamiento de personal	0.133	0.253	0.091	0.112	0.166	0.13
5. Documentación de programas de capacitación	0.167	0.166	0.053	0.562	0.114	0.387
6. Documentación de programas seguridad y normas	0.036	0.164	0.079	0.612	-0.025	0.41
7. % de directores capacitados	0.496	0.168	0.074	0.087	0.027	0.287
8. % de empleados capacitados	0.832	0.046	0.077	0.033	0.015	0.702
9. % de obreros especializados	0.667	0.042	0.034	0.069	0.057	0.456
10. % de obreros generales capacitados	0.663	-0.091	-0.031	0.054	-0.042	0.454
11. Contacto con clientes a través de exportaciones	0.037	0.296	0.287	-0.005	0.074	0.177
12. Introducción de tec. CNC y robots	-0.007	0.11	0.097	0.04	0.604	0.388
13. Renovación de equipo	0.014	0.156	0.033	0.014	0.31	0.122
14. ID para proceso productivo	0.046	0.11	0.58	0.049	0.073	0.358
15. ID para controlar la contaminación	0.034	0.003	0.557	0.071	0.047	0.319

Fuente: estimaciones propias con base en la muestra seleccionada de la ENESTYC, 1999 y la EIA.

En la primera columna se aprecian altas cargas factoriales en los porcentajes de personal capacitado en los cuatro niveles de empleo: directivos, empleados, obreros especializados y obreros generales. Hay evidencia alternativa sobre la creciente capacitación de los trabajadores, tanto en horas impartidas como en calidad, aunque sin duda no está generalizada. En nuestra opinión esta pauta de comportamiento expresa la presencia de una política de formación de personal en una forma integral dentro de la empresa. De ahí el título de esta columna.

Un interesante patrón de relaciones entre variables se observa en los coeficientes de carga de la segunda columna: el avance en los sistemas y certificación de calidad (0.42), los cambios en la organización del proceso productivo (0.39), la adquisición de paquetes tecnológicos y transferencia de tecnología (0.51) y el aprendizaje de los clientes internacionales por medio de las exportaciones. Como ocurre con otros países de industrialización tardía, México depende de la adquisición de tecnología del extranjero. Aparece interrelacionada con otras variables de aprendizaje que son parte de lo que puede denominarse innovaciones de mejora continua. Las innovaciones en los procesos productivos han implicado una búsqueda intensa de las empresas para resolver problemas. Estas actividades han derivado en cambios en la organización de las operaciones productivas que pueden involucrar un nuevo *lay out*, la adopción de sistemas "justo a tiempo", la formación de círculos de calidad y una mayor participación de los trabajadores (Coriat, 1992). Asimismo, las empresas avanzan paulatinamente hacia lo que se denomina una nueva cultura de calidad. Esto implica la adopción de un enfoque sistémico de medición a fin de dar un mejor servicio al cliente, pero también de disminuir retrabajos y bajar costos. Lo anterior ha sido muy evidente en la industria automotriz (Carrillo, 1993). Los departamentos de producción y calidad pasan de estar separados a estar continuamente en comunicación. Por último, el aprendizaje por medio de los clientes extranjeros a partir de las exportaciones puede sugerir que el flujo de información adquirido se interrelaciona con este proceso de innovación de mejora continua, y a su vez éste permite mayores exportaciones. Se mantuvo la variable tocante a la política de reclutamiento de la empresa a favor de personal con mayor formación educativa, la cual, aunque con un coeficiente de carga relativamente moderado (0.25), denota ante todo la calificación necesaria del empresario para emprender estos cambios.

En el tercer factor, en el que subyacen estructuras formales de aprendizaje en la empresa, sobresalen las cargas factoriales de las actividades de ID aplicadas al proceso productivo y al control de la contaminación, y el contacto con clientes extranjeros mediante las exportaciones, el cual tiene una carga sólo ligeramente más

alta que la del factor de mejora continua. Es decir, las varianzas de la investigación para controlar la contaminación y la ID orientada al proceso productivo comparten un patrón específico de comportamiento. Como se ha mencionado, no hay evidencia de actividades de ID de carácter innovador en las empresas mexicanas, pero siguiendo a Cohen (1992) puede decirse que estas dos actividades se constituyen en estructuras formales de aprendizaje en la empresa.⁴⁵ Por otra parte, la alta carga del contacto con clientes extranjeros por medio de las exportaciones nos muestra también la importancia de los incentivos de mercado señalados por Dalcomuni (1997) en la inversión que las empresas realizan para recabar conocimiento para resolver sus problemas ambientales. En este caso las exportaciones desempeñan un doble papel: por un lado, la exigencia de los clientes internacionales alienta la inversión en ID con fines ambientales; y por otro, el contacto con clientes internacionales constituye una fuente de aprendizaje aplicada al medio ambiente.

En el cuarto factor, las cargas factoriales de las variables relativas a la documentación del programa de seguridad y de los planes de capacitación resaltan la importancia del desarrollo de los sistemas de información y documentación en las empresas. La selección de indicadores precisos permite un análisis certero al identificar problemas críticos, gracias a lo cual las empresas pueden emprender la resolución de estos problemas con una óptica de largo plazo, así como monitorear sus resultados.

En el quinto factor se aprecia el esfuerzo tecnológico desde la perspectiva de la utilización de tecnología dura: la introducción de nuevas tecnologías y la renovación de equipo. Parte del conocimiento está, sin duda, incorporado a las máquinas. En la medida en que éstas se renuevan, la empresa adquiere nuevos conocimientos y se ve alentada a realizar cambios complementarios. Varios estudiosos han analizado la gran interrelación entre la aplicación de nuevas tecnologías y los cambios organizacionales (Edquist, 1992:). Un cambio en la organización puede traer consigo un cambio tecnológico, o viceversa, o bien ambos se acompañan y condicionan uno con el otro.

La última columna presenta los coeficientes de comunalidad.⁴⁶ A diferencia del análisis de componentes principales, que destaca el porcentaje de la varianza

⁴⁵ La tesis según la cual necesidad de resolver problemas ambientales y cumplir con la contaminación desincentivaría la investigación en ID según Gray y Shadbeginan (1993) no se comprueba.

⁴⁶ Los coeficientes de comunalidad miden la relación entre la varianza de cada variable con el resto. Como señala Dillon (1984), el análisis de componentes principales es un análisis de varianza, en tanto que el análisis factorial centra su atención en la cantidad de varianza que cada variable comparte con las otras y por lo tanto el análisis factorial es un análisis de covarianza.

examinada por cada componente, el análisis factorial pone el acento en éstos. El análisis de comunalidad de las variables incluidas es satisfactorio para la mayor parte de las variables. Los coeficientes más bajos corresponden a renovación de equipo, ID, contacto con clientes mediante las exportaciones y política de reclutamiento de personal. La decisión de no eliminarlas del análisis se basó en que son complementarias de otras variables en los factores y a la estabilidad de los resultados en distintos ejercicios de estimación. En el caso de la variable ID para controlar la contaminación, indica que 32% de su varianza es compartida con las variables incluidas en el análisis factorial. Lo anterior permite confirmar nuestra primera hipótesis referente a la asociación de la inversión en aprendizaje para la resolución de problemas ambientales con el conjunto de variables que revelan el nivel de capacidades tecnológicas en la empresa.

Los resultados de las variables relativas al enlace (relativa a la relación con universidades y centros de investigación, subcontratación y actividades conjuntas entre empresas) expresa sin duda una de las insuficiencias mayores en la capacidad innovadora de las empresas mexicanas. Como fue mencionado estas capacidades constituyen una etapa esencial en la difusión y desarrollo de las tecnologías limpias (Montalvo, 2003). Se confirman resultados realizados de otros autores relativos al todavía insuficiente contacto de las empresas mexicanas entre ellas y las universidades (Casas, De Gortari y Luna, 2000).

7.5. Distribución de las capacidades tecnológicas en la industria mexicana y características asociadas

Para realizar este análisis se agruparon los establecimientos según las características de sus capacidades tecnológicas resultantes del análisis factorial con base en los puntos (*scores*) por cada factor de cada uno de los establecimientos.

El análisis de *clusters* entre los establecimientos se llevó a cabo con el método conocido como "K medias", el cual consiste en identificar grupos relativamente homogéneos de casos. (Véase el capítulo 2 para una explicación con mayor detalle).

7.5.1. Características de los agrupamientos

El análisis de *clusters* en el cuadro 7.7 identifica varios patrones distintos de acumulación de capacidades entre los establecimientos de la muestra con base en los cinco factores anteriores. El perfil de los cinco agrupamientos o *clusters* identificados se resume en el cuadro.

Cuadro 7.7
Resultados del análisis de cluster*
Puntos factoriales promedio

Factores/cluster	I	II	III	IV	V
Política de formación de personal	-0.18	-0.17	2.08	-0.2	-0.51
Innovación mediante mejora continua	0.3	0.4	-0.02	-0.28	-0.49
Estructuras formales de aprendizaje	1.16	-0.38	0.04	-0.29	-0.21
Sistemas de información y documentación	0.22	0.27	0.17	0.34	-1.47
Nuevas tecnologías y renovación de equipo	0.28	0.51	-0.1	-0.52	-0.17
Total de establecimientos	379	465	159	248	539

Fuente: estimaciones propias con base en la muestra seleccionada de la ENESTYC.

*Se eliminaron en este análisis 28 establecimientos.

Cada agrupamiento se caracteriza por una combinación y un nivel de capacidades tecnológicas. Los resultados del primer *cluster* se leen en la primera columna. Con 379 establecimientos (21%), cuenta con resultados positivos en cuatro de cinco factores. Se puede considerar un grupo cambio técnico y organizacional con aprendizaje ambiental. Tiene los *scores* factoriales más altos en aprendizaje ligado a la ID orientada al proceso productivo y al control de la contaminación y el segundo lugar en nuevas tecnologías y en innovación mediante mejora continua. Los *clusters II* y *III* tienen resultados positivos en tres factores, aunque con diferencias entre ellos. El segundo (cambio técnico y organizacional sin aprendizaje ambiental) con 465 establecimientos (25%), tiene el puntaje más alto en innovación mediante mejora continua y nuevas tecnologías. El tercero (intensivo en capacitación) posee un promedio muy alto en política de formación de personal; de hecho es el único *cluster* que se destaca por esto y al igual que en el primero hay un mínimo de aprendizaje ambiental. El cuarto agrupamiento (atraso tecnológico con documentación) se caracteriza por tener un nivel alto en sistemas de información y documentación, único aspecto en el que tiene puntaje positivo, y el quinto (rezago general) destaca por promedios negativos en todos los factores. En resumen, en términos de una orientación explícita de las capacidades tecnológicas empresariales aplicadas a la resolución de problemas ambientales, sólo el primer *cluster* lo reúne ampliamente y el tercero tiene un mínimo. Un grupo importante de empresas tiene capacidades

tecnológicas, pero su promedio indica bajos niveles de actividades de ID, en particular las dedicadas a la resolución de problemas ambientales, como se verá más adelante.

En relación con la escasa proporción de los establecimientos con bajas capacidades, si se compara con las decenas de miles de establecimientos industriales micro y pequeños de carácter marginal en la industria mexicana, debe recordarse que este análisis de agrupamientos se realizó para una submuestra de los 8 181 establecimientos de la ENESTYC.⁴⁷

El cuadro 7.8 muestra que el tamaño promedio de los tres primeros *clusters* es muy similar y mayor que en el resto. El primero y el segundo agrupamientos tienen la mayor participación en el PBT y exportaciones totales de la muestra. Asimismo, las empresas extranjeras tienen una alta participación en el valor bruto de la producción de ellos. En contraste, los *clusters* 4 y 5, con menores capacidades, están compuestos por establecimientos de tamaño pequeño, medido por las ventas. Sus exportaciones y participación extranjera constituyen sólo una muy pequeña parte del total.

Cuadro 7.8
Características de los agrupamientos

Clusters	Tamaño medio por ventas	Participación en PBT	Participación exportaciones	Establecimientos con capital extranjero	% del PBT
I	191504	29.96	29.16	139	54.62
II	192634	42.56	56.32	133	52.76
III	153722	8.42	7.6	26	32.77
IV	44737	4.31	1.54	23	6.54
V	69255	14.3	5.27	80	19.09

Fuente: Estimaciones propias con base en la muestra seleccionada de la ENESTYC.

7.5.2. Distribución del gasto ambiental en los agrupamientos

La clasificación de los establecimientos por agrupamientos o *clusters* según su nivel de capacidades es útil para analizar el gasto en medio ambiente. Su distribución se presenta en el cuadro 7.9. El primero participa con el 39% del gasto en ID para el control de la contaminación y 26% de la inversión en activos ambientales. En términos de la primera variable es el que gasta más por establecimiento y en relación con sus ventas (0.29%). La mayor parte de sus empresas (81%) efectúan un gasto en control o prevención de la contaminación. El segundo grupo, en cambio, concentra el 42% del gasto en activos ambientales, con 535 000 pesos⁴⁸ y tiene el mayor gasto promedio por establecimiento en este rubro. La proporción de establecimientos con gasto es

⁴⁷ Domínguez y Brown (2004) realizaron un ejercicio a partir del total de la muestra de ENESTYC y encuentran que cerca del 70% de los establecimientos cae en los dos agrupamientos de menores capacidades.

⁴⁸ Precios constantes 1993=100.

menor que en el primer agrupamiento (57%). El tercer grupo es pequeño, pero contribuye con una parte proporcional a su tamaño del gasto y tiene un elevado gasto por establecimiento y la proporción más alta en relación con las ventas. También se aprecia que su gasto tiene el mayor índice de concentración. Los *clusters* IV y V se caracterizan por un menor gasto por establecimiento, así como una proporción menor de empresas con gasto. En resumen, la mayor parte del gasto en medio ambiente, así como el gasto por establecimiento más alto, se eroga entre los tres primeros grupos. La heterogeneidad de las empresas se manifiesta tanto en los niveles de las capacidades tecnológicas como en su inversión para la preservación del medio ambiente.

El índice de concentración del gasto ambiental en los cuatro primeros establecimientos (Cr4) en la sexta y décima columnas es útil para apreciar su distribución. El índice Cr4 de la ID para controlar la contaminación es mayor que el de los activos ambientales, lo que indica que para cumplir con la normatividad, la mayor parte de las empresas atienden al menos el tema del control de la contaminación ya que los programas de aprendizaje tienden a ocurrir en forma más selectiva. El dato del mismo índice en el caso del segundo *cluster* es singular y se entiende así que a pesar de aportar poco más de la cuarta parte de este gasto, este *cluster* presente un promedio negativo en el tercer factor (instancias de aprendizaje) como se recordará del análisis del cuadro 7.9.

Cuadro 7.9
Gasto orientado a la preservación del medio ambiente y el cumplimiento de la normatividad ambiental en la muestra por grupo de capacidades tecnológicas*

ID	I	II	III	IV	V	Total
% de establecimientos con gasto	81	57	54	45	48	57
% gasto total	39.41	26	9.93	5.03	19.1	99.47
Gasto / ventas	0.25	0.11	1.12	0.1	0.13	0.04
Gasto / establecimiento	534.968	287.641	321.338	104.315	182.24	287
Cr4 gasto **	54	87	62	55	55	62.6
Activos						
% gasto total	25.74	42.93	14.39	2.32	14.06	99.44
Gasto / Ventas	0.05	0.06	0.08	0.03	0.05	0.05
Gasto/establecimiento	614	835	818	85	236	505
Cr4 gasto	35	40	37	38	27	35.4

*Miles de pesos 1993=100.

**Cr4= concentración del gasto (% del gasto correspondiente a los cuatro establecimientos con mayor gasto dentro del gasto total).

Fuente: estimaciones propias con base en la muestra de la EIA.

Nuestros resultados sobre la distribución del gasto ambiental en los *clusters* con mayores capacidades tecnológicas, en donde predominan empresas de mediano a grande, son congruentes con diversas investigaciones sobre las características de las empresas con cumplimiento de la normatividad en el caso mexicano (Dominguez, 1998; Mercado, 1998) y que muestran que hay una asociación entre el tamaño de la empresa y el mayor cumplimiento. Lo mismo ocurre con la presencia de un conjunto de prácticas que denotan la presencia de un nivel mayor de cultura industrial. Esta última característica se expresa, según Dasgupta, Hettige y Wheeler (2000), por la significativa presencia de métodos gerenciales formales de gestión ambiental en las empresas (procesos tipo ISO-14000, capacitación ambiental para todo el personal).

7.6. Conclusiones del capítulo

Este capítulo realiza una aportación metodológica y analítica a la línea de investigaciones dirigidas a construir índices representativos de las capacidades tecnológicas de las empresas manufactureras mexicanas que permitiera realizar análisis comparativos entre grupos de empresas o establecimientos con distintas capacidades. Además, este análisis permite afirmar que la ID para el control de la contaminación está relacionada con las modalidades de aprendizaje que condicionan la acumulación de las capacidades tecnológicas.

En lo que se refiere a la construcción de índices representativos de dichas capacidades, el empleo del análisis factorial permitió simplificar relaciones complejas en un número reducido de factores o dimensiones comunes que las entrelazan mediante variables aparentemente no relacionadas. La ventaja frente a computar un índice único por puntajes simples, como han hecho otros autores, es que evitamos dar ponderaciones subjetivas y dejamos al análisis factorial la tarea de determinar el porcentaje de la varianza explicada por cada factor. Esta es una contribución del trabajo.

En el caso que nos ocupa, después de un exhaustivo análisis factorial exploratorio se identificaron cinco factores que expresan las principales fuentes de aprendizaje en la empresa manufacturera: 1) política de formación de personal, 2) innovación en mejora continua, 3) estructuras formales de aprendizaje, 4) sistemas de información y documentación, y 5) inversión en nuevas tecnologías.

El primer factor, como su nombre lo indica, expresa la definición de una política de formación del personal en todos los niveles de la empresa: directivos, empleados, obreros especializados y obreros generales. Se observa un alto grado de correlación entre estas variables, lo que sugiere que cuando una empresa tiene una política de capacitación, lo hace en todos los niveles.

En el segundo factor subyacen las actividades ligadas a lo que denominamos el aprendizaje mediante la mejora continua. El proceso de modernización en México ha entrañado una búsqueda intensa de las empresas para solucionar problemas y adquirir lo que se denomina una nueva cultura de calidad con certificaciones de calidad internacional. Por último, el aprendizaje proveniente de clientes extranjeros mediante las exportaciones se interrelaciona con este proceso de innovación de mejora continua.

En el tercer factor subyacen las estructuras formales de aprendizaje. Este factor es el que expresa la orientación de las capacidades tecnológicas a la resolución de los problemas ambientales, representada por la correlación de la ID aplicada al control de la contaminación con la ID ligada al producto y al proceso productivo. Aunque no son parte de estructuras formales de aprendizaje, el que proviene de clientes extranjeros está presente en este factor. De hecho es la única variable que aparece en dos factores.

El cuarto factor agrupa las rutinas de documentación de procesos, normas por escrito y planeación de la empresa. Por último, el quinto factor expresa el esfuerzo tecnológico desde la perspectiva de la utilización de tecnología dura: la introducción de nuevas tecnologías y la renovación de maquinaria.

Aunque nuestras variables iniciales se seleccionaron conforme a la taxonomía de Lall (1992), al final del análisis las que predominaron fueron las capacidades de producción. En lo que toca a las capacidades de inversión, deben mencionarse compra de tecnología, ID y renovación de equipo e introducción de nuevas tecnologías. La situación más dramática ocurrió con las variables de enlace que, con excepción del contacto con clientes extranjeros, estuvieron virtualmente ausentes en los factores. Esto confirma resultados de otros estudios que muestran que las empresas tienen muy poca vinculación con universidades y centros de investigación, así como entre ellas mismas (Casas, De Gortari y Luna, 2000).

Con la metodología utilizada nos fue posible evaluar la relación que cada observación guarda con cada uno de los factores y así clasificar los establecimientos de la muestra según sus capacidades tecnológicas. Se utilizó el análisis de agrupamientos tomando como base el puntaje de cada observación por cada factor. Se identificaron cinco agrupamientos de empresas en función de sus índices factoriales de capacidades. El primero, *intensivo en tecnología evolutiva y organizativa y aprendizaje ambiental*, presenta cuatro factores con niveles positivos: rutinas de documentación y planeación, introducción de nuevas tecnologías y mejora continua y estructuras formales de aprendizaje. Constituido por grandes empresas, con alta participación de las exportaciones y presencia de capital extranjero, eroga un alto

porcentaje del gasto ambiental, especialmente el de ID. Además se caracteriza por que presenta el mayor porcentaje de los establecimientos con gasto positivo en materia de medio ambiente. El segundo, *intensivo en tecnología evolutivo y organizativa y pasivo en aprendizaje ambiental*, con características similares al primero, pero con un promedio negativo en lo que se refiere a la estructura formal de aprendizaje, tiene una mayor participación en el gasto en activos ambientales que en ID para el control de la contaminación, la cual además está muy concentrada en sólo cuatro establecimientos. También está formado por empresas grandes con presencia importante de capital extranjero. El tercero, *intensivo en capacitación con aprendizaje ambiental bajo*, sobresale por su política integral de formación de personal y con promedio positivo en rutinas de planeación y documentación y un nivel bajo, pero positivo, en las estructuras formales de aprendizaje. Está constituido por relativamente pocas empresas, por lo que su participación en el valor bruto de la producción y las exportaciones es mucho menor. El cuarto grupo, *atraso tecnológico con documentación*, sólo tiene rutinas de documentación y planeación. El quinto agrupamiento, *rezago general*, presenta niveles negativos en todo, o sea, es el más atrasado. Estos dos últimos *clusters* están constituidos por empresas pequeñas a medianas, con menor presencia de inversión extranjera y participación en las exportaciones totales. Su aporte al gasto ambiental es el más bajo.

Antes de terminar es necesario recalcar que la información es incompleta y no permite captar todas las variables contenidas en las taxonomías en que se basa este trabajo, dentro de la cual una ausencia importante aún se refiere a las capacidades de planeación y diseño de proyectos. Más importante aún, de las capacidades tecnológicas ligadas a la solución de los problemas ambientales, sólo se contó con la ID orientada al control de la contaminación. Tampoco se conoce la magnitud del departamento de ID ni el tipo de tareas que ahí se realizan, lo que puede indicar diferencias entre empresas no percibidas aquí. Podría alegarse que algunas actividades de esfuerzo tecnológico captadas en la ENESTYC tienen aplicabilidad en términos ambientales. Por ejemplo, la documentación de los programas de seguridad son parte frecuente de un sistema de gestión ambiental. Pero no cabe duda que quedan muchas incógnitas: ¿qué porcentaje de la capacitación se dedica a la cuestión del medio ambiente? ¿Tiene la empresa manuales de gestión ambiental? ¿Aplica la empresa el análisis del ciclo de vida? Debe aceptarse que debería haber un menú más amplio de las variables de esfuerzo tecnológico ligadas al desarrollo de tecnologías limpias, tal como se realiza en el trabajo de Montalvo (2003) con una encuesta directa a las empresas. En mi opinión, esta sería una recomendación para incluir en esta encuesta oficial preguntas que nos permitieran analizar el esfuerzo tecnológico en

materia de prevención y disminución de la contaminación así como el consumo más eficiente de energéticos.

En el capítulo siguiente examinamos el planteamiento inicial respecto a la asociación de las capacidades el desempeño empresarial y, en particular, su mediación en el efecto diferenciado del gasto ambiental en la productividad.

8. Efecto del gasto ambiental en el desempeño de la empresa

Después de la medición y el análisis de las capacidades tecnológicas de la industria mexicana, este capítulo regresa al debate inicial sobre la importancia del gasto ambiental en la productividad industrial. Hemos diferenciado nuestra postura del planteamiento de la economía ambiental porque trabaja en un marco estático y desecha la posibilidad de aprendizaje. De ahí la afirmación de que el gasto ambiental tiene una incidencia negativa en el crecimiento de la productividad y en general el desempeño de la empresa. En la posición contraria está la hipótesis de Porter, quien postula un efecto positivo debido a un proceso de aprendizaje.

Nuestra posición ha planteado la necesidad de no dar por supuesto el aprendizaje y la ocurrencia de las innovaciones ambientales, sino que hay que examinar los factores que la explican. Dentro de estos factores hemos situado en el centro del análisis la acumulación de las capacidades tecnológicas en las empresas. En la industria mexicana su distribución es muy inequitativa. La posibilidad de un efecto positivo del gasto ambiental en la productividad industrial depende de la medida en que la desigual inversión en las capacidades de aprendizaje en la planta industrial incide en el comportamiento innovador de las empresas y la forma en que éstas enfocan estas capacidades para la resolución de problemas ambientales.

Mostraremos que en la medida en que las empresas invierten en acrecentar sus capacidades tecnológicas y las orientan a solucionar sus problemas ambientales, les es posible contrarrestar el gasto ambiental con un ahorro en costo, tal que incluso pueda existir una relación positiva entre la productividad industrial y el gasto en medio ambiente.

El análisis se realiza en dos etapas. La primera utiliza el análisis de agrupamientos que permite clasificar las empresas atendiendo sus capacidades tecnológicas para examinar la asociación de cada grupo o *cluster* con distintos niveles de desempeño. La segunda etapa de análisis se realiza mediante un modelo econométrico en forma de panel para el periodo comprendido entre 1993 y 2001.

8.1. Análisis con un enfoque de agrupamientos

Los cuadros 7.7, 7.8 y 7.9 han permitido comprobar la existencia de una distribución muy inequitativa de las capacidades tecnológicas en la industria mexicana, cuyas empresas presentan distintas características estructurales respecto a tamaño y participación de capital extranjero. Asimismo, se pudo comprobar que la distribución

del gasto es también muy desigual entre empresas, atendiendo a sus capacidades tecnológicas.

El análisis de agrupamientos por niveles de capacidades tecnológicas permite una primera aproximación a la pregunta crucial sobre la incidencia del gasto en medio ambiente en las medidas de desempeño, en particular las productividades laboral, factorial y el margen bruto de ganancia. Un paso inicial es indagar si el crecimiento promedio de la productividad de las empresas es mayor en los *clusters* con niveles más altos de capacidades tecnológicas, que en los de niveles más bajos.

El cuadro 8.1 muestra los niveles promedio del índice anual de productividad laboral, el margen de ganancia y la tasa de crecimiento promedio anual de productividad total de factores calculada por el índice de *Malmquist* por *cluster*.

Cuadro 8.1
Indicadores promedio de desempeño durante el período 1994-2001 de los establecimientos según gasten o no en id o activos ambientales por cluster

Clusters según sus puntos factoriales	Índice de productividad laboral		Margen bruto de ganancia		Productividad factorial (índice de Malmquist)		% PIB total del cluster
	(1994=100)		(%)		(1994=1)		
Tipo de establecimiento	Con gasto	Todos	Con gasto	Todos	Con Gasto	Todos	Gasto
I.Tecnología evolutiva y organizativa con aprendizaje ambiental alto	130	137	18	17	1.02	1.03	82
II.Tecnología evolutiva y organizativa sin aprendizaje ambiental	129	126	19	17	1.0	1.0	78
III.Intensivo en capacitación con aprendizaje ambiental bajo	123	120	18	15	1.02	1.02	81
IV.Rezago tecnológico con documentación	125	128	15	14	1.01	1.01	53
V.Rezago general	121	118	15	11	.96	.97	57
Promedio	126	125	0.17	0.15	1.01	1.01	

Fuente: estimaciones propias con base en la muestra de la EIA y de la ENESTYC.

La asociación entre las capacidades tecnológicas y la productividad laboral se aprecia sobre todo en las diferencias entre el primer *cluster*, **tecnología evolutiva y organizativa con aprendizaje ambiental alto**, y el resto. Como se recordará, el primer *cluster* se caracteriza por que 80% de sus establecimientos eroga el 40% del gasto total por este concepto y tiene el gasto más alto por establecimiento. Destaca que el descenso de la productividad laboral, tanto en la primera como en la segunda columnas salta del II al IV y luego al III. En el caso de la productividad factorial, las

diferencias entre el primero y quinto *cluster* se mantienen y ahora el descenso en el promedio da un salto del *cluster* I y III, con .1.02, al IV que destaca sólo por documentación. Por último, en el caso del margen de ganancia, el *cluster* II, **tecnología evolutiva y organizativa sin aprendizaje ambiental**, tiene un margen bruto promedio un punto mayor que el primero y el tercero, que de todas formas es muy superior al promedio.

El cuadro 8.2 muestra los resultados del análisis realizado para examinar si las diferencias anteriores son significativas estadísticamente. La hipótesis nula es que los datos son iguales. Sin embargo, la prueba F y la probabilidad nos permiten rechazarla y podemos concluir que los indicadores analizados entre *clusters* son significativamente diferentes.

Cuadro 8.2

Análisis de medias comparadas entre clusters
(anova en un sentido)

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado de la media (MS)	F	Sig.
Margen bruto de ganancia	Entre grupos	.836	5	.167	3.999	.001
	Intragrupo	75.784	1812	4.182E-02		
	Total	76.621	1817			
Productividad ad laboral	Entre grupo	89865.916	5	17973.183	2.825	.015
	Intragrupo	11526957.484	1812	6361.456		
	Total	11616823.399	1817			
Productividad ad factorial	Entre grupos	143.229	5	28.646	519.637	.000
	Intragrupo	99.890	1812	5.513E-02		
	Total	243.119	1817			

F=MS entre grupos/MS intragrupo

Fuente: estimaciones propias con base en la muestra de la EIA y ENESTYC.

La siguiente pregunta es si el crecimiento de la productividad es menor entre las empresas con gasto de abatimiento o prevención de la contaminación que el promedio, como se ha sugerido en la hipótesis de la economía ambiental. Esto no ocurre así, como puede verse en el promedio de los indicadores de desempeño. En el caso de la productividad laboral es un punto mayor entre los establecimientos con gasto y en el caso de la productividad factorial el promedio es el mismo. Entre *clusters* el promedio de los establecimientos con gasto es superior al promedio en casi todos los casos. Una excepción notable ocurre justamente en el primer *cluster* en el rubro de la productividad laboral, en donde el índice de las empresas con gasto es de 130, frente al 137 del promedio, ambos muy superiores al promedio. Con la productividad factorial y el margen bruto de ganancia no se repite.

Cuadro 8.3
Análisis de medias comparadas entre establecimientos con gasto y el promedio
(anova en un sentido)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Margen bruto de ganancia	Entre grupos	2594.798	1	2594.798	.406	.524
	Intragrupo	11614228,601	1816	6395.500		
	Total	11616823,399	1817			
Productividad laboral	Entre grupo	.783	1	.783	18.74	.000
	Intragrupo	75.838	1816	4.176E-02		
	Total	76.621	1817			
Productividad factorial	Entre grupos	2.991E-03	1	2.991E-03	.160	.689
	Intragrupo	22.089	1183	1.867E-02		
	Total	22.092	1184			

Fuente: estimaciones propias con base en la muestra de la EIA y ENESTYC.

El cuadro 8.3 muestra que las diferencias observadas entre los establecimientos con gasto y el promedio no son significativas sólo en el caso del margen bruto de ganancia promedio, en donde encontramos que de hecho son mayores en los primeros establecimientos, como muestra la comparación de la tercera y cuarta columnas del mismo cuadro. En los casos de la productividad laboral y factorial puede decirse que sus índices son estadísticamente iguales. Esto implica que estamos en posición de rechazar la hipótesis neoclásica: no hay un efecto negativo del gasto ambiental en la productividad y, en el caso del margen bruto de ganancia, éste es incluso positivo.

En suma, el análisis de agrupamientos muestra una diferencia respecto a sus indicadores de desempeño entre los *clusters* de niveles altos de capacidades y el resto. También ha permitido mostrar que no hay un efecto negativo del gasto ambiental en los indicadores analizados. Sin embargo, en esta etapa nuestra hipótesis no queda debidamente comprobada. Pasamos ahora al análisis econométrico que nos permitirá demostrar la mediación de las capacidades tecnológicas en una asociación positiva entre el gasto ambiental y la productividad.

8.2. Análisis econométrico

El análisis econométrico del efecto de la regulación en el comportamiento de la productividad en México enfrenta algunas restricciones. Como hemos visto no se disponen de series largas del gasto ambiental, al contrario que en otros países. Sabemos que esta variable no incluye los gastos salariales y sólo considera el gasto en equipo. A pesar de estas limitaciones, pensamos que un análisis de panel para

nuestra muestra de establecimientos dará una primera aproximación al entendimiento de este tema tan debatido.⁴⁹

Para examinar el efecto del gasto ambiental proponemos un modelo basado en una función producción logarítmica. Como se señaló, la hipótesis sobre la posibilidad de un efecto positivo en la productividad generado por la regulación ambiental expresa un proceso paulatino que induce a las empresas a buscar nuevas modalidades de insumos, productos o procesos para cumplir con la regulación y ser competitivos. De ahí que el efecto del gasto en la productividad pueda ocurrir con rezago. Al igual que Lanoie, Patry y Lajeneusse (2001) incluimos dos rezagos. Las variables de control son la presencia de capital extranjero, el tamaño y las exportaciones. Hay abundante evidencia de que estas variables están asociadas con las exportaciones.

La hipótesis en esta estimación es que al distinguir los establecimientos con mayores niveles de capacidades tecnológicas de los de menores niveles, el efecto del gasto ambiental en la productividad industrial será diferenciado. Esperamos un signo positivo para el gasto con rezago en este primer grupo y signos negativos o no significativos en el grupo de establecimientos con bajos niveles de capacidades tecnológicas.

El modelo a estimarse es el siguiente:

$$\log Y_{it} = \beta_1 TAMA_i + \beta_2 EXT_{it} + \beta_3 EXP_{it} + \beta_4 \log GA_{it} + \beta_5 \log GA_{it-1} + \beta_6 \log K_{it} + \beta_7 \log L_{it}$$

en donde:

$\log Y_{it}$ = logaritmo del valor agregado de cada observación en el año t

$\log K_{it}$ = logaritmo de los acervos en maquinaria del establecimiento i en el año t.

$\log L_{it}$ = logaritmo del número de empleados y trabajadores del establecimiento i en el año t

TAMA = variable que identifica tres tamaños de establecimiento según el monto de las ventas.

EXT_{it} = 1 cuando los establecimientos tienen una proporción de capital extranjero mayor a 25%.

EXP_{it} = 1 en presencia de exportaciones en el establecimiento i en el año t.

LogGA_{it} = logaritmo de la suma del gasto del establecimiento i en acervos brutos de activos ambientales para el control de la contaminación y en ID ambiental en el año t.

El análisis se realizó en panel para el periodo comprendido entre 1993 y 2001. Se separaron las muestras entre establecimientos con capacidades tecnológicas altas y bajas. El criterio para dividir la muestra fue la pertenencia a los tres primeros *clusters* o agrupamientos en el caso de capacidades altas de 8 645 observaciones. La

⁴⁹ Los detalles de la construcción de variables pueden consultarse en el capítulo metodológico.

segunda, de menores capacidades (establecimientos que se ubican en los *clusters* 4 y 5) cuenta con 6 648 observaciones. El total de la muestra cuenta con 15 295 observaciones. Se realizaron tres estimaciones cuyos resultados se aprecian en el cuadro 8.4.

La estimación con la muestra completa, en la última columna, indica que el crecimiento de la productividad factorial está asociada positivamente con el tamaño, la presencia de empresas que exportan y de empresas extranjeras. El efecto del gasto contemporáneo es negativo, con una elasticidad de -0.01 ; el gasto con un rezago tiene una asociación positiva con la productividad con una elasticidad de 0.019 al igual que la misma variable con dos rezagos, cuya elasticidad es de 0.006 . Al comparar las elasticidades de cada año resulta que el efecto negativo del primer año es superado por el positivo de los dos años anteriores, si bien la elasticidad de conjunto es relativamente baja: 0.007 . Es decir que si se incrementa el gasto ambiental en 10% , la productividad factorial tiene un incremento de 0.06 por ciento.

Cuadro 8.4
Efecto del gasto ambiental en la productividad : resultado de las regresiones
(variable dependiente VA)

Variables	Altas capacidades	Bajas capacidades	Toda la muestra
DTAMA	0.54 (0.00)*	0.57 (0.00)	0.42 (0.00)
DIED	0.33 (0.00)	0.29 (0.00)	0.36 (0.00)
DEXP			0.02 (0.00)
Log GA	.023 (0.00)	-0.001 (0.00)	-0.012
Log GA ₁	0.0082 (0.00)	0.009 (0.00)	0.019 (0.00)
Log GA ₂	0.005 (0.00)	-0.009 (0.00)	0.007 (0.00)
Log capital	0.08 (0.00)	0.08 (0.00)	0.08 (0.00)
Log personal	0.85 (0.00)	0.70 (0.00)	1.5 (0.00)
constante	3.5 (0.00)	4.2 (0.00)	
R ²	0.66	0.50	0.50
	Probabilidades		
Wald Joint	0.00	0.00	0.00
Wald dummy	0.00	0.00	
Arch (1) test	0.317	0.317	0.317
Arch (2) test	0.317	0.317	0.317

*probabilidades

Fuente: estimaciones propias con base en la muestra de la EIA y ENESTYC.

La estimación con la muestra de altas capacidades se aprecia en la primera columna. Las variables de control tamaño y la presencia de participación extranjera en las empresas resultaron significativas con signo positivo como era de esperarse. En relación con la variable analizada se observa que el efecto del gasto ambiental en la productividad es positivo y significativo en los tres periodos. La elasticidad es mayor en el año en curso y disminuye conforme el rezago es mayor. En total el impacto del gasto ambiental medido por la suma de las elasticidades es de 0.036, que significa que un incremento de 10% en el gasto ambiental genera un incremento en la productividad factorial de 0.36 por ciento.

Por último, en la estimación de los establecimientos de bajas capacidades resultaron significativas las mismas variables de control. En contraste, el resultado de nuestra variable gasto es distinto. El gasto del año en curso apareció asociado significativa y negativamente con la productividad, con una elasticidad de -0.01 . El gasto con un rezago tiene una asociación positiva con una elasticidad de 0.009, pero el gasto con dos rezagos observa una asociación negativa con la misma magnitud. Así que considerado el efecto del gasto en su conjunto tiene una asociación negativa con la productividad factorial de -0.01 .

8.3. Conclusiones del capítulo

Después de la medición y análisis de las capacidades tecnológicas de la industria mexicana, en este capítulo retomamos el debate inicial sobre el efecto del gasto ambiental en el crecimiento de la productividad industrial. Nuestra hipótesis es que la posibilidad de que dicho gasto tenga un efecto positivo en la evolución de esta variable depende de la medida en que la desigual inversión en las capacidades de aprendizaje en la planta industrial incide en el comportamiento innovador de las empresas y en la forma en que éstas enfocan estas capacidades para la resolución de problemas ambientales.

El análisis se realizó en dos etapas. La primera utiliza el análisis de agrupamientos que permite clasificar las empresas atendiendo a sus capacidades tecnológicas para examinar la asociación de cada grupo o *cluster* con distintos niveles de desempeño: índices de productividad laboral, factorial y margen bruto de ganancia. La segunda etapa de análisis se realiza mediante un modelo econométrico en forma de panel para el periodo comprendido entre 1993 y 2001.

El análisis de agrupamientos por niveles de capacidades tecnológicas permite una primera aproximación. Los resultados mostraron indicadores más favorables en los *clusters* de nivel superior en términos de los índices estimados por el análisis factorial. En el caso de la productividad laboral se aprecia sobre todo en las diferencias

entre el primer *cluster*, *tecnología innovativa y organizativa con aprendizaje ambiental alto*, y el resto. Como se recordará, el primer *cluster* se caracteriza por que 80% de sus establecimientos eroga el 40% del gasto total por este concepto y tiene el gasto más alto por establecimiento. En la productividad factorial, la mayor diferencia se da entre el primero y quinto *clusters*, *rezago general*, pero en los intermedios los indicadores no sugieren una asociación clara. Por último, en el caso del margen de ganancia, los primeros tres *clusters* tienen un margen bruto promedio.

En lo que toca a la posibilidad de que el crecimiento de la productividad sea menor o mayor entre las empresas con gasto para abatimiento o prevención de la contaminación que el promedio, esto no ocurrió así, como puede verse en el promedio general de los indicadores de desempeño. En todos los casos el promedio de los establecimientos con gasto fue mayor o igual que la muestra en su conjunto. Las diferencias son significativas con el margen de ganancia, que es mayor en el caso de los establecimientos con gasto, y con la productividad laboral y la factorial son estadísticamente iguales.

Sin embargo, en este nivel no es posible afirmar que hay una mediación de las capacidades tecnológicas en la asociación entre los indicadores de desempeño y el gasto ambiental en el sentido propuesto por la hipótesis, por lo cual fue necesario recurrir al análisis econométrico.

Siguiendo el enfoque de Lanoie, Patry y Lajeneusse (2001) se propuso un modelo que admite que el efecto del gasto en la productividad pueda ocurrir con rezago con la hipótesis de que al distinguir los establecimientos con mayores niveles de capacidades tecnológicas de los de menores niveles, el efecto mencionado en la productividad industrial sería diferenciado.

Se realizaron tres estimaciones: para la muestra en su conjunto, para los establecimientos con altas capacidades tecnológicas y para los establecimientos con bajas capacidades. Nuestros resultados mostraron una clara diferenciación en los parámetros estimados para las variables del gasto contemporáneo y rezagado en las tres estimaciones.

Los resultados de la estimación con toda la muestra revelan un efecto negativo del gasto contemporáneo, en tanto el gasto con un rezago tenía una asociación positiva con la productividad. Al comparar las elasticidades de cada año resulta que el impacto negativo del primer año es superado por el positivo de los dos años anteriores, si bien la elasticidad de conjunto fue relativamente baja.

La segunda estimación, con la muestra de establecimientos con altas capacidades, obtuvo un efecto del gasto ambiental en la productividad positivo y

significativo en los tres periodos. La elasticidad es mayor en el año en curso y disminuye conforme el rezago es mayor.

En contraste, el resultado de la variable gasto es distinto en la estimación con la muestra de establecimientos de bajas capacidades. El gasto del año en curso resultó asociado significativa y negativamente con la productividad. El gasto con un rezago tiene una asociación positiva, pero el gasto con dos rezagos presenta una asociación negativa con la misma magnitud. Así que considerado el efecto del gasto en su conjunto tiene una asociación negativa con la productividad factorial.

En pocas palabras, al separar la muestra, atendiendo a su nivel de capacidades tecnológicas, fue posible comprobar que el efecto del gasto ambiental en la productividad factorial es distinto en cada una. En la muestra con un nivel promedio alto las empresas registran un incremento de la productividad factorial, a pesar de que se incrementa el gasto ambiental, tal como señala la hipótesis de Porter. En contraste, la muestra con un nivel bajo de capacidades sufre una caída en la productividad factorial cuando incrementa el gasto, como sugeriría la hipótesis de la economía ambiental.

IV. LAS TAREAS POR VENIR

9. Conclusiones y recomendaciones

Esta tesis profundiza en la dinámica de las decisiones empresariales ante las cuestiones ambientales para determinar el alcance de las innovaciones ambientales en la industria mexicana y analiza las características de las empresas que las realizan. Hay dos resultados de gran relevancia en este trabajo. Por un lado, se muestra evidencia de que el proceso de cambio estructural en la industria propició modificaciones en el comportamiento empresarial respecto al medio ambiente entre las empresas ligadas al proceso modernizador exportador. Al contrario de lo que señalan los proponentes de que la internalización de los costos ambientales afecta negativamente la productividad, las respuestas hacia el medio ambiente por estas empresas, en la última década, de ser primordialmente estrategias pasivas, con un fuerte acento en la tecnología de control, se tomaron proactivas, coordinadas con el centro de sus actividades tecnológicas y de mercado, con especial atención en el logro de ecoeficiencia. Estos nuevos patrones de conducta empresarial para prevenir los efectos negativos de las actividades industriales en el medio ambiente han sido resultado de la convergencia de incentivos motivados por la competencia internacional, la política gubernamental y el sentido de responsabilidad social y ambiental de las empresas.

Por otro lado, los resultados expresan claramente que estas innovaciones ambientales, al igual que el proceso de modernización industrial, son altamente selectivas: se concentran en el grupo de empresas con mayor nivel de capacidades tecnológicas empresariales. Los resultados deben tomarse con la cautela debida, porque el proceso apenas comienza y su difusión no es automática. Requiere de un esfuerzo decidido de los distintos agentes para dar prioridad a la necesidad de avanzar en la sustentabilidad de nuestro desarrollo.

Antes de pasar a consideraciones de política es útil recapitular los principales planteamientos de esta tesis. Un interés particular ha sido contribuir al entendimiento de la mediación de estas capacidades en el efecto del gasto ambiental y la productividad industrial, sin el cual el debate alrededor del papel del cambio técnico en el logro del desarrollo sustentable se vuelve estéril. El enfoque teórico del cambio técnico evolutivo nos permitió avanzar en este análisis. Su definición del concepto como un proceso acumulativo de creación, absorción y transmisión de conocimiento sitúa a la empresa en el centro del análisis y precisa la necesidad de investigar en los

componentes del entorno que interactúan con este proceso. Estos aspectos no son tomados en cuenta en el debate que nos ocupó. Actúan por el lado de la demanda, fundamentalmente por las presiones de mercado y el entorno regulador. Condicionan su puesta en marcha; del lado de la oferta: primero, el contexto institucional compuesto por universidades y centros tecnológicos y de investigación, cuyas interacciones con las empresas favorecen la transmisión de conocimiento y, segundo, el desarrollo de capacidades tecnológicas en las empresas. Es decir, la creación de conocimiento tiene un componente endógeno en función de las actividades económicas de la empresa, pero es ante todo un proceso sistémico en el que un conjunto de actores en distintos niveles se entrelazan e interactúan.

En esta tesis se examina la innovación ambiental como producto de un conjunto de factores de demanda y oferta. En el primer caso se analizaron como factores inductores la evolución y características del marco regulador ambiental mexicano y el papel de las presiones de mercado y la apertura comercial. Por el lado de la oferta se examinaron los rasgos distintivos del subsistema sectorial de innovación ambiental y, de manera muy especial, el carácter de las capacidades tecnológicas empresariales en la industria mexicana.

Con respecto a la regulación ambiental, se mostró evidencia de su importancia en la toma de decisiones empresariales en materia de medio ambiente. De un marco regulador casi inexistente durante los años setenta y el primer quinquenio de los ochenta, se pasó a un estado de cosas que refleja un esfuerzo notable por avanzar. Dentro de este estado de cosas, el TLCAN, y en particular el Acuerdo Ambiental Complementario sobre medio ambiente, ejercieron presión sobre el sector público para modernizar y perfeccionar el marco regulador ambiental nacional, crear organismos ambientales y fortalecer los que ya existían. Por último, y no menos importante, las consideraciones ambientales del tratado generaron presiones de mercado sobre las empresas vinculadas con el sector externo.

No obstante, la percepción de la necesidad de cumplir con estas regulaciones dista de abarcar el universo de la industria mexicana; la aplicación de las disposiciones no ha asumido un enfoque integral y ha acentuado el control sobre las empresas de mayor tamaño. En cambio, la presión de la regulación ha estado virtualmente ausente para las micro y pequeña empresas. La laxitud de la regulación respecto a estas empresas se explica porque éstas han sido las más afectadas por la inestabilidad macroeconómica y por el desgajamiento de las cadenas productivas y el deterioro del

mercado interno. Estas empresas rara vez son proveedoras de las grandes exportadoras y mucho menos exportan. Asimismo, su gran número y dispersión hace que una fiscalización directa sea demasiado onerosa en relación con el problema que cada una impone a la sociedad. De cualquier forma, el resultado es un alto grado de heterogeneidad en el desempeño ambiental y el cumplimiento de las empresas en la industria mexicana. Por otra parte, como se pudo examinar, se carece de los instrumentos económicos adecuados para las necesidades de las pequeñas empresas. El arancel cero y la depreciación acelerada tienen además el problema de que han estado tradicionalmente atados a una visión de tecnología de control más que de prevención. Esto significa sólo un gasto. Como han comprobado los esfuerzos del programa de GTZ en la CANACINTRA y el Centro de Producción más Limpia, los programas que relacionan el cuidado del medio ambiente con la posibilidad de lograr ahorros en insumos y, por tanto en costos, son mucho mejor aceptados en la toma de decisiones de las pequeñas empresas y en la formación de la cultura ambiental en la industria.

Por el lado de la oferta, en los últimos seis o siete años ha habido un avance institucional de apoyo a la tecnología amigable con el medio ambiente mediante programas que proveen información, asistencia técnica, desarrollo tecnológico y apoyo crediticio. Deben destacarse programas en que participan en forma muy activa asociaciones industriales como ANIQ, CAINTRA o asociaciones entre empresarios como la Iniciativa GEMI que buscan generar un cambio en los proveedores o, por último, instituciones de "autoayuda" como AISTAC. De esta manera, puede hablarse de un subsistema sectorial de innovación ambiental, así sea incipiente. El potencial de este subsistema se aprecia en las interacciones presentes en gran parte del grupo de empresas que ha realizado innovaciones ambientales. Sin embargo, la colaboración entre universidades e industria es todavía escasa y lo es más en el caso de las empresas micro y pequeñas. Existen problemas adicionales en los otros componentes del subsistema. En primer lugar, a pesar de que se dispone de financiamientos para proyectos donde cabe el mejoramiento ambiental como propósito, no son fácilmente localizables y una vez localizados sigue siendo difícil acceder a ellos. En segundo lugar, no hay coordinación entre las instituciones de asistencia tecnológica y las instituciones crediticias. Debido a esta carencia, cuando las empresas acuden a las empresas consultoras no les es fácil obtener el crédito. Por último, se da la paradoja de que las empresas pequeñas las que más requerirían estos fondos, no tienen

acceso a ellos o no los demandan, por lo que no se utilizan. Esto último, ya dijimos, sucede porque las pequeñas empresas muchas veces no cumplen con todos los requisitos para obtener los créditos. Pero más importante es que su demanda por créditos ambientales es baja debido a que las restricciones impuestas por la regulación ambiental son mucho más laxas con ellas.

En resumen, en relación con los factores determinantes de la innovación ambiental externos a la empresa, la legislación y el subsistema sectorial de innovación ambiental, se ha dado un avance, pero también existen limitaciones que de no resolverse obstaculizarán acciones empresariales tendientes a la innovación ambiental o, peor aún, las desalentarán.

El análisis de los factores que subyacen a la innovación y que radican en la empresa tiene un carácter complejo por lo que se enfrentan algunas dificultades que obligan a pensar en distintos enfoques metodológicos. El concepto del aprendizaje ambiental tiene muchas dimensiones que es necesario considerar para un mayor entendimiento de las innovaciones ambientales. Muchas de ellas son de carácter eminentemente cualitativo. Además, se trata de un tema que no es reductible a un enfoque de estática comparativa; es un proceso dinámico. De ahí la necesidad de una propuesta metodológica que permitiera un análisis desde dos cortes: uno que partiera de las entrañas del comportamiento "micro", que profundizara en las estrategias empresariales y sus determinantes. Éste es lo que se aborda con los estudios de caso. El otro, busca una expresión sistemática desde indicadores que deben reflejar los comportamientos que se busca enfatizar.

Los estudios de caso en el capítulo 5 buscaron ilustrar las estrategias empresariales en materia de medio ambiente entre empresas líderes en su tipo y mostrar las distintas modalidades de aprendizaje ambiental. La respuesta de estas empresas respecto al cuidado del medio ambiente permitió apreciar la interrelación que puede establecerse entre la presión de la normatividad ambiental y la necesidad de reducir costos. Como ejemplos de estas soluciones encontramos sistemas de reciclaje, cambios de insumos con fines ambientales, rediseño de productos ambientalmente amigables, sistemas de combustión más eficientes, maquinaria eficiente en energía, programas de ahorro energético, y cambios en los procesos de trabajo. Es importante aclarar que las inversiones de control no necesariamente desaparecen. En muchos casos, dada la tecnología utilizada, siguen siendo necesarias. Lo que sí es evidente es que en el caso de las empresas analizadas su

utilización no tiende a incrementarse y en muchos casos se advierte un carácter complementario. Por ejemplo, se utilizan en la captura de insumos que pueden reciclarse.

En este cambio subyace la acumulación de capacidades tecnológicas y dirigidas a resolver los retos ambientales que enfrenta cada empresa. Como era de esperarse el aprendizaje ambiental se da en forma más notable y acabada en los grandes corporativos de nuestros estudios de caso. El aprendizaje ambiental en esos ejemplos muestra las transformaciones de estructura en las empresas y el surgimiento de una nueva cultura para controlar y prevenir la contaminación generada por la empresa. Es resultado de un esfuerzo combinado de aprendizaje individual y de transformación organizacional. Sin embargo, dentro de los corporativos el avance también ocurre en forma dispar. Hay divisiones líderes cuyo proceso de aprendizaje es el experimento piloto que se derrama posteriormente en otras. También se encuentran casos en que el cambio cultural no logra permear toda la empresa y se frena el cambio.

No cabe duda que entre el grupo de empresas que han realizado innovaciones ambientales debe haber una fuerte participación de subsidiarias de empresas transnacionales, que además han destacado por su participación en distintas asociaciones y en la creación de programas ambientales. Recuérdese como ejemplo el caso de la empresa de pinturas que eliminó el plomo ante el aviso de su cliente, una multinacional, de que ésa sería la condición para mantenerla como proveedora. Otro ejemplo concierne a Dupont, empresa que participó en forma muy activa en la implantación del programa de Responsabilidad Integral de ANIQ. Sin embargo, al igual que ocurre con la modernización, el proceso no es exclusivo de estas subsidiarias y se identifica un núcleo de empresas de capital nacional como parte de las que llevan a cabo innovación ambiental.

Ciertamente, nuestros estudios de caso al haberse realizado con empresas seleccionadas *ex profeso* pueden suscitar el cuestionamiento de que son sólo excepciones que confirman la regla. De ahí la importancia de trabajar para una demostración rigurosa que permitiera apreciar el alcance de las innovaciones ambientales en la industria. Más que excepcionales, nuestra posición es que estas innovaciones están condicionadas por el esfuerzo de las empresas para acrecentar sus capacidades tecnológicas y orientarlas a la resolución de sus problemas técnico-ambientales. Esto es lo que posibilita contrarrestar el gasto ambiental con un ahorro en

costo, tal que incluso pueda existir una relación positiva entre la productividad industrial y el gasto en medio ambiente. En tanto, en el contexto de heterogeneidad tecnológica de la industria mexicana, hay una distribución muy inequitativa de estas capacidades y por tanto no es posible generalizar la presencia de innovaciones ambientales.

La comprobación de esta hipótesis requirió un paso previo: la medición de las capacidades tecnológicas en las empresas industriales y el análisis de su distribución en las empresas industriales mexicanas. Así, el capítulo 6 desarrolla el segundo enfoque metodológico y constituye nuestra aportación analítica y metodológica a la línea de investigaciones destinadas a construir índices representativos de las capacidades tecnológicas empresariales mediante análisis factorial y de agrupamientos.

El análisis aporta una serie de resultados sugerentes. El primero se refiere a la asociación de la inversión en aprendizaje para solucionar problemas ambientales con el nivel y la orientación de las capacidades tecnológicas en la empresa industrial. En otras palabras, las empresas que realizan ID con fines ambientales son precisamente las que mayores niveles tienen en otras actividades de aprendizaje.

Son cinco los factores que expresan las principales modalidades de aprendizaje en la empresa manufacturera: 1) política de formación de personal, 2) innovación en mejora continua, 3) estructuras formales de aprendizaje que incluye la ID orientada tanto al proceso productivo como al cuidado ambiental 4) sistemas de información y documentación, y 5) inversión en nuevas tecnologías. Estas modalidades de aprendizaje son acordes con una trayectoria de cambio técnico basada en cambios organizacionales, retroadaptaciones y producción con calidad identificada por otros estudiosos del tema como Cimoli (2000), lo que confirma que los avances son mayores en las capacidades de producción que de inversión, con niveles más imitativos que innovadores.

En segundo lugar se identificaron cinco agrupamientos o *clusters* de empresas en función de sus índices factoriales de capacidades, cada uno con características muy definidas en términos de su composición y desempeño económico y ambiental. El primero que se identificó como *intensivo en tecnología evolutiva y organizativa y aprendizaje ambiental*, eroga un alto porcentaje del gasto ambiental, especialmente el de ID. El segundo, *intensivo en tecnología evolutiva y organizativa pasivo en aprendizaje ambiental*, tiene una mayor participación en el gasto en activos

ambientales que en ID para el control de la contaminación, la cual además está muy concentrada en sólo cuatro establecimientos. El tercero, *intensivo en capacitación con aprendizaje ambiental bajo*, está constituido por relativamente pocas empresas, por lo que su participación en el valor bruto de la producción y en el gasto ambiental es baja. El cuarto grupo, *atraso tecnológico con documentación*, sólo tiene rutinas de documentación y planeación. El quinto agrupamiento, *rezago general*, presenta niveles negativos en todo, o sea, es el más atrasado. En tanto los dos primeros agrupamientos tienen empresas de tamaño medio a grande, exportadoras y con una presencia relativamente alta de capital extranjero, los dos últimos *clusters* están constituidos por empresas de tamaño pequeño a mediano, con menor presencia de inversión extranjera y participación en las exportaciones totales. Su participación en el gasto ambiental es la más baja.

Estos cinco *clusters* mostraron indicadores de desempeño acordes con los niveles estimados por el análisis factorial. En el caso de la productividad laboral se aprecia sobre todo en las diferencias entre el primer *cluster*, *tecnología innovativa y organizativa con aprendizaje ambiental alto* y el resto. En la productividad factorial, la mayor diferencia se da entre el primero y el quinto *clusters*, *rezago general*, pero en los intermedios los indicadores no muestran una asociación clara. Por último, en el caso del margen de ganancia, los primeros tres *clusters* tienen un margen bruto promedio más alto.

En todos los casos el promedio de las variables de desempeño en los establecimientos con gasto es mayor o igual que la muestra en su conjunto. Las diferencias entre *clusters* con gasto y sin él sólo fueron significativas con el margen de ganancia. En productividad laboral y factorial nuestros resultados no muestran diferencias significativas entre *clusters* o agrupamientos, pero en cualquier caso no son menores como afirmarían los proponentes de la hipótesis de un efecto negativo del gasto en la productividad industrial.

Los resultados econométricos mostraron una clara diferenciación en los parámetros estimados para las variables del gasto contemporáneo y rezagado en las tres estimaciones. Los resultados de la estimación con toda la muestra indican que el efecto del gasto contemporáneo es negativo en tanto que el gasto con uno y dos rezagos tiene una asociación positiva con la productividad con una elasticidad. Al comparar las elasticidades de cada año resulta que el efecto negativo del primer año

es superado por el positivo de los dos años anteriores, si bien la elasticidad de conjunto es relativamente baja.

En la segunda estimación, que utiliza la muestra de establecimientos con altas capacidades, el efecto del gasto ambiental en la productividad es positivo y significativo en los tres periodos. La elasticidad es mayor en el año en curso y disminuye conforme el rezago es mayor. En contraste, los resultados de la variable gasto son distintos en la estimación con la muestra de establecimientos de bajas capacidades. En tanto el gasto ambiental del año en curso resultó asociado significativa y negativamente con la productividad, el gasto con un rezago presentó una asociación positiva con una elasticidad muy pequeña y el gasto con dos rezagos observó una asociación negativa con la misma magnitud. Así que considerado el efecto del gasto en su conjunto tiene una asociación negativa con la productividad factorial.

En síntesis, el análisis econométrico muestra claramente que el efecto del gasto ambiental en la productividad factorial es distinto en las empresas, dependiendo de sus capacidades tecnológicas y confirma lo observado en los estudios de caso. En la muestra con un nivel promedio alto de capacidades tecnológicas, las empresas muestran un incremento de la productividad factorial, a pesar de que se incrementa el gasto ambiental, como señala la hipótesis de Porter. En contraste, la muestra con un nivel bajo de capacidades sufre una caída en la productividad factorial cuando incrementa el gasto, como sugeriría la hipótesis de la economía ambiental.

Podría entonces concluirse que la profundización del proceso de modernización de la empresa mexicana y su difusión en la industria puede tener una influencia positiva en la sustentabilidad ambiental del crecimiento. Pero hasta ahora el patrón de desarrollo no ha generado las condiciones para que las empresas micro y pequeñas empresas den ese salto. Se aprecia en el campo de la innovación ambiental la dualidad existente en el proceso de modernización señalada por distintos analistas y revelada en el análisis de agrupamientos. Pero de igual manera el problema está lejos de ser resuelto por el lado de las grandes empresas. En nuestra opinión, buena parte de las innovaciones ambientales examinadas puede agotarse en un plazo relativamente corto si estas empresas no adoptan un enfoque más agresivo de desarrollo tecnológico, haciendo expreso el objetivo de desarrollo de tecnologías limpias. La evidencia no indica que esto sea una realidad entre las empresas manufactureras mexicanas, salvo algunas excepciones. Por el contrario, los sistemas

de ID para generar tecnología y con visión de largo plazo han tendido a desmantelarse o a orientarse hacia las innovaciones ligadas a la producción exportadora.

Sin duda, el insuficiente desarrollo de las capacidades tecnológicas de la industria mexicana es un obstáculo que no podrá sortearse en el corto plazo mediante las presiones de mercado. En nuestra opinión, no se ha considerado que hay una amplia área de coincidencia entre la política de desarrollo tecnológico y una política ambiental dirigida a las empresas pequeñas y medianas que atienda esta dualidad tecnológica y que promueva la generación de tecnologías limpias que permitan continuar a las grandes empresas con su proceso de innovación ambiental. Estas políticas deben enfocarse a apoyar a las empresas a sortear las barreras a la innovación.

La Comisión Ambiental de la Unión Europea ha elaborado un plan de acción para el desarrollo de tecnologías limpias en el que se señala que la difusión de tecnología requiere un enfoque adecuado a los problemas más acuciosos o barreras a la innovación en procesos más limpios (European Commission, 2004). Se le concede gran importancia a la barrera tecnológica, aunque no es la única. Los esfuerzos de investigación relacionados con las tecnologías ambientales son insuficientes, con sistemas nacionales de innovación mal alineados con el objetivo de sustentabilidad y además, con falta de información y entrenamiento. Otras barreras consideradas son: la falta de demanda, tanto del sector público como de los consumidores; la insuficiente disponibilidad de capital de riesgo "para mover del cajón a la línea de producto", las barreras de orden regulatorio y las económicas derivadas del alto costo y riesgo de la tecnología, el tamaño de la inversión inicial o el costo de desplazar las tecnologías tradicionales por las limpias.

Las áreas en que se deben desarrollar las líneas de acción para generar un cambio son tres: el comportamiento de las empresas, los sistemas de innovación y las políticas para el desarrollo de productos y tecnologías más limpias. Entre las líneas de acción recomendadas hay varias que consideramos muy atinadas para la realidad mexicana.

1. Diseminar información para hacer que los negocios perciban los beneficios de la tecnología más limpia en la forma de menores costos por desechos, energía y materiales. El uso de sistemas de gestión ambiental y las guías de cuidados ambientales pueden ser un medio. Actualmente hay algunos esfuerzos muy loables de guías de autoevaluación para la pequeña empresa que se han difundido poco. El

internet puede ser una solución, pero difícilmente para el universo de la micro y pequeña empresa que no cuenta con computadoras o no tiene los conocimientos para navegar. Una realidad es que los industriales mexicanos, sobre todo los de la pequeña y micro empresa no sólo no están concientes de los beneficios de la tecnología sino tampoco del riesgo que la contaminación implica para la sociedad y ellos mismos. Por tal motivo es importante convencer a los distintos grupos de la sociedad para emprender campañas de información al respecto y que no sólo sea una campaña gubernamental.

2. Recompensar el comportamiento ambiental de las empresas tendientes a la autorregulación con esquemas de apoyo. Esto favorecerá una mayor economía en las tareas de vigilancia de las autoridades. Los pocos instrumentos económicos que hay (depreciación acelerada y arancel cero) no han tenido buenos resultados, dado el escaso número de empresas que los han utilizado, y están muy ligados a la noción de tecnología de control, más que de prevención. Es importante que entre los incentivos a la innovación tecnológica se considere la ligada a la disminución o prevención de la contaminación, independientemente de si genera beneficios económicos o no.

3. Fortalecer el sistema sectorial de innovación ambiental. Para ello es importante que la política de desarrollo tecnológico incorpore el objetivo de mejorar la competitividad sobre el objetivo social de sustentabilidad. Los resultados sobre la importancia de la presencia de capacidades tecnológicas empresariales para lograr innovaciones ambientales en el camino de la ecoeficiencia indican que hay una ventana de oportunidad para la política tecnológica en la cual el CONACYT podría actuar dejando clara la prioridad que se da en todo el país por el medio ambiente y crear incentivos para la innovación ambiental.

El gobierno actual ha iniciado un enfoque de transversalidad de la política que implica la necesaria congruencia entre las distintas acciones y políticas de las secretarías de Estado con la preservación del medio ambiente. Los resultados de esta investigación sugieren la necesidad de que los programas de modernización y desarrollo tecnológico enfocados a la pequeña empresa hagan mayor hincapié en la necesidad de cumplir con la normatividad ambiental. Asimismo los consultores incorporados a estos programas deben estar capacitados para dar asesoría y capacitación para la producción más limpia o "gestión ambiental rentable". En otras palabras, la política ambiental y la política de desarrollo empresarial hacia la pequeña empresa deben estar ligadas mediante la promoción de programas de tecnologías y

producción más limpia que incluya instrumentos económicos tales como los incentivos fiscales y los créditos preferenciales. Hasta ahora el financiamiento continúa siendo un problema para la pequeña empresa. Es importante que haya mayor coordinación entre las instituciones que forman parte del subsistema sectorial de innovación ambiental.

4. El apoyo del gobierno para identificar proyectos de desarrollo de tecnología más limpia y establecer una plataforma tecnológica que reúna distintos agentes para construir una visión de largo plazo y promover soluciones. El sector energético brinda la posibilidad de emprender esta línea de acción. La idea es que en estas plataformas se desarrolle una agenda de investigación de largo plazo para mejorar la eficacia de ésta y evitar duplicaciones y que se propongan proyectos viables a industriales e instituciones financieras, entre otras cosas. Es necesario apoyar con esquemas crediticios competitivos los proyectos de tecnología ambiental que incluyan capital de riesgo.

5. Establecer políticas con metas ambiciosas para productos o procesos que generen la necesidad de nuevas tecnologías para cumplir con las metas y ayudarían a sortear la barrera del mercado. Asimismo, el poder de compra del gobierno puede ser útil para alentar a los industriales a adoptar un comportamiento proactivo y desarrollar tecnologías más limpias.

6. Alinear los precios de los bienes ligados a los servicios ambientales. Un ejemplo sería el precio del agua, que al incrementarse podría generar un incentivo para que los consumidores estuvieran dispuestos a pagar por productos que son más eficientes en esta materia.

Antes de terminar es necesario recordar que la información es incompleta y no permite captar todas las variables contenidas en las taxonomías en que se basa este trabajo. Una ausencia importante se refiere a las capacidades de planeación y diseño de proyectos. Tampoco se conoce la magnitud del departamento de ID ni el tipo de tareas que ahí se realizan, lo que puede indicar diferencias entre empresas no percibidas aquí. En nuestra opinión, este problema no afecta las conclusiones del trabajo: los resultados de la medición de las capacidades pretenden dar órdenes de comparación, reflejar tendencias y patrones de comportamiento.

En materia de las capacidades ligadas al medio ambiente, sólo se contó con una variable, el gasto en ID orientada al control de la contaminación. Ese gasto además, no incluye las remuneraciones del personal ocupado en ese departamento. De ahí que sea posible que haya empresas que sí erogaron algún gasto por personal, y no en activos que en nuestra muestra no están presentes. En parte puede afirmarse

que algunas actividades de esfuerzo tecnológico captadas en la ENESTYC tienen aplicabilidad en términos ambientales. Por ejemplo, la documentación de los programas de seguridad son parte frecuente de un sistema de gestión ambiental. Pero no cabe duda que quedan muchas incógnitas en el análisis de las capacidades ligadas a la solución de problemas ambientales en la muestra: ¿qué porcentaje de la capacitación se dedica a la cuestión del medio ambiente? ¿Tiene la empresa manuales de gestión ambiental? ¿Aplica la empresa el análisis del ciclo de vida? Más aún, en qué consiste la ID para el control de la contaminación en la empresa. Debe aceptarse que un menú más amplio de las variables de esfuerzo tecnológico ligadas al desarrollo de tecnologías limpias que no están presentes permitiría un análisis más fino del proceso de aprendizaje.

Por otra parte, el trabajo enfrenta los límites propios de la taxonomía de capacidades tecnológicas, en la medida que es una representación estática de éstas y no señala las trayectorias de acumulación de estas capacidades. Por último, nuestros resultados son muy agregados y necesariamente opacan las diferencias de tipo sectorial o por tamaño de empresas.

De acuerdo con esto hay varias líneas de investigación a futuro. Un camino posible es la elaboración de estudios de caso con un enfoque histórico que analicen en detalle el esfuerzo tecnológico para solucionar los problemas ambientales y permitan entender las rutas de acumulación de capacidades en esta materia que han permitido avanzar en la innovación ambiental y los obstáculos que han enfrentado las empresas innovadoras. Una segunda avenida es profundizar el análisis estadístico con distinciones por sectores y tipos de empresas, en particular empresas nacionales versus extranjeras, grandes versus medianas y pequeñas. Por último es necesario examinar los posibles instrumentos económicos que puedan alentar la innovación ambiental entre las pequeñas y medianas empresas.

10. Bibliografía

Aden, J. Kyu-Hong, A. y M. Rock, "What is Driving the Pollution Abatement Expenditure Behavior of Manufacturing Plants in Korea?", *World Development*, vol. 27, núm. 7, Gran Bretaña, 1999.

Aghion P. y P. Howitt, *Endogenous Growth Theory*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 1998.

Ajzen, I., "The Moderating Effects of Attitude in Decision Making", en P. M. Gollwitzer y J. A. Bargh (eds), *The Psychology of Action; Linking Cognition and Motivation to Behavior*, Guilford Press, New York, 1996.

Ashford, N., "Understanding Technological Responses of Industrial Firms to Environmental Problems: Implications of Government policy" en Fischer, K., y J. Schot, *Environmental Strategies for Industry*, Island Press, Washington, D. C. 1993.

Barbera, A. y V. Mc Connell, "Effects of Pollution Control on Industry Productivity: A Factor Demand Approach", *Journal of Industrial Economics*, vol. 35, núm. 2, 1986.

Barton, J., "La dimensión norte - sur de las industrias de limpieza ambiental y la difusión de tecnologías limpias", *Revista de la CEPAL*, núm. 64, 1998.

Baumol, W., y W. Oates, *The Theory of Environment Policy*, 2.ª ed. (1987), Cambridge University Press, Cambridge. Existe traducción española de la 1.ª ed., *La teoría de la política económica del medio ambiente*, Antoni Bosch, Barcelona, 1982.

Bell, M., y K. Pavitt, "Accumulating Technological Capability in Developing Countries Proceedings of the World Bank Annual Conference", *Development Economics*, Washington, D.C., 1993.

Bell, M., Kemmins, S. y Satyarakwitt, "Limited Learning in Infant Industry, a Case Study" en Steward, F. y D. James (eds), *The Economics of New Technology in Developing countries*, Westview Press, Colorado, 1982.

Bromley, D. *Handbook of Environmental Economics*, Basil Blackwell, Cambridge, Massachusetts, 1995.

Brown, F. y L. Domínguez, "The Dynamics of Productivity Performance in Mexican Manufacturing 1984-1990", *The Developing Economies*, vol. XXXII, núm. 3, 1994.

_____, "Las decisiones de ID en una economía semiindustrializada", *Comercio Exterior*, noviembre de 2000.

Brown, F. y L. Domínguez, *Productividad, desafío de la industria mexicana*, Facultad de Economía-UNAM-Ed Jus, 1999..

Brown, F. "Environmental Performance and Trade Liberalization in the Mexican Textile Industry", en Jenkins, R. (ed), *Globalisation, Trade Liberalisation and Industrial Pollution in Latin America*, London, Routledge, 2000.

Cairncross, F., *Costing the Earth: The Challenge for Governments, the Opportunities for Business*, Harvard Business School Press Boston, 1990.

Cantner, U. y H. Hanusch, "Heterogeneity and Evolutionary Change: empirical conception, findings and unresolved issues", en Foster, J. y S. Metcalfe, *Frontiers of Evolutionary Economics, Competition, Self-organization and Innovation Policy*, Edward Elgar, Northampton, 2001.

Carrillo, J., *La Ford en México: Reestructuración industrial y cambio en las relaciones sociales*, Tesis de doctorado en Ciencia Social, El Colegio de México, 1993.

_____, "Reestructuración de la industria automotriz en México", *Estudios Sociológicos*, vol. IX, núm. 27, sep-dic., 1991.

Carrillo, J. y J. Micheli "Organización flexible y capacitación para el trabajo, Un estudio de caso", *Documento de Trabajo* núm. 30, Fundación Friedrich Ebert, México, 1990.

Casalet, M., "The Institutional Matrix and Its Main Functional Activities", en Cimoli, M. (ed), *Developing Technological Systems, Mexico in a Global Context*, Continuum, Science, Technology and the International Political Economy Series, New York, 2000.

Casas, R., De Gortari y Ma. Santos, *The Building of Knowledge Spaces in México. A Regional Approach to Networking*, Research Policy, 1999.

Casas, R., "El papel de las instituciones productoras del conocimiento en el desarrollo del sistema mexicano de innovación", *El Mercado de Valores*, Nacional Financiera, Innovación y Desarrollo en México, enero de 2000.

Casas, R., De Gortari y M. Luna, "University, Knowledge, Production and Collaborative Patterns with Industry", en Cimoli, M. *op. cit.*, Continuum, Science, Technology and the International Political Economy Series, New York 2000.

Caves, D.W., L.Christensen y W. Diewert, "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity", *Econometrica*, 50(6), 1982.

CEPAL, "*Industria y medio ambiente: un reto de supervivencia*", LC / MEX / R.671, 1998.

CESPEDES, *Competitividad y protección ambiental: Iniciativa estratégica del sector industrial mexicano*, CESPEDES, México, julio de 1999.

_____, *Política ambiental y ecoeficiencia en la industria: nuevos desafíos en México*, CESPEDES, México, junio de 2000.

Cimoli, M., *Developing Technological Systems, México in a Global Context*, Continuum, Science, Technology and the International Political Economy Series, New York, 2000.

Cohen, W. y D. Levinthal, "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D", *Economic Journal*, vol. 99, septiembre de 1989.

- CONACYT, *Indicadores de actividades científicas y tecnológicas*. México, 1997
- CONACYT, *Informe general del estado de la ciencia y la tecnología*, México. <http://www.conacyt.mx>, 2004
- CONACYT, "Reporte de la encuesta nacional de innovación, 2001" anexo al *Informe general del estado de la ciencia y la tecnología*. México, 2004
- Conrad, K., y C. Morrison, "The impact of Pollution Abatement Investment on Productivity Change: An Empirical Comparison of the U.S., Germany, and Canada", *Southern Economic Journal*, vol. 55, enero de 1989.
- Coriat, B., *Pensar al revés*, Siglo XXI Editores, México, 1991.
- Cropper, M. L. y W. E. Oates, "Environmental Economics: A Survey" *Journal of Economic Literature*, vol. 30, 1992.
- Dalcomuni, S., "Industrial Innovation and Environment in the Pulp Export Industry in Brasil", *LASA, XXI International Congress*, Chicago, 1998.
- _____, *S. Dynamic Capabilities for Cleaner Production Innovatio: the Pulp and paer Industry as a Case in Point*, phd thesis, SPRU, University of Sussex, Brighton, 1997.
- Dasgupta, S., Hettige y Wheeler, "What Improves Environmental Compliance?", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 39, 2000.
- Denison, E., *Accounting for Slower Economic Growth: The U.S. in the 1970's*, The Brookings Institution, Washington, 1979.
- Díaz López, F. J., *Tecnología, innovación y medio ambiente: el caso de una industria química*, Tesis para obtener el grado de Maestro en economía y gestión del cambio tecnológico, UAM-X, 2002.
- Dillon, W., y M. Goldstein, *Multivariate Analysis Methods and Applications*, New York, John Wiley and Sons, 1984.
- Domínguez, L., "México", en Watanabe (ed.), *Microelectronic Based Innovations in Third World Industries and Employment*, McMillan Press, London, 1993.
- _____, "Posibilidades de la planeación de la producción en el control de la contaminación: el caso de Chr", *Seminario Instrumentos Económicos para un Comportamiento Empresarial Favorable al Medio Ambiente*, México, 1995a.
- _____, "Reconversión hacia tecnologías limpias: el caso de Cydsa", *Seminario Instrumentos Económicos para un Comportamiento Empresarial Favorable al Medio Ambiente*, México, 1995b

Domínguez, L., y F. Brown, *Transición hacia tecnologías flexibles y competitividad internacional en la industria mexicana*, Facultad de Economía, UNAM – Miguel Ángel Porrúa Editores, México, 1998.

Domínguez, L., "Comportamiento empresarial favorable al medio ambiente: el caso de la industria manufacturera de ZMCM", en Mercado, A. (comp.), *Instrumentos económicos para un comportamiento empresarial favorable al ambiente en México*, FCE - El Colegio de México, 1999.

_____, "Environmental Performance in the Mexican Chemical Firms in the Context of an Open Market", en Jenkins, R. (ed), *Globalisation, Trade Liberalisation and Industrial Pollution in Latin America*, London, Routledge, 2000.

Domínguez, L., y A. Mercado, "Depreciación acelerada, arancel cero y efectos sobre el carácter del cambio tecnológico: estudio de casos", trabajo realizado bajo convenio INE/EO17RF/DGRA/AD-7900 entre la Facultad de Economía, UNAM y la Dirección General de Regulación Ambiental - Instituto Nacional de Ecología, *MIMEO*, México, 2000.

Domínguez, L., "Necesidades de bienes y servicios ambientales en las micro y pequeñas empresas: el caso mexicano", *Serie medio ambiente y desarrollo* 61, CEPAL / Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, GER/01/038, Santiago de Chile, 2003.

Domínguez, L., y F. Brown, "Capacidades tecnológicas: Propuesta de medición y agrupamientos para la industria mexicana", *Revista de la CEPAL*, núm. 83, Agosto 2004.

Dosi, G. "The Nature of the Innovative Process", en Dosi, G. et al., *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, Londres y Nueva York, 1988.

Dussel, E. *Claroscuro, Integración exitosa de las pequeñas y medianas empresas en México*, Ed. Jus, 2001.

Dussel, E. Piore, M. y C. Ruiz, *Pensar globalmente y actuar regionalmente*, Ed. Jus, México, 1997.

Dutrenit, G., A. O. Vera-Cruz y A. Arias, "Diferencias en los perfiles de acumulación de capacidades tecnológicas en tres empresas mexicanas", *El Trimestre Económico*, núm. 277, enero-marzo de 2003

Edquist, Ch., "Technological and Organizational Innovation Productivity and Employment", ILO, Geneva WEP 2-22/wep.233, julio de 1992.

Elkington, Knight y Hailes, *The Green Business Guide*, 1991.

EU COM, "Stimulating Technologies for Sustainable Development: An Environmental Technologies Action Plan for the European Union", *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament*, Bruselas, 28 January 2004

Färe, R. y S. Grosskopf, *Fundamentals of Production Theory*, Sprinverlag, Berlín, 1988.

Ferrante, F., "La Scatola Nera Degli Strumenti di Politica Ambientale" *Nota Económica* año 25, núm.1, 1995.

Finger, M., U. Haldimann y S. Bürgin, "Organizational and inter-organizational learning towards sustainability", MIMEO, 1995.

Florida, R., "Lean and Green, the Move to Environmentally Conscious Manufacturing", *California Management Review*, vol. 39, núm. 1, 1996.

Freeman, C., *The Economics of Industrial Innovation*. Penguin. Harmondsworth, 1974.

Freeman, C., "A Green Techno-economic Paradigm for the World Economy", en Freeman, C. (ed), *Economics of Hope - Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*, Pinter Publishers, London and New York, 1992.

_____, "The Greening of Technology: Introduction", *FUTURES*, vol. 26 (10), 1994.

Gallagher, K., "Is NACEC a Model Trade and Environment Institution? Lessons from Mexican Industry", *Working Paper* Num. 01-08, Development and Environment Institute, 2001.

Garrido, C., "Grupos privados nacionales en México, 1987-1993", *Revista de la CEPAL*, Núm. 53, Santiago de Chile, agosto de 1994.

Giglo, N., "Institucionalidad pública y políticas ambientales explícitas e implícitas", *Revista de la CEPAL*, núm. 63, Santiago de Chile, diciembre de 1997.

González, L., "Análisis de la contaminación del agua en el caso de México", en Quiroz, J., *Análisis de la contaminación de aguas en América Latina*, Santiago de Chile, CENDE.

Goran M. K., "Economic growth and the environment", en L. Pasinetti y R. Solow, *Economic Growth and the Structure of Long- Term Development*, St Martin's Press in Association with the IEA, New York, 1994.

Gray, W. y R. Shadbegian, "Environmental regulation and manufacturing productivity at the plant level", en *Working Paper* núm. 4321, NBER, Cambridge, Massachusetts, 1993.

Gray, W. y R. Shadbegian, "Pollution Abatement Costs, Regulation, and Plant-Level Productivity," *NBER Working Paper* 4994, January 1995

Green, K., Mc Meekin, A. e Irwin, A., "Technological Trajectories and R&D for Environmental Innovation in UK Firms", *FUTURES*, 26 (10), 1994.

_____, y A. Irwin, "Clean Technologies", en Peter Groenewegen, *The Greening of Industry Resource Guide and Bibliography*, The Greening of Industry Network Series, Island Press, Estados Unidos, 1996.

Groenewegen, P. y P. Vergragt, "Environmental issues as threats and opportunities for technological innovation", *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 3 (1), 1991.

Hass, J.L., "Environmental (green) management typologies: an evaluation, operationalization and empirical development", *Business Strategy and the Environment*, vol. 5, 1996.

Heaton, G., R. Repetto y R. Sabin, *Transforming Technology: An Agenda for Environmentally Sustainable Growth in the 21st Century*, World Resources Institute, Estados Unidos, 1991.

Hettige, H., Huq, y Pargal, "Determinants of Pollution Abatement in Developing Countries: Evidence from South and Southeast Asia" *World development*, vol. 24. núm. 12, 2000.

INE, SEMARNAP y PROFEPA, "*Gestión Ambiental hacia la Industria*", INE, SEMARNAP, México 2000.

INE, SEMARNAP, "¿Qué es el INE?", INE, SEMARNAP, México, 2000.

INEGI, *Encuesta industrial anual*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información, Aguascalientes, 1994-2001.

INEGI, *Encuesta nacional de empleo, salarios, tecnología y capacitación*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información, Aguascalientes, 1999.

Irwin, A. y P. Vergragt, "Rethinking the Relationship between Environmental Regulation and Industrial Innovation: The Social Negotiation of Technical Change", *Technology Analysis & Strategic Management*, vol.1 (1), 1989.

Jaffe, A., S. Peterson, P. Portney y R. Stavins, "Environmental Regulation and the Competitiveness of Manufacturing: what does the Evidence tell Us?", *Journal of Economic Literature*, XXXIII, March, 1995.

Jaffe, A. y K. Palmer, "Environmental Regulation And Innovation: A Panel Data Study," *The Review of Economics and Statistics*, MIT Press, vol. 79(4), 1997

Jenkins, R., "Globalisation, Trade Liberalisation and Industrial Pollution in Latin America", en Jenkins, R. (ed), *Industry and Environment in Latin America*, Routledge Research Global Environmental Change, Londres y Nueva York, 2001.

Jorgenson, Dale W., and Peter J. Wilcoxon, "Environmental Regulation and U.S. Economic Growth", *RAND Journal of Economics*, vol. 21, summer, 1990.

Kahn, J., Mc Donald, J. y C. Tubb, "The environment and the macroeconomic: past experience and future research directions", *Mimeo*, 1999.

Katz, J., "The Dynamics of Technological Learning During the ISI Period and Recent Structural Changes in the Industrial Sector of Argentina, Brazil and Mexico", *CEPAL*, Santiago de Chile, 1997

_____, "Structural Reforms, the Sources and Nature of Technical Change and the Functioning of the National System of Innovation: The Case of Latin Latin America", paper presented at the international symposium *On Innovation and Competitiveness in NIEs*, Seoul, mayo de 1997.

Kemp, R. y L. Soete, "Inside de Green box: on the e economics of the technological change and the enviroment", en Freeman y Soete, *New Explorations in the Economics of Technical Change*, Printer Publishers, Londres y Nueva York, 1990.

Kemp, R., Xander Olsthoorn, Frans Oosterhuis y Harmen Verbruggen, "Supply and Demand Factors of Cleaner Technologies: Some Empirical Evidence", *Environmental and Resource Economics*, 2(6): 615-634,1992.

Kemp, R. y L. Soete, "The Greening of Technological Progress: An Evolutionary Perspective", *Futures*, 24(5), 1992

Kemp, R., "An E conomic Analysis of Cleaner T echnology" en Schot, J. y K. Fischer (eds), *Environmental Strategies for Industry*, Island Press, Washington D:C., 1993

Kemp, R., "Policy Instruments to Stimulate Clean Technology", en J.B. Opschoor and R.K. Turner (eds), *Economic Incentives and Environmental Policies*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1994.

Kemp, R., *Environmental Policy and Technical Change, a Comparison of the Technological Impact of Policy Instruments*, Edward Elgar, 1997.

King, Andrew, "Improved Manufacturing Resulting from Learning – from – Waste: Clauses, Importance and Enabling Conditions", en *Stem School of Business*, New York University, 1994.

Lall, S., "Technological Capabilities and Industrialization", *World Development*, vol. 20, 1992.

Lanoie, P., Patry, M. y R. Lajeunesse, "Environmental Regulation and Productivity: New Findings on the Porter analysis", en *Scientific Series*, CIRANO, Montreal, septiembre de 2001.

Lundvall, B., *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*, Printer Publishers, Londres, 1992.

Lanjouw, J.O. y A. Mody, "Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technologies", *Research Policy*, vol. 25, 1996.

Maerasse, J. y M. Sassenau, "R&D and productivity: a survey of econometric studies at the firm level", *Working Paper 3666*, NBER Working Paper Series, Cambridge, 1991.

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. and Behrens, W.W. III, The Limits to Growth. Pan. London, 1973..

Mercado, A., "Competitividad y ambiente: el caso de una maquiladora de componentes electrónicos", *Seminario Instrumentos Económicos para un Comportamiento Empresarial Favorable al Medio Ambiente*, México, 1995.

_____, y O. Fernández, "La contaminación y las pequeñas industrias en México" en *Comercio Exterior*, BANCOMEXT, vol. 48, núm. 11, México, diciembre de 1998.

_____, "Las decisiones ambientales de las empresas prestadoras de servicios", en Mercado García A. (coordinador), *Instrumentos económicos para un comportamiento empresarial favorable al ambiente en México*, El Colegio de México/Fondo de Cultura Económica, México, 1999.

_____, "Environmental assessment of the Mexican Steel Industry" en Jenkins, R. (ed), R., *Globalisation, Trade Liberalisation and Industrial Pollution in Latin America*, London, Routledge, 2000.

_____, L. y Blanco, "Las normas oficiales mexicanas ecológicas para la industria mexicana: alcances, exigencia y requerimientos de reforma gestión y política", *Pública*, vol. XII, núm.1, 1° semestre de 2003.

Micheli, J., *Nueva manufactura, globalización y producción de automóviles en México*, Facultad de Economía, UNAM, México, 1994.

Montalvo, C., *Environmental Policy and Technological Innovation*, Cheltenham, Edward Elgar, 2002.

Montalvo, C.C. y R. Kemp, "Industrial clean technology diffusion" *Project Report for the European Science and Technology Observatory - ESTO Network*, Brussels, 2004.

Nelson, R. y S. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge, Mass, 1982.

Nelson, S., *National Innovation Systems, a Comparative Analysis*, University Press, New York, Oxford, 1993.

Nordhaus, W., "Reflexions on the Concept of Sustainable Development", en Pasinetti L. y R. Solow, *Economic Growth and the Structure of Long- Term Development*, St Martin's Press in Association with the IEA, New York, 1994.

- Norseworthy, J.R., Harper, M. y K. Kunze, "The slowdown of Productivity Growth: an Analysis of Some Contributing Factors" *Brooking Papers of Economic Activity*, 2, 1979.
- O'Connors, D., "La aplicación de instrumentos económicos en países en vía de desarrollo: de la Teoría a la implementación", en Mercado, A.(coordinador), *op. cit.*, FCE-El Colegio de México, México, 1999.
- Palmer, K., Oates, W. y P. Portney, "Tightening environmental standards: the benefit-cost or the no cost paradigm", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, núm. 1, 1995.
- Palmer, K. et al., "Tightening environmental standards: the benefit-cost or the no-cost paradigm?", en *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, núm. 4, Estados Unidos, 1997.
- Pearce, D. y K. Turner, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, Nueva York, 1990.
- Piasecki, B., *Corporate Environmental Strategy, The Avalanche of Change Since Bhopal*, John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- Pirela, A. et al. (1993), "Technological Learning and Entrepreneurial Behaviour. A Taxonomy of the Chemical Industry in Venezuela", *Research Policy*, vol. 22, núm. 5.
- Porter, M., *The Competitive Advantage of Nations*, Basic Books, New York, 1990.
- Porter, M., "America's Green Strategy", *Scientific American*, Vol. 264, 168, 1991
- Porter, M. y C. Van Der Linde, "Toward a New Conception of the Environment – Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, núm. 1, 1995.
- _____, "Green and competitive: ending the stalemate", *Harvard Business Review*, septiembre-octubre de 1995.
- Pozas, M. A., "Mecanismos de innovación y transferencia tecnológica y sus efectos sobre la organización del trabajo", en Cobarrubias, A. y Lara, B. (eds), *Relaciones industriales y productividad en el norte de México: tendencias y problemas*, Friedrich Ebert, México, 1993.
- Ramirez, J. C., "Recent transformations in the Mexican motor industry", en Humphrey, J. (ed.), "Quality and productivity in industry: new strategies in developing countries", *IDS Bulletin* 24, núm. 2, 1993.
- Repetto, R. "Environmental productivity and why it is so important", *Challenge*, 1990, vol.33, núm 5, 1990.
- Repetto R., Roothman, Faeth y Austin, "Has environmental protection really reduced productivity growth?", *Challenge*, vol. 40, núm. 1, 1997.

"Resumen del Tratado de Libre Comercio de América del Norte", Documento elaborado por los gobiernos de los Estados Unidos Mexicanos, Canadá y los Estados Unidos de América.

Romero Lankau, P., *Políticas y posibilidades de reordenación ambiental industrial, (El subsector textil de la ZMCM)*, tesis de doctorado, UAM - X, México, 1997.

Romijn, H., *Acquisition of Technological Capability in Small Firms in Developing Countries*, Macmillan, Londres, 1999.

Roome, N., *Business strategy, R&D management and environmental imperatives*, D&R Management, 1994.

_____, *Sustainability strategies for industry*, The Greening of Industry Network Series, Island Press, Washington, D.C. 1995.

Rothwell, R., *Industrial Innovation and Government Environmental Regulations, Some lessons from the past*, Technovation, 1992.

Ruiz Durán, C. y E. Dussel, *Dinámica regional y competitividad industrial*, Ed. Jus, México 1999.

Schatan, C., "Cooperación ambiental en un marco de integración regional", en V. Bulmer Thomas, ed., *Centroamérica en reestructuración*, FLACSO y SSRC, 1998.

_____, "La liberalización comercial y los acuerdos de libre comercio: perspectivas ambientales para América Central", CEPAL, MIMEO, 1998.

_____, "Lessons from the Mexican Environmental Experience: first result from NAFTA", en D. Tussie, ed., *The Environment and International Trade negotiations: Developing Countries Stakes*, Mc Millan, en prensa, 1998.

Schilderincq, J., *Factor Analysis Applied to Developed and Developing countries*, Rotterdam University Press, The Netherlands, 1970.

Schmidheiny, S. (con el Business Council for Sustainable Development), *Changing Course: a Global Business Perspective on Development and the Environment*, The MIT Press, Cambridge MA., 1992.

SEMARNAP, *Sistema integrado de regulación y gestión ambiental de la industria*, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca., México, abril de 1997.

Shaiken, H. "Automation and Global Production", *Monograph Series*, núm. 26, *Centre of US Studies*, University of California, San Diego, 1987.

Simon, H. A., "Models of man: Social and rational mathematical essays on rational human behaviour in a social setting", Nueva York, 1957.

Simone, L., y F. Popoff, *Eco-Efficiency, The Business Link to Sustainable Development* The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 1998.

Smart, B., *Beyond Compliance: a New Industry View of the Environment*, World Resources Institute, Washington D. C. 1992.

Tabachnick, B. y L. Fidell, *Using Multivariate Statistics*, Allyn and Bacon, Boston, 2001.

Tremblay, P., "Technological Capability and Productivity Growth: An Industrialized / Industrializing Country Comparison", *Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organizations*, Montreal, 1998.

Toledo, A., "Petróleo y ecodesarrollo en el sureste de México", INE, *Centro de Eco Desarrollo* 253, México, 1982.

Tukker A., Haag E. y Eder, P., "Eco-design: European state of the art. Part I: Comparative analysis and conclusions". *An ESTO project report Prepared for the European Commission*, Seville: Joint Research Center - Institute for Prospective Technological Studies, 2000.

Unger, K., "La globalización del SIN: empresas extranjeras y tecnología importada", *El Mercado de Valores*, México, Nacional Financiera, año LX, febrero de 2000.

_____ y M. Oloriz, "Globalization of Production and Technology", en Cimoli, M. (ed), *Developing Technological Systems, México in a Global Context*, Continuum, Science, Technology and the International Political Economy Series, New York, 2000.

Urquidi, V., "Incentivos contra la contaminación", *La Gaceta*, FCE, núm. 17, México, mayo de 1992

_____, "Economía ambiental: una aproximación", *Comercio Exterior, Bancomext*, vol. 48, núm. 12, México, diciembre de 1998.

_____, "Instrumentos económicos para la política ambiental: estructura industrial y comportamiento empresarial en los países en vía de desarrollo", en *Mercado*, A. (coordinador), op. cit., México, FCE - El Colegio de México, 1999.

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

_____, "El problema de los desechos industriales en México", en *Comercio Exterior*, vol. 52, núm. 3, México, marzo de 2002.

Von Tunzelmann, *Technology and Industrial Progress: The Foundations of Economic Growth*, Aldershot, Edward Elgar, 1995.

Westphal, L., Kritayakirana, K., Petchsuwan, K., Sutabutr, H. y Yuthavong, Y. "The Development of Technological Capability in Manufacturing: A Macroscopic Approach to Policy Research" en Evenson, R., y Ranis G., *Science and Technology:*

Lessons for Development Policy, Intermediate Technology Publications, Londres, 1990.

Wignaraja, G., "Firm Size, Technological Capabilities and Market Oriented Policies in Mauritius", *UNU / INTECH*, discussion papers, 2001.

Yan Aw, Bee y G. Batra, "Technological Capabilities and Firm Efficiency in Taiwan (China)", *World Bank Economic Review*, vol. 12, 1998.

Yin, R.K., "Applications of Case Study Research", *Applied Social Research Methods Series*, vol. 34, Sage Publications, Inc. California, Londres, Nueva Delhi, 1993.

_____, "Case Study Research: Design and Method", 2nd ed. *Applied Social Research Methods Series*, vol. 5, Sage Publications, Inc., California, Londres, Nueva Delhi, 1994.

11. SIGLAS

- AISTAC; Asociación Industrial del Sur de Tamaulipas
- ANAPIT; Asociación de Productores de Pinturas.
- ANIQ; Asociación Nacional de la Industria Química.
- BANCOMEXT; Banco de Comercio Exterior.
- CAINTRA; Cámara de la Industria de la Transformación de Nuevo León.
- CANACINTRA; Cámara Nacional de la Industria de la Transformación.
- CCA; Centro de Calidad Ambiental.
- CEDSAL; Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible en América Latina.
- CEPAL; Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CESPEDES; Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible.
- CIATEC; Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado.
- CIDETEC; Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.
- CIEN; Centro de Información para la Ecoeficiencia de los Negocios.

- CIVAC; Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca.
- COMISA; Corporación mexicana de Investigación de Materiales.
- CONACYT; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- CONAE; Comisión Nacional de Ahorro de Energía.
- CONAE; Comisión Nacional de Ahorro de Energía.
- CONCAMIN; Confederación Nacional de Cámaras Industriales.
- DBO; Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- EIA; Encuesta Industrial Anual.
- ENESTYC; Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación.
- ESCO; Empresas en Servicios Energéticos.
- FIDE; Fideicomiso de Ahorro de Energía.
- FIPREV; Fondo para Proyectos de Prevención de la Contaminación.
- FUNTEC; Fundación Mexicana para la innovación en la Pequeña y Mediana Empresa.
- GEMI; Global Environmental Management Initiative.
- IPA; Instituto para la Protección Ambiental.
- ITESM; Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey.
- LGEEPA; Ley General del equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- NAEF; North America Environment Fund.
- NAFIN; Nacional Financiera.
- NOM; Normas Oficiales.
- NSF; Censo de la fundación Nacional de Ciencias.
- NTE; Normas Técnicas.
- OCDE; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- ONUDI; Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- PACE; Pollution Abatement Control Expenditures.

- PEMEX; Petróleos Mexicanos.
- PMT; Programa de Modernización Tecnológica.
- PNUMA; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- PROFEPA; Procuraduría General para el Medio Ambiente.
- PVG; Programa Voluntario de Gestión Ambiental.
- SCHP; Secretaria de Hacienda y Crédito Público.
- SECOFI; Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- SEMARNAT; Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SIR; Sistema de Investigaciones Regionales.
- TLCAN; Tratado de Libre Comercio para América Latina.