

Mercados de tecnología ambiental y las capacidades institucionales para la gestión ambiental: el caso

(Recibido: junio/04-aprobado: julio/04)

*Roberto M. Constantino Toto**

*Carlos Muñoz Villarreal***

Resumen

En este artículo se exponen un conjunto de consideraciones sobre la importancia de la vinculación entre la política ambiental y la tecnológica. Se establece la necesidad de fortalecer la estrategia de gestión ambiental mexicana con base en el diseño de una agenda que incorpore elementos de innovación tecnológica.

Palabras claves: tecnología, medioambiente, mercados, políticas públicas, innovación.

Clasificación JEL: H10, O14, O38.

* Profesor-Investigador del Departamento de Producción Económica de la UAM-Xochimilco (rconstan@correo.xoc.uam.mx).

** Profesor-Investigador del Departamento de Relaciones Sociales de la UAM-Xochimilco. (cmunozv@correo.xoc.uam.mx).

Introducción

El objetivo de este documento es explorar algunos aspectos relevantes de la tecnología como un mecanismo importante en el proceso de la gestión ambiental. En tal sentido, algunas de las consideraciones efectuadas se intentan aproximar al caso mexicano. Sin duda, más que respuestas, en este artículo se encontrarán preguntas que probablemente resultarán pertinentes para construir objetivos de investigación más amplios.

La exploración económica de los vínculos entre tecnología y medio ambiente no es reciente (Medhurst, 1994; OECD, 2002), sin embargo, se ha revitalizado el esfuerzo por explorar este campo a partir de iniciativas multilaterales como las alcanzadas en la Ronda de Doha convocada por la Organización Mundial de Comercio (OMC) para promover la apertura selectiva de los mercados de servicios ambientales. De ahí la necesidad para reflexionar acerca de las capacidades institucionales que actualmente se disponen.

Hoy se reconoce que la relación entre la naturaleza y la sociedad es compleja y multideterminada; así por ejemplo, asociadas a esta relación existen dimensiones institucionales, políticas, culturales, económicas, éticas, biofísicas y tecnológicas, las cuales se combinan en procesos dinámicos y se manifiestan como diferentes grados de aprovechamiento, formas de asignación social de la naturaleza y desbalances socio-ambientales. Las combinaciones de éstos no sólo definen los asuntos problemáticos de tal relación, sino también las posibles alternativas sociales para enfrentarlas.

El artículo aborda solamente una de estas dimensiones: ¿cuál puede ser el papel de la tecnología en el proceso de diseño de los instrumentos de gestión? ¿Por qué una estrategia de gestión ambiental requeriría simultáneamente del estímulo de una estrategia tecnológica? ¿Existen indicios de la acumulación de capacidades tecnológicas articuladas en México, para enfrentar algunos de los problemas públicos ambientales que se consideran más crónicos? ¿Cómo definir los esfuerzos institucionales en materia ambiental con base en la promoción deliberada de alguna senda tecnológica en particular?

La discusión en torno a la importancia del factor tecnológico en el desempeño social no es nueva. Las diferentes corrientes de análisis en este campo coinciden en subrayar su importancia y efecto económico positivo (Nicolaisen y Hoeller, 1990; Duchin, 1999; Freeman y Soete, 2000). De la misma manera, existe la consideración de que en términos dinámicos, el cambio tecnológico favorece el balance ambiental y que en este proceso la regulación tiene un papel importante (Miller, Snyder y Stavins, 2003). Las diferencias predominantes entre estas corrientes

se encuentran en la determinación de los mecanismos esenciales para promoverle. Con base a lo anterior, es necesario revisar cuáles son las características que vinculan los procesos tecnológicos y ambientales en México con la intención de estimular diseños institucionales más completos.

Este artículo parte de la consideración de que, bajo ciertas circunstancias, el cambio tecnológico favorece el cumplimiento de objetivos ambientales en una sociedad. De la misma manera, se considera que la tecnología no sólo tiene utilidad en el proceso de aprovechamiento productivo del ambiente, sino también en el fortalecimiento de las capacidades institucionales de gestión. La interpretación que aquí se realiza sobre la tecnología es la del conocimiento incorporado en las personas, en las prácticas organizacionales y en las máquinas–herramientas, lo cual permite resolver problemas en la producción, el consumo o la gestión. Por supuesto, es una definición mucho más amplia que aquella en donde se asocia a la tecnología exclusivamente con la maquinaria, lo cual tiene implicaciones analíticas importantes. Entre otras, porque la capacidad tecnológica no sólo es un proceso de mercado, y que la difusión y adopción de la tecnología no son únicamente problemas de información (Marinova y Mc Aleer, 2003). Por supuesto, ello implica que el análisis de los vínculos entre tecnología y medio ambiente va más allá de la existencia de un mercado de bienes y servicios ambientales.

Además de la anterior, otra definición importante en este artículo es la que se refiere a institución o institucionalidad. Se asume que las instituciones son, de manera retrospectiva, reglas de interacción formal e informales, las cuales facilitan los procesos de intercambio social (North, 1990) en un momento del tiempo y del espacio. Pero que, de manera prospectiva, constituyen el núcleo del diseño de dispositivos para resolver problemas colectivos a futuro.

En este trabajo, el análisis de las características de la tecnología ambiental y su presencia en México, se lleva a cabo en tres apartados. En el primero se señalan características relevantes de la relación economía–naturaleza desde la perspectiva de la sustentabilidad y su implicación para la formulación de estrategias y el diseño de políticas gubernamentales. En el segundo apartado se enfatizan las consideraciones vinculantes entre tecnología y medio ambiente. Por último, el tercer apartado describe una caracterización presente en la estructura tecnológica-ambiental de la economía mexicana.

1. Economía y medio ambiente: el dilema institucional de la sustentabilidad

Existe una gran cantidad de elementos que se pueden destacar en el análisis de la relación entre economía y medio ambiente. Sin embargo, para los fines de este

artículo, uno particularmente importante es la definición de sustentabilidad como objetivo de la gestión ambiental de un gobierno, aspecto que influye en la orientación de la política ambiental e incluso más allá de ésta.

Definida en términos muy amplios, la sustentabilidad se refiere a la perdurabilidad a través del tiempo de los elementos económicos, sociales y ambientales que posibilitan el desarrollo, vistos simultáneamente como factores y como objeto de dicho desarrollo. Sin embargo, existen varios enfoques alternativos para definir de manera más operativa esta noción.

Desde una perspectiva institucional, la sustentabilidad ambiental como propósito social plantea un problema de naturaleza instrumental. Dependiendo del tipo de definición que se emplee, serán los dispositivos al alcance para instrumentar la política.

Es claro que la fijación de los propósitos gubernamentales para facilitar un desempeño económico sustentable, requiere de la acumulación de capacidades e instrumentos para el desarrollo de una gestión consistente con tal fin.

Sin la intención de sobresimplificar el problema de la sustentabilidad, pero con el propósito de resaltar las implicaciones que su definición tiene para el diseño de las estrategias gubernamentales, se puede establecer que existen tres diferentes definiciones y enfoques de “lo sustentable” desde la perspectiva del aprovechamiento productivo de la naturaleza.¹ Éstas son lo que se ha dado en denominar las condiciones de sustentabilidad.

Condiciones que suponen relaciones de intercambio diferentes entre dos distintos tipos de capital agregado: el natural y el antropogénico. El principio de sustentabilidad débil implica que ambos tipos de capital son perfectamente sustituibles entre sí, de manera que las disminuciones en uno podrán ser compensadas con incrementos en el otro, de forma tal que el balance final represente una magnitud equivalente a la condición inicial. Por su parte, el principio de sustentabilidad fuerte, significa que los tipos de capital no son perfectamente sustituibles sino complementarios en algún grado y, por lo tanto, las pérdidas en capital natural deben reponerse mediante otro flujo equivalente al propio capital natural. Finalmente, la condición de sustentabilidad extrema conlleva a que sólo pueden emplearse los flujos excedentes provenientes del capital natural, manteniendo constante su magnitud en la condición inicial.

¹ Es evidente que las definiciones establecidas aquí corresponden únicamente a la relación del aprovechamiento productivo. Por supuesto, la manera en la que se emplea socialmente la naturaleza puede interpretarse también desde campos del conocimiento diferentes, o bien en términos de sus impactos (por ejemplo: en la salud, la riqueza biológica o la calidad de los suelos). Una referencia interesante para la exploración de definiciones diferentes se puede encontrar en Aguilar (2002).

La manera en la que se interprete el problema de la sustentabilidad, y por lo tanto la trayectoria de aprovechamiento de la naturaleza, demandará capacidades específicas y particulares al gobierno, a los productores y a los consumidores, ya que la definición también tiene implicaciones en el proceso de la organización productiva. Una posible interpretación de ello se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1
Algunas implicaciones de las definiciones de sustentabilidad

<i>Condiciones de sustentabilidad</i>	<i>Transferencias al capital natural</i>	<i>Implicaciones para la gestión gubernamental</i>	<i>Variación en la frontera de posibilidades de producción</i>
Débil	Automática	Capacidades para el monitoreo y vigilancia del intercambio de flujos	Desplazamientos a lo largo de la frontera. Vector de crecimiento insesgado
Fuerte	Requerida	Capacidades para el monitoreo, vigilancia y administración de la reposición al capital natural	Desplazamientos de la frontera. Vector de crecimiento sesgado
Extrema	No necesaria	Capacidades para el monitoreo y vigilancia del intercambio de flujos excedentes	Sin desplazamientos a lo largo de la frontera. Vector de crecimiento insesgado dependiente del monto de flujos excedentes

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en el cuadro anterior, la participación gubernamental requiere orientarse en un sentido diferente –gestión encaminada al intercambio adecuado de flujos, a la reposición del capital natural o al intercambio de flujos excedentes– según sea la definición de sustentabilidad que subyace a las políticas públicas. También las características de la estructura productiva tendrían que verse modificadas, en unos casos al nivel de la frontera de la producción, y en otros en el vector de crecimiento que una economía tendría que seguir.

No se puede pasar por alto que la acción colectiva en materia ambiental está condicionada por la identificación de los desequilibrios. Y, en términos del modelo *presión-respuesta*, en el patrón de aprovechamiento económico de la naturaleza subyacen condiciones de escala productiva, de especialización sectorial, de tecnología disponible y de arreglos institucionales, todas ellas importantes en el diseño de las estrategias para *revertir, reducir e inhibir* los efectos negativos de la actividad económica sobre la naturaleza.²

² En términos generales, una estrategia gubernamental en materia de medio ambiente está constituida por cuatro componentes: el conjunto de acciones para prohibir el desarrollo de prácticas ambientalmente depredatorias; las acciones para revertir (siempre y cuando ello sea posible) compensatoriamente los saldos negativos de las actividades económicas; las acciones destinadas a reducir la magnitud de los desbalances presentes; y las acciones correspondientes para inhibir que en lo sucesivo se presenten externalidades negativas, a través de incentivar el

La complejidad inherente a la definición instrumental de la sustentabilidad ha conducido a una interpretación pragmática por parte de los gobiernos. Esta interpretación implica que dada la existencia de un conjunto de actividades productivas y consuntivas, caracterizadas por tasas de utilización de la naturaleza, es sustentable cualquier esfuerzo por reducir la tasa de aprovechamiento corriente.

Tal y como se puede observar, cada una de las anteriores definiciones de sustentabilidad describen patrones específicos de aprovechamiento de los recursos naturales. Lo importante en este caso, más allá de las trascendentes diferencias entre cada una de ellas, es que todas representan esquemas productivos. Es claro entonces que la selección del principio de sustentabilidad es, al mismo tiempo, la elección tecnológica para relacionarse con el medio ambiente. De ésta dependerán, en buena medida, las componentes de la política ambiental, pero también el conjunto de acciones genéricas que se pueden efectuar de manera oportuna.³

La tecnología no sólo es un factor importante en la medida que potencie las capacidades de gestión de un gobierno en materia ambiental, o por facilitar la promoción de la eficiencia productiva de las firmas maximizadoras y, a partir de ello, eventualmente también la eficiencia ambiental. Es igualmente importante porque ofrece soluciones adaptables en el corto plazo.

Se ha señalado al inicio de este documento que la problemática ambiental es multideterminada, esto es, además de las económicas, existen dimensiones políticas, culturales, jurídicas y educativas, sólo por señalar algunas, asociadas al aprovechamiento de la naturaleza. Por lo mismo, la política ambiental no se puede conducir exclusivamente en el plano productivo. Sin embargo, existe coincidencia en la literatura al considerar que los cambios provenientes de las instituciones informales suelen ocurrir de una manera más lenta que los realizados en la legislación. Ello quiere decir que el cambio en el aprovechamiento de la naturaleza, debido a modificaciones en la estructura de las instituciones informales, se observa en el largo plazo;⁴ en términos sociales el efecto de un cambio en la percepción de los valores

desarrollo de patrones productivos alternativos, vía cambios en la estructura de precios, la creación de mercados o mediante programas de subvenciones. Una agenda gubernamental en materia ambiental es instrumentalmente consistente con un principio de sustentabilidad, en la medida que promueve reducciones sucesivas en la tasa de utilización de la naturaleza.

³ Las acciones asociadas a los componentes de una política ambiental y de recursos naturales, a partir de una interpretación de la cual forman parte los costos de transacción en una sociedad (North, 2000) son la medición de las propiedades de la naturaleza, el aprovisionamiento de información, el monitoreo de las prácticas productivas, la vigilancia del desempeño dentro de los límites establecidos y la imposición de sanciones ante la omisión de los límites.

⁴ No obstante, al considerar que el conjunto de valores y creencias sociales son relativamente estables, se ha documentado que las instituciones informales son importantes recursos que complementan a las formales, y que en materia ambiental son un vehículo de presión creciente. Este es el caso de los productores de ladrillo en México

de los individuos, respecto del medio ambiente, es lento en relación al que pueden promover las instituciones formales. De la misma manera, el cambio tecnológico puede ofrecer resultados ambientalmente positivos de una manera más rápida la proveniente de la propia regulación.⁵

En términos institucionales, los procesos de transición ambiental son observables en periodos largos de tiempo. Al nivel del diseño de las estrategias gubernamental y empresarial, es evidente por la evolución de los dispositivos que caracterizan la acción gubernamental y de las firmas.

Una muestra de lo anterior y del resultado de la acumulación de capacidades, lo constituye el proceso de evolución de las políticas ambientales⁶ y de las estrategias organizacionales de las empresas.⁷ En el nivel gubernamental este proceso implica que una de las primeras formas asumida por la política destinada a la gestión ambiental es la basada, casi exclusivamente, en instrumentos de regulación directa. Debido a ello suele denominarse a esta etapa como política ambiental de *primera generación*. La política de *segunda generación* corresponde a aquella en la que se estimulan mercados y se promueve sobre todo la utilización de dispositivos para el control de emisiones, que se yuxtaponen o se agregan al final de los procesos productivos, es decir, las llamadas tecnologías de final del proceso. Se considera que la política de *tercera generación* se refiere al conjunto de acciones encaminadas a la promoción de la ecoeficiencia y la producción sustentable.

Por supuesto, en la definición de las políticas antes señaladas existe un componente tecnológico fundamental. Y los mejores diseños institucionales sólo garantizan la posibilidad de reducir algunas presiones ambientales, sin que implique el surgimiento de nuevas problemáticas.⁸

(Blackman y Banister, 1998).

⁵ No se puede perder de vista que las decisiones técnicas en la producción se vinculan con procesos de maximización de utilidad. No es extraño que en los trabajos empíricos se documente qué grupos de firmas en la sociedad tienen notable desempeño ambiental, por encima de la exigibilidad regulatoria (Dasgupta, Hettige y Wheeler, 1998) y (Domínguez, 2003).

⁶ Al respecto vale la pena señalar que el análisis de la evolución de las políticas gubernamentales se efectúa desde el enfoque de la flexibilidad de gestión y sus correspondientes instrumentos (Huber, Ruitenbeek y de Motta, 1998) y (Constantino, 2002), bajo la idea de que la política ambiental se hace más completa y, posiblemente más efectiva, si coexisten diferentes tipos de instrumentos destinados a la atención de diferentes tipos de problemas ambientales. Aunque el tema de la efectividad de los instrumentos y su flexibilidad es un tópico importante en el análisis del cambio de las políticas, su tratamiento escapa a los objetivos de este artículo.

⁷ Para el caso de la interpretación del proceso de evolución de las acciones ambientales al interior de las empresas véase el artículo de García (2002).

⁸ Islas-Camargo (2002) ofrece una reflexión importante al respecto, aunque no es el principal motivo de su trabajo. De hecho existen ejemplos interesantes de cómo la solución inmediata de algunos asuntos ambientales facilitan el surgimiento de otros. Este es el caso de la utilización de algunos desechos como combustibles alternativos en los hornos de clínker de la industria cementera. De manera que la desintegración de residuos peligrosos o de difícil tratamiento (como los neumáticos) se garantiza por las elevadas temperaturas alcanzadas en los hornos,

2. Consideraciones acerca de los vínculos entre cambio técnico y medio ambiente

El componente tecnológico puede resolver algunos de los desequilibrios crónicos que se presentan en el aprovechamiento de la naturaleza.⁹ Sin embargo, no es posible solucionar todos y probablemente nunca lo hará. El proceso de transformación de las condiciones naturales ocasionado por la acción humana parece una consecuencia ineludible de la organización social. Y en este sentido, el problema de los patrones de aprovechamiento y las secuelas que provocan adquieren una dimensión dinámica.

En la medida que la tecnología es un factor importante en el establecimiento de las trayectorias productivas, de consumo y de la estructura institucional—cuyos efectos pueden ser visibles en el corto plazo, pero también determinan los patrones de utilización en el largo plazo— es importante abordar algunas de sus características relacionadas con el medio ambiente.¹⁰

Existen diferentes enfoques económicos y áreas en el análisis de la tecnología.¹¹ Y aun cuando algunos enfoques son antagónicos entre sí, un punto convergente entre todos es el reconocimiento de los impactos positivos de la tecnología para la sociedad (Helpman, 1998; Freeman y Soete, 2000; OECD, 2002; Popp, 2003). Sin importar que estos impactos se analicen en los ámbitos macroeconómicos o a través de la microfundamentación de las decisiones tecnológicas. Las principales diferencias estriban en la caracterización de las fuentes que promueven el cambio técnico y, por lo tanto, los instrumentos precursores disponibles en una sociedad.¹²

pero provoca emisiones de contaminantes atmosféricos.

⁹ Algunos ejemplos se encuentran representados por el cambio en la utilización de los gases de refrigeración o los empleados en aerosoles, precursores del adelgazamiento de la capa de ozono, debido a las innovaciones efectuadas por DuPont. O bien, el desarrollo de los procesos de bio-tratamiento de aguas residuales.

¹⁰ No obstante el reconocimiento de la importancia del factor tecnológico, tanto en los ámbitos institucional y organizacional, acerca de los efectos positivos en materia ambiental, parece importante señalar que no necesariamente todo cambio tecnológico conduce a un estado ambientalmente superior. Si las instituciones formales e informales no incorporan como parte de su estructura axiomática consideraciones acerca del valor social de la naturaleza, o si a pesar de hacerlo disponen de instrumentos limitados que implican costos de sanción reducidos (bien porque la magnitud de las penas sean bajas o porque la probabilidad de la imputación también sea baja), un resultado probable será el desarrollo de trayectorias de depredación ambiental. Un fenómeno que ilustra esto es el análisis multivariado que efectuó Islas-Camargo (2002) acerca de la redistribución comparativa internacional de industrias sucias, para el caso de la distribución de tal tipo de industrias al interior de México y Brasil, los resultados del estudio de Dasgupta, Hettige y Wheeler (1997).

¹¹ Algunos de los campos en los que existe una reflexión abundante son los siguientes: teoría de los incentivos asociados a la investigación y desarrollo; tecnometría a través de modelos insumo-producto o con indicadores de esfuerzo; análisis y medición de externalidades derivadas de los procesos de investigación; crecimiento de la productividad; difusión de nuevas tecnologías; efectos de la estructura de los mercados en la innovación; fallas de mercado asociadas con los procesos de innovación; efectos económicos del financiamiento público de la investi-

Aun cuando existen referencias de que el análisis de la tecnología posee un origen remoto en las contribuciones de la economía clásica (Nicolaisen y Hoeller, 1990), el tratamiento sistemático de ésta, vinculada deliberadamente con los problemas del crecimiento económico, aparece con la obra de Schumpeter. Por supuesto, su vinculación con los asuntos relacionados a los desbalances del capital natural es mucho más reciente, y se basa en la consideración de que el cambio tecnológico facilita las reducciones de contaminantes y la tasa de utilización de insumos de origen natural.¹³

Para los fines de este documento, nos concentraremos en la vertiente de la tecnología ambiental asociada con la reducción de contaminantes, en vez de abordar el problema de la tecnología destinada al incremento de la productividad del capital natural.

La transición tecnológica de una sociedad es un proceso. Algunas de las principales características de la relación entre tecnología y ambiente pueden distinguirse mejor si se toma como referencia un planteamiento de Schumpeter y, por construcción, su diferencia con respecto al enfoque neoclásico.¹⁴

Con base en la consideración de que las empresas compiten en un ambiente dinámico, Schumpeter establece que las capacidades de competencia son el resultado

gación; y el papel del cambio tecnológico en el proceso de crecimiento macroeconómico endógeno.

¹² El análisis de los vínculos entre los factores tecnológicos y los patrones de aprovechamiento de la naturaleza se puede llevar a cabo tanto en los niveles macro y microeconómico. Un ejemplo de lo primero es el enfoque de economía estructural que desarrolla Duchin (1999), quien desarrolla un esquema de análisis intersectorial de cambio técnico a partir de la Matriz de Insumo-Producto, al que además se agregan restricciones sobre el consumo y la naturaleza. Por su parte, un ejemplo de lo segundo es el enfoque de la microfundamentación de las decisiones técnicas que adoptan las empresas, con base en modelos de la teoría de las organizaciones y el enfoque de la psicología institucional desarrollado por Montalvo (2002). Por su parte, Jaffe, Newell y Stavins (2000) ofrecen una caracterización adecuada y sintética del problema de la identificación de las fuentes que promocionan el cambio técnico. Éste puede resumirse en el debate entre la exogeneidad y la endogeneidad del cambio tecnológico. A su vez, Capdevielle (2003) define con claridad la implicación que tiene para un modelo de competencia perfecta, el que el cambio tecnológico se suponga dinámico y deliberado.

¹³ Algunos modelos prescriptivos contemporáneos, como el de Michael Porter, señalan que la presencia de contaminación es un indicador ineludible de desperdicio. Ello ha generado una reacción entre los integrantes del enfoque neoclásico, que considera que las emisiones residuales no son el resultado de deficiencias técnicas. Se argumenta que existe algún grado de emisiones vinculadas con los procesos de transformación (Jaffe, Newell y Stavins, 2000).

¹⁴ El enfoque neoclásico, expresado a través del modelo de competencia perfecta, establece que el proceso de competencia entre las firmas ocurre en un ambiente estático vía precios. Supone que los rendimientos son constantes a escala. El proceso de asignación óptimo genera una ganancia neta para los consumidores y los productores derivada de la eficiencia, cuestión que se fundamenta en el principio de los excedentes del consumidor y del productor. En el extremo, el monopolio es considerado ineficiente en el sentido de Pareto en la medida que tal estructura de mercado involucra una apropiación del excedente del consumidor a través de la renta monopólica. Lo cual supone, en un ambiente de racionalidad maximizadora, que no existe ningún incentivo para promover la

de un acto deliberado, de acuerdo con el cual, dado el objetivo de la maximización de utilidades, se inventan nuevos productos.

La invención, o el desarrollo de bienes con propiedades cualitativamente diferentes no producidas previamente es difícil de medir. Sin embargo, suele aproximarse en los estudios empíricos a través de las actividades de patentamiento que se efectúan para proteger los derechos de explotación, algunas de las cuales podrían comercializarse en algún momento (Marinova y McAleer, 2003). Es claro que no toda invención llega a los mercados, sin embargo algunas sí lo hacen. En tal caso, la invención se transforma en una innovación. En la literatura especializada se considera que las firmas pueden innovar sin inventar, al incorporar cambios en los diseños funcionales originales o en las características de los bienes existentes en los mercados.

Una vez que las innovaciones se comercializan, es claro que la firma innovadora está en condiciones de obtener una ganancia extraordinaria asociada al crecimiento de la productividad. Ello se reflejaría como un diferencial de precios, el cual en forma de cuasi-renta tecnológica, implicaría una apropiación de una parte del excedente del consumidor. El efecto que este hecho generaría eventualmente sería el de una competencia por innovaciones, produciendo como resultado un patrón de crecimiento económico sostenido, conforme evoluciona el proceso de difusión del patrón técnico.¹⁵

En estricto sentido, se entiende por cambio técnico el proceso caracterizado por la invención–innovación–difusión. Asociados con este proceso se encuentran los problemas asociados a la *apropiabilidad* de los beneficios de la innovación y la *utilización* aplicada de la tecnología. Cada uno de los elementos que conforman la estructura del cambio técnico, requieren desarrollo de capacidades para la identificación de oportunidades y la conversión de ideas en objetos o procesos. En un sentido dinámico, sería el resultado del esfuerzo sistemático realizado a través de la investigación y el desarrollo que efectúan las propias firmas.¹⁶ Aunque no es la única fuente de conocimiento y acumulación de capacidades, la articulación del sistema productivo con el sistema educativo es otra fuente importante en tal sentido.

eficiencia en la empresa monopólica.

¹⁵ El componente de difusión es un proceso gradual de adaptación técnica. Una forma de representarlo es a través de funciones logísticas. Al respecto vale la pena establecer que en su análisis no hay nada como un resultado predeterminado. Los usuarios potenciales de nuevas tecnologías superiores son heterogéneos y el resultado de su adopción técnica también lo será.

¹⁶ En el esfuerzo por desarrollar nuevos productos o procesos rentables las firmas acumulan conocimiento a través de la investigación y desarrollo (*I&D*). El monto y naturaleza de la inversión para hacerla está determinada por el objetivo de la maximización. Si bien el resultado de cualquier inversión es incierto, en el caso de la realizada en *I&D* es diferente. Se considera que la varianza de los retornos esperados es mayor a otras, aunque con bajas probabilidades. Esto puede constituir un problema dado que el resultado de la *I&D* es especializado y no puede

El reconocimiento de que las fuentes del proceso de innovación tecnológica están presentes en el interior del sistema económico, una de cuyas principales componentes es la inversión en *I&D*, ha conducido a suponer que la tasa y la dirección de la innovación son sensibles a los cambios en los precios relativos y se pueden inducir.¹⁷ Por ejemplo, Sterner (1990) señala que la transformación técnica de la industria cementera mexicana en la década de los ochenta, se asocia con la búsqueda de opciones ante el crecimiento de los precios de la energía.

En la medida que la tecnología representa el conocimiento destinado a la solución de problemas en la producción y el aprovechamiento de recursos, se abre una ruta para su caracterización en términos ambientales.

De acuerdo con Medhurst (1994), las diferentes tecnologías ambientales pueden clasificarse en siete categorías:

- 1) Dispositivos para la reducción de contaminantes.
- 2) Procesos para la minimización de desperdicios para reducir las emisiones por unidad de insumo.
- 3) Mejoras en el control de los procesos productivos mediante el monitoreo automatizado a fin de reducir emisiones y desechos.
- 4) Tecnologías limpias o técnicas de producción alternativas que provocan una cantidad menor de contaminantes.
- 5) Técnicas gerenciales para el manejo y disposición de los desechos a través de los medios ambientalmente aceptados.
- 6) Reciclamiento o recuperación de materiales para minimizar el volumen de la disposición final de los residuos.
- 7) Elaboración de productos limpios para minimizar el efecto ambiental mediante su diseño, producción, uso y disposición.

Las categorías anteriores están definidas en un contexto institucional en el cual se disponen de estándares ambientales máximos y costos por omisión, tales que constituyen incentivos para su utilización. Para facilitar la exploración de los recursos técnicos destinados a la atención de problemas ambientales, en el Diagrama 1 se sintetiza una reinterpretación agregada.

En un sentido, la capacidad institucional para abordar los asuntos am-

emplearse como colateral.

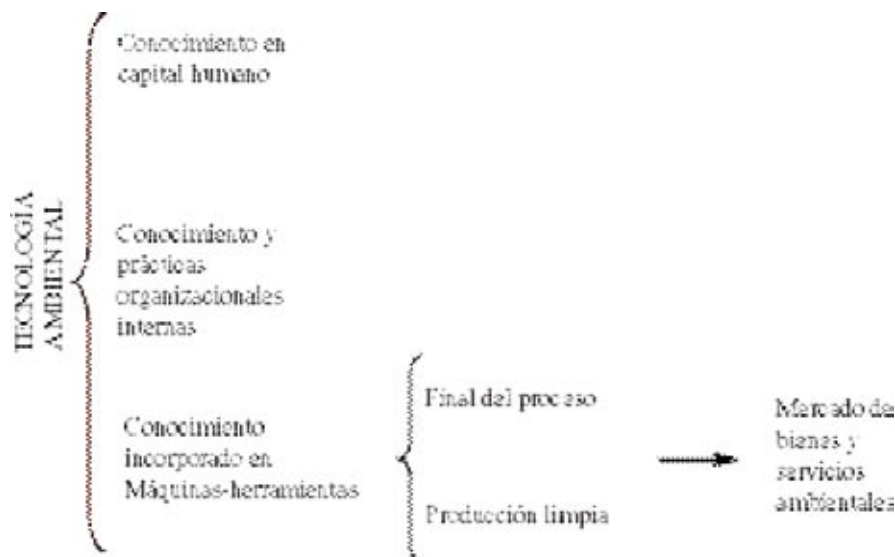
¹⁷ Desde diferentes perspectivas se ha analizado el fenómeno de los vínculos entre el proceso de cambio técnico y el papel de las instituciones formales. Miller, Snyder y Stavins (2003) para el caso de la industria manufacturera de cloro en Norteamérica; Carraro (1994) para el caso europeo y Duchin (1999) para el indonesio, ofrecen evidencia

bientales, y los referentes al aprovechamiento de la naturaleza, se relaciona con la posibilidad de poseer, no sólo un acervo de conocimientos incorporados en las personas y en las firmas, sino además uno de máquinas y herramientas, que faciliten el aprovisionamiento de información y evidencia del desempeño ambiental, la identificación de oportunidades para resolver o crear opciones de solución técnicas a los desbalances producidos, potenciar la capacidad en una sociedad para monitorear y corregir los desequilibrios.

Es posible que la dirección del cambio técnico en materia ambiental, esté determinada en algún sentido, no sólo por la incertidumbre de los resultados potenciales de la innovación y los incentivos institucionales, sino también por la capacidad para identificar los aspectos críticos de los desequilibrios.

El proceso para desarrollar adaptaciones técnicas o producir innovaciones radicales se asocia con la capacidad de entender y descomponer los problemas complejos. En este sentido, si bien no hay evidencia concluyente al respecto, puede

Diagrama 1
Una interpretación de la tecnología ambiental



Fuente: elaboración propia.

considerarse que, conforme exista una masa crítica suficiente, capaz de interpretar y analizar los fenómenos ambientales, se estará en mejores condiciones para el surgimiento de innovaciones susceptibles de difundirse a través del mercado.

De acuerdo con lo anterior, la capacidad institucional para la gestión de los activos ambientales no sólo descansa en la facultad regulatoria, sino también en la capacidad de facilitar la información y los intercambios deliberados del conocimiento, de manera que la modificación de prácticas entre los usuarios de los servicios de la naturaleza y la producción de dispositivos con fines ambientales sea la máxima posible.

La articulación de un sistema que vincule los esfuerzos del sector educativo y productivo en materia ambiental parece fundamental. No es extraño que en algunas sociedades como la mexicana, el cumplimiento de objetivos ambientales entre los productores se promueva a través de incentivos fiscales como la depreciación acelerada o la reducción de aranceles a la importación de equipo nuevo. Sin embargo, no son visibles los incentivos para la formación de recursos humanos en campos que podrían enriquecer las prácticas de las firmas, o bien facilitar la velocidad de adaptación tecnológica. Tampoco son claros los incentivos para facilitar el desarrollo de acuerdos voluntarios y las prácticas de control interno entre las firmas.

La creciente preocupación acerca de los asuntos ambientales debido a los riesgos que entrañan para el desarrollo de las sociedades humanas, ha estimulado el surgimiento a nivel mundial de los mercados de bienes y servicios para la gestión ambiental. En un intento por comprender mejor la estructura y la dinámica productiva de este tipo de bienes, pero también para facilitar su intercambio comercial, diversos organismos multilaterales han promovido instrumentos para su clasificación.¹⁸

El análisis de la estructura de los mercados ambientales requiere de una definición precisa. Aun cuando este es un tema en el que todavía no existe un acuerdo definitivo para su categorización a escala internacional, sí hay en cambio, rasgos comunes entre las diversas propuestas de clasificación elaboradas por diferentes organismos multilaterales para acotar y promover tales sectores.¹⁹ El universo de bienes y servicios ambientales es potencialmente amplio y puede incluir equipos (por ejemplo, para el monitoreo de la calidad del aire o la compactación de residuos); instalaciones (plantas de tratamiento de aguas, plantas potabilizadoras o turbinas de energía eólica, por citar algunos); insumos industriales (agentes biológi-

en el sentido de la importancia de las instituciones en la promoción de las transiciones técnicas.

¹⁸ Entre ellos se cuentan el Mecanismo de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC), la Organización de las Naciones Unidas para el Comercio y el Desarrollo (UNCTAD) y la Organización para la Cooperación y el

cos para estabilizar químicamente residuos industriales o madera sustentablemente producida); servicios a la producción (asesoría en materia de eficiencia energética o para desarrollar cultivos sustentables, por ejemplo); así como bienes y servicios de consumo final (por ejemplo café orgánico, actividades de ecoturismo, etc.). Es decir, tanto bienes de capital como bienes de consumo intermedio y final, pueden formar parte del grupo de bienes y servicios mencionados que podrá ser más o menos vasto, dependiendo la definición y los criterios que se manejen.

Un rasgo característico de las propuestas de clasificación de los mercados de bienes y servicios ambientales es que predominan definiciones de productos y servicios destinados al ámbito urbano e industrial, mientras que el segmento del capital natural es abordado de manera marginal.²⁰ A pesar de lo cual, en la propuesta elaborada por el grupo de trabajo conjunto de la OECD y Eurostat (2000), se han incorporado definiciones que permiten avizorar un importante potencial para la protección y el aprovechamiento socialmente responsable del capital natural en sociedades con abundante dotación.

La clasificación referida para la agrupación y el análisis de los mercados de bienes y servicios ambientales aparece en el Cuadro 2.

Análíticamente, cada uno de los grupos de la clasificación OECD-Eurostat tiene una implicación y orientación diferente para el diseño de las políticas del medio ambiente y de los recursos naturales (véase Diagrama 2).

El grupo A se caracteriza por ser el conjunto de bienes y servicios para la atención de corto plazo de los desbalances ambientales; éste es el ámbito de clasificación de las opciones *al final del proceso*. Por supuesto, se encuentra incorporado no sólo el conjunto de recursos tecnológicos para la contención de la contaminación,

Desarrollo Económicos (OECD).

¹⁹ En el ámbito internacional se reconocen, al menos, tres diferentes enfoques de clasificación estadística y económica para determinar los mercados de bienes y servicios ambientales: la clasificación CPC de las Naciones Unidas, la propuesta de clasificación de la APEC y la propuesta OECD-Eurostat. Para los países integrantes de la OMC se ha convertido en un imperativo la definición nacional de los sectores de bienes y servicios ambientales, debido a que uno de los acuerdos derivados de la Ronda de Doha fue la disposición de los países miembro para promover negociaciones con el objetivo de eventualmente liberalizar los mercados (CCF-UNCTAD, 1997); (OECD, 2000) y (Vaughan, 2003).

²⁰ Las consideraciones multilaterales acerca de algunas de las propiedades y servicios específicos provenientes del capital natural, forman parte de convenciones y acuerdos específicos diferentes, tales como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) o la Convención de

Cuadro 2
Estructura de la clasificación de los mercados BSA (OECD)

<i>Grupo de clasificación</i>	<i>Definición del sector o grupo de actividad</i>	<i>Características</i>
A	Bienes y servicios destinados a la gestión de la contaminación	Tecnologías específicas caracterizadas como de “final del proceso”. Factible identificación en el sistema de clasificación mexicana de actividades productivas (CMAP)
B	Bienes y servicios destinados a la promoción, diseño y aplicación de tecnologías limpias y elaboración de productos ambientalmente menos nocivos	Tecnologías genéricas compatibles con la hipótesis de que el cambio tecnológico promueve la ecoeficiencia. La dificultad metodológica de este grupo consiste en la determinación de los acervos de bienes y prácticas ambientalmente eficientes
C	Bienes y servicios destinados a la gestión de los recursos naturales y el aprovechamiento sostenible de recursos	Agrupación heterogénea de bienes (infraestructura de saneamiento y prácticas forestales, pesqueras) y servicios (asesoría y ecoturismo) que facilitan un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales

Fuente: elaboración propia con base en OECD (2000).

sino también aquellos para mejorar las capacidades de medición y monitoreo. Este grupo no presenta ningún problema para su cuantificación –siempre y cuando exista un sistema de contabilidad económica compatible.

Diagrama 2
Características de los grupos de bienes y servicios ambientales

Grupos	A	Bienes y servicios intermedios y de demanda final que cumplen propósitos ambientales y ecológicos	Dispositivos y prácticas destinadas al monitoreo control o eliminación de emisiones al aire, agua, suelo y acústica.
	B		
	C		Bienes y servicios ecológicos y certificados

Fuente: elaboración propia.

El grupo B está formado por opciones tecnológicas vinculadas con modelos de transición para el desarrollo de actividades productivas más eficientes, desde el punto de vista del aprovechamiento de los insumos naturales y la reducción de emisiones y desperdicio. Este grupo puede caracterizarse en un sentido dinámico como el de transición hacia el desarrollo sustentable. El segmento presenta, por su origen, un problema de medición –independientemente de la existencia de un sistema de contabilidad adecuado–, ya que está caracterizado por un conjunto de tecnologías genéricas las cuales, más que destinarse a aplicaciones específicamente ambientales, presentan características que las hacen ambientalmente superiores a otras de su tipo (por ejemplo, equipos industriales que permiten la recirculación y la reducción del consumo de agua en los procesos de transformación); además está formado bajo la expectativa de la hipótesis de convergencia, en donde un sistema productivo más eficiente es compatible con un diseño de políticas públicas precautorias del medio ambiente.

El grupo C está integrado por los bienes y servicios que inciden directamente en el diseño de estrategias de aprovechamiento de recursos naturales, las cuales pueden afectar las políticas de recuperación y conservación del capital natural en el largo plazo. Se constituye, sobre todo, por la oferta de infraestructura pública para el abasto de agua y energía para uso humano, junto con bienes y servicios cuya utilización reduce el impacto ambiental derivado del aprovechamiento de los recursos, como en el caso de las prácticas agropecuarias, silvícolas y pesqueras sustentables o el reciclaje de materiales. En el caso de tales bienes y servicios, hay un vínculo muy estrecho entre su existencia y la disponibilidad de capacidades y mecanismos comúnmente aceptados para certificar los procesos productivos.

En un sentido, los anteriores conjuntos de bienes son compatibles con la definición de diferentes tipos de políticas de gestión, teniendo como referencia los objetivos de cada uno. Los bienes destinados al control de emisiones en el corto plazo, conjuntamente con el establecimiento de estándares, funcionan como instrumentos de gestión de primera generación, esencialmente. Es decir, constituyen los principales instrumentos de atención a los problemas ambientales en una primera fase en la que se trata de lograr la internalización inmediata de los costos por parte de los contaminadores.

Los instrumentos ambientales de segunda generación están constituidos por aquellos dispositivos y prácticas orientados a promover la producción de artículos ambientalmente eficientes. Este modelo de gestión implica modificaciones en el patrón productivo de la sociedad.

Desde la perspectiva del aprovechamiento de los recursos naturales, los

bienes y servicios destinados y producidos en condiciones de aprovechamiento racional de los recursos se agrupan en el segmento C.

La aproximación a los mercados de tecnología ambiental requiere no sólo la medición del segmento de los bienes y servicios ya existentes, necesita también incorporar los indicadores correspondientes a la formación de recursos humanos en campos del conocimiento cercanos a los mismos y, en la medida de lo posible, precisa indicadores sobre las prácticas ambientales certificadas por parte de las empresas.

3. ¿Existen mercados de tecnología ambiental en México?

Esta caracterización preliminar de los mercados de tecnología ambiental se inicia bajo la consideración de que en su estudio no sólo es importante la revisión del segmento de bienes y servicios ambientales, sino también la relativa a las características de la formación de recursos humanos, y la relacionada con las prácticas ambientales certificadas por parte de las empresas. Esto podría permitir no sólo la identificación de las preferencias institucionales, las cuales se revelan en la estructura del mercado, sino también dimensionar el esfuerzo social en materia ambiental.

El hecho de que el análisis de los aspectos técnicos sobre el desempeño ambiental de una sociedad no descansa únicamente en la revisión estructural de los mercados de bienes y servicios ambientales, no implica una reducción en la importancia analítica de estos últimos, sino al contrario. Esto ocurre en dos sentidos, primero: que una sociedad disponga de bienes y servicios ambientales es importante, porque indica que existen y se conocen opciones técnicas catalizadoras, correctivas o preventivas. Segundo: porque en países como México, es quizá un sector estadísticamente más consistente, comparado con los concernientes al análisis de la formación de capital humano y al de las prácticas ambientales certificadas, de modo que, atendiendo a las características de los diferentes segmentos del mercado de bienes y servicios, es posible aproximar con mayor probabilidad los patrones de desarrollo que inciden sobre el ámbito de la formación de recursos y las prácticas certificadas.

En la medida que la información necesaria para efectuar un análisis de largo plazo del mercado de tecnología ambiental mexicano no es abundante, y tal información se encuentra constituida por aproximaciones estadísticas adaptadas, vale la pena tener presentes algunos elementos, tanto de carácter general sobre el contexto tecnológico nacional, como específicos para el caso de tecnologías ambientales. Entre las referencias de carácter general, se encuentran las siguientes:

- 1) Existe evidencia de que en el largo plazo, el cambio estructural de la economía mexi-

- cana se ha dado de forma paralela a un proceso de transformación tecnológica (Aroche, 1995).
- 2) El análisis de la inestabilidad macroeconómica en las economías emergentes durante la década de los noventa, evidencía el peso de ese fenómeno como factor explicativo para la reducción de importancia hacia los asuntos ambientales por parte de las empresas (Afsah, 1998).
 - 3) De manera consistente con lo anterior, Capdevielle (2003) encuentra que desde los años setenta hay efectivamente un proceso de transformación tecnológica de la economía mexicana,²¹ si bien este proceso tiende a ser aparentemente lento, debido a que los procesos de innovación tienen un carácter incremental en sectores tecnológicamente maduros. Es importante subrayar que el crecimiento de las actividades productivas con un perfil tecnológico moderno y dinámico existe, aunque su dimensión es pequeña. Capdevielle indica también que el deterioro macroeconómico de la década de los ochenta, en México, redujo la capacidad para estimular la innovación tecnológica.
 - 4) La economía mexicana se caracteriza por mantener una estructura en donde predominan las unidades productivas de pequeña escala. Los resultados obtenidos en diferentes estudios, en materia ambiental para el caso mexicano, señalan que los tamaños de planta son importantes (Dasgupta, Lucas y Wheeler, 1998; Domínguez, 2003), tanto en términos de la intensidad de las emisiones que generan, como en las posibilidades de incorporar dispositivos tecnológicos, los cuales permitan transformar sus procesos para modificar la intensidad de sus emisiones o bien simplemente cumplir con la regulación ambiental.
 - 5) La regulación ambiental ha tenido un papel importante en el desarrollo de los mercados de bienes y servicios ambientales, pero también en el desarrollo de las propias actividades productivas (Muñoz y Constantino, 2004). En el caso de México, previa a la existencia de la regulación ambiental, la estructura de los bienes y servicios ambientales era prácticamente inexistente.²²
 - 6) La balanza de pagos tecnológica de México –es decir, el flujo anualizado de ingresos y egresos por concepto de transferencias de tecnología, pago de licencias y pago por los derechos de uso de marcas que se hacen al exterior–, es permanentemente deficitaria (Banxico, 2004) y por lo tanto, la tasa de cobertura, esto es, la división entre los ingresos y los egresos antes señalados, comparada con países integrantes de la OECD, indica un bajo coeficiente de competencia tecnológica.

Esto es consistente con el hecho de que dos terceras partes de las importaciones que efectúa el país son bienes de capital e insumos intermedios (INEGIb).

- 7) Al interpretar la solicitud y otorgamiento de patentes como un indicio aproximado de que es un indicador del conocimiento susceptible de ser transformado en una opción de mercado (Marinova y Mc Aleer, 2003), y medido a través de los registros de otorgamiento de la Oficina de Patentes de los EUA, los países que dominan el conocimiento tecnológico para la producción de los bienes y servicios ambientales son: Estados Unidos, Alemania, Canadá, Japón, Australia, Suiza, Suecia, Francia, Holanda, Italia, Gran Bretaña, Corea y Taiwán. Cuestión correspondiente con el origen de las empresas que hasta 2001 dominaban los mercados internacionales (OECD, 2001).
- 8) Aunque no concluyentes, los resultados de los modelos empíricos más recientes (Popp, 2003) acerca de las actividades de patentamiento indican que su desarrollo se relaciona fuertemente con el incremento de los costos ambientales.

Por otra parte, a partir de las actividades industriales correspondientes a la clasificación de bienes y servicios ambientales propuesta por OECD-Eurostat, previa adecuación y sin soslayar las limitaciones estadísticas prevalecientes, es posible hacer algunas puntualizaciones, para el caso específico de los mercados de tecnología ambiental en México (Constantino y Muñoz, 2003):

- 1) Existe un núcleo industrial en México que puede caracterizarse como productor de bienes y servicios ambientales.
- 2) Las estimaciones preliminares indican que hay una tendencia a la concentración en la producción de bienes y servicios ambientales del tipo *final del proceso* (Grupo A). Por su parte, el grupo de bienes y servicios con perfil de tecnologías limpias (Grupo B) es pequeño.
- 3) Una medida sobre las dimensiones que puede llegar a tener el mercado de bienes y servicios ambientales, tomando como referencia la estructura y volumen de

norteamericana.

²² Una muestra visible del efecto provocado por la regulación ambiental en el desarrollo y la consolidación de algunos mercados específicos es el caso de las unidades de verificación automotriz. Previo a la promulgación de la ley en la que se establece la obligatoriedad del cumplimiento de tal requisito, los centros de verificación fueron inexistentes. Otro caso, aunque menos visible, es el crecimiento de las unidades de laboratorio y certificación ambiental ante los procesos de desincorporación de funciones gubernamentales. Con una mayor sofisticación, Islas-Camargo (2002) encuentra que los costos asociados a la regulación son importantes en la estructura e intensidad de las emisiones en el ámbito internacional así, las industrias intensivas en emisiones o abiertamente sucias, se instalan en espacios en donde las regulaciones implican costos ambientales menores. Un hallazgo similar aunque a escala local es el de Dasgupta, Lucas y Wheeler (1998), en el cual la localización de plantas sucias al interior de un país tiende a ocurrir en áreas con mayor laxitud regulatoria, situación que normalmente sucede en las áreas pobres.

las importaciones de acuerdo con la base de datos de la UNCTAD, revela que el mercado mexicano de importaciones de bienes y servicios ambientales, en 2000, fue con mucha probabilidad el mayor de América Latina.

- 4) Las importaciones de bienes y servicios ambientales se han concentrado en opciones de *final del proceso*.
- 5) La balanza comercial del sector de bienes y servicios ambientales en el periodo 1993–1998 es deficitaria. A pesar de que existen actividades como el tratamiento de aguas residuales y las de monitoreo y evaluación de la contaminación en las cuales existe superávit.

Las limitaciones estadísticas se hacen evidentes también al intentar cuantificar algunas medidas del esfuerzo innovador en la economía mexicana, tales como el gasto federal en ciencia y tecnología por campos de investigación, o bien los gastos en investigación y desarrollo efectuados por las firmas. Con base en la estadística disponible, sólo es posible delinear, en términos generales, unas cuantas tendencias con respecto a estos temas. No obstante, vale la pena hacer mención a algunas de ellas.

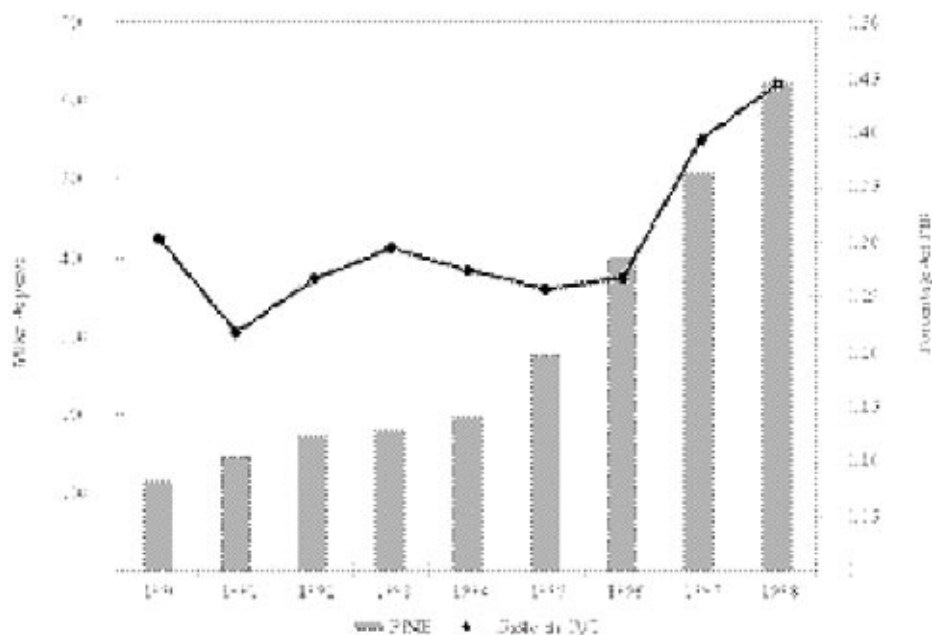
Como se puede observar en la Gráfica 1, la evolución del Producto Interno Neto Ecológico (PINE) de México, medido a precios corrientes, posee cierto grado de asociación lineal con el gasto federal en ciencia y tecnología que se ejerció durante el mismo periodo de tiempo. De hecho, el coeficiente de correlación lineal simple de estas variables es 0.8145.

Ante la limitada disponibilidad de información coincidente para los mismos periodos de tiempo, el resultado anterior parece importante, aun cuando no permite establecer un orden causal. Aquí simplemente se desea indicar la posibilidad de que un modelo de aproximación lineal pueda facilitar el análisis de dicha relación.

De la misma manera, en la Gráfica 2 se presenta el caso de la asociación entre el PINE, y la formación de recursos humanos en los campos de conocimiento, con un impacto potencial sobre la gestión ambiental.

Un primer acercamiento indica, tal y como se puede observar en la Gráfica 2, que podría existir un patrón de relación lineal entre el PINE y la formación de profesionales especializados. El coeficiente de correlación lineal simple, que se obtiene para estas variables es 0.8268. Cabe señalar que los datos estadísticos correspondientes a la formación de recursos, sólo toman en consideración a los profesionales que han obtenido un grado de licenciatura o posgrado por parte del

Gráfica 1
México: evolución del PINE y del gasto en ciencia y tecnología, 1990-1998



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI y RICyT (2002).

sistema educativo; no incluye sin embargo, a los que han obtenido calificaciones suficientes a través de la capacitación para el trabajo o la experiencia laboral.

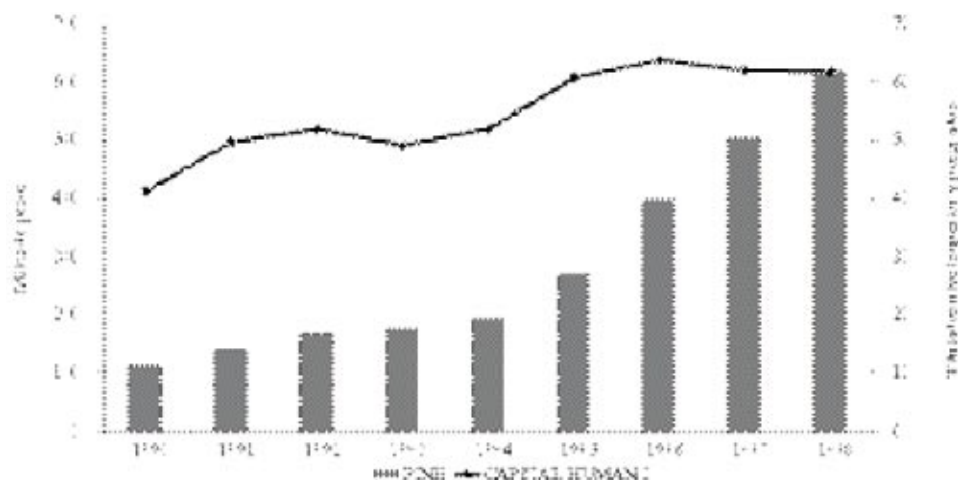
El valor del coeficiente de correlación parcial apenas señalado, puede sobreestimar el verdadero valor de la relación lineal, toda vez que, de acuerdo con el estudio de incorporación de egresados al mercado laboral presentado por la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica, el mercado profesional se segmenta en tres niveles que van desde la incorporación a ámbitos que requieren del pleno uso de los conocimientos profesionales adquiridos, hasta aquellos en los cuales los conocimientos no le son demandados a los individuos.

En la revisión estadística que se efectuó para los fines de esta aproximación, llama poderosamente la atención el hecho de que al calcular el coeficiente de correlación parcial entre el PINE y la formación bruta de capital destinada a la maquinaria y al equipo, el valor de indicador es 0.6166, que es más bajo que los anteriores. Es decir, aparentemente el desempeño ambiental no es sólo una función de la inversión en maquinaria y equipo. Aunque, desde luego, ello puede ser

el resultado de la limitada cantidad de datos disponibles para la comparación (los mismos años).

Por último, vale la pena considerar también como un indicador del es-

Gráfica 2
México: evolución del PINE y la formación de recursos humanos



Fuente: elaboración propia con datos de: INEGI y RICYT (2002).

fuerzo técnico, pero sobre todo como un indicador de la presencia de actividades tendientes a la promoción del cambio tecnológico en materia ambiental, el reporte de gasto en *I&D* que realizan las empresas.

Tal y como puede apreciarse en el Cuadro 3, la proporción del gasto privado destinado a *I&D* en el campo de medio ambiente muestra una creciente importancia a fines de los años noventa, lo cual no deja de ser un dato interesante. Efectivamente, el porcentaje de la inversión destinada a *I&D* catalogado como ambiental, muestra entre 1993 y 1997, un crecimiento muy superior al del conjunto de la inversión en ese rubro, si bien otros renglones, también relevantes en términos de sustentabilidad ambiental (tierra y atmósfera; energía; agricultura, silvicultura y pesca), no crecieron al mismo ritmo. Ciertamente, esta información sólo puede ser considerada como indicativa de la presencia de actividades orientadas a la acumulación de capacidades, no como una tasa de crecimiento de la tecnología ambiental en el país. No debe tampoco suponerse, a partir de esto, ningún vínculo directo con el mejoramiento de la calidad ambiental, pues para ello se requeriría conocer el resultado las inversiones.

Conclusiones

Aunque el análisis aplicado de la relación entre tecnología y medio ambiente en México está en ciernes, existen motivos teóricos suficientes para considerar que tal relación es importante, además de benéfica, y se puede inducir.

Desde la perspectiva del diseño de los mecanismos necesarios para fortalecer las capacidades institucionales en materia de la gestión ambiental, es claro que deben comprenderse de mejor manera los procesos de intercambio entre el medio ambiente y la tecnología. Lo cual implica, en primer lugar, el establecimiento de

Cuadro 3
Gastos en I&D por tipo de actividad
(Porcentajes)

<i>Gasto reportado como proporción del total por sector</i>	<i>1993</i>	<i>1994</i>	<i>1995</i>	<i>1996</i>	<i>1997</i>
Agricultura, silvicultura y pesca	32.10	23.60	22.60	22.66	21.99
Desarrollo industrial y de la tecnología	5.80	24.50	25.90	21.32	19.98
Energía	14.10	6.60	5.70	7.16	7.41
Infraestructuras	1.70	3.10	4.00	9.69	5.27
Medio ambiente	2.60	2.60	3.60	8.51	11.75
Salud (excluida la contaminación)	19.60	14.60	16.00	10.83	12.39
Desarrollo social y servicios sociales	5.10	10.30	4.00	6.06	6.12
Tierra y atmósfera	5.30	2.60	1.70	0.96	1.01
Promoción general del conocimiento	8.40	6.40	10.70	3.76	4.34
Espacio civil	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Defensa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sin especificar	5.30	5.70	5.90	9.05	9.74
Total	100.00	100.00	100.10	100.00	100.00
Gasto en I&D con impacto ambiental	59.00	59.90	59.50	60.61	62.14

Fuente: elaboración propia con datos de RICYT (2002).

criterios adecuados para la generación de información, tales como una clasificación industrial homogénea para catalogar la producción de bienes y servicios ambientales, o bien el establecimiento de criterios uniformes y comúnmente reconocidos para la certificación de productos con atributos ambientalmente superiores.

Por otra parte, existen elementos suficientes que indican la presencia y el funcionamiento de mercados de tecnología ambiental en México. Al respecto, un elemento importante a considerar como parte de la agenda gubernamental y legislativa en materia ambiental, debe promover el mejor conocimiento y fomento, a través de los mercados, de actividades económicas que aumenten el valor social de la naturaleza y promuevan, al mismo tiempo, un mejor nivel de vida.

En la medida que se cuenta con vínculos entre el desarrollo de los mercados

y los incentivos implícitos de la regulación ambiental, un resultado no necesariamente deliberado que enfrenta la sociedad mexicana, ha sido el medio ambiente como una alternativa de negocios y, por lo tanto, la posibilidad de converger de manera paulatina los procesos productivos con el desarrollo de prácticas ambientalmente amigables. De esta manera, la política ambiental no puede estar desvinculada de la política industrial y la tecnológica.

Referencias bibliográficas

- Afsah, S. (1998). *Impact of financial crisis on industrial growth and environmental performance on Indonesia*, USA: USAEP.
- Aguilar, I. (2002). “Reflexiones sobre el desarrollo sustentable” en *Comercio Exterior*, vol. 52, núm. 2, México, pp. 98–105.
- Aroche, F. (1995). “Cambio técnico y cambio estructural. La hipótesis de coeficientes decrecientes. Pruebas estadísticas con datos para México” en *Investigación Económica*, vol. 10, núm. 2, UNAM, México, pp. 147–161.
- Banxico. Balanza de pagos de México (varios años).
- Blackman, A. y J. Bannister (1998). “Community pressure and clean technology in the informal sector: an econometric analysis of the adoption of propane by traditional mexican brick makers” en *Journal of environmental economics and management*, núm. 35 pp. 1–21.
- Capdevielle, M. (2003). “Composición tecnológica de la industria manufacturera mexicana” en Aboites, J. y G. Dutrénit (coords.), *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*, México: M. A. Porrúa.
- Carraro, C. y D. Siniscalco (1994). “Environmental policy reconsidered: the role of technology innovation” en *European Economic Review*, núm. 38 pp. 545–555.
- CCI-UNCTAD (1997). *Ingeniería ecológica y servicios de apoyo: manual para exportadores de países en desarrollo*, Ginebra.
- CONACYT (2003). *Informe general del estado de la ciencia y la tecnología*, México: CONACYT.
- Constantino, R. (2002). “La política ambiental y de los recursos naturales en la transición mexicana desde el enfoque de la economía institucional” en Novelo, F., *La política económica y social en la alternancia. Revisión crítica*, México: M. A. Porrúa.
- y C. Muñoz (2003). “Bienes y servicios ambientales en México: caracterización preliminar y sinergias entre protección ambiental, desarrollo de mercado y estrategia comercial”, *Serie documentos de trabajo*, CEPAL, México.

- Dasgupta, S., H. Hettige y D. Wheeler (1997). *What improves environmental performance? Evidence from mexican industry*, USA: DRG, World Bank.
- , R. Lucas y D. Wheeler (1998). *Small plants, pollution and poverty: the evidence from Brazil and Mexico*, USA: DECGP, World Bank.
- Domínguez, L. (2003). “Necesidades de bienes y servicios ambientales en las micro y pequeñas empresas: el caso mexicano”, *Serie medio ambiente y desarrollo*, núm. 61, CEPAL, Chile.
- Duchin, F. (1998). *Structural economics. Measuring change in technology, lifestyles and the environment*, USA: UNU, Island press.
- Freeman, C. y L. Soete. (2000). *The economics of industrial innovation*, USA: MIT Press.
- García, H. (2002). “La evolución manufacturera y las tecnologías ambientales en la industria maquiladora electrónica de Tijuana” en *Comercio Exterior*, vol. 52, núm. 2, México, pp. 198–207.
- Helpman, E. (1998). *General purpose technologies and economic growth*, USA: MIT Press.
- Huber, R., J. Ruitenbeek y R. Seroa da Motta. (1998). “Market based instruments for environmental policymaking in Latin America and the Caribbean. Lessons from eleven countries”, *Discussion paper*, num. 381, World Bank, USA.
- INEGI, *Encuesta industrial anual* (varios años), México.
- INEGIB, *Sistema de cuentas nacionales* (varios años), México.
- Islas–Camargo, A. (2002). “Industria sucia: patrones de cambio y crecimiento en los países en desarrollo” en *Comercio Exterior*, vol. 52, núm. 1, México, pp. 130–141.
- Jaffe, A., R. Newell y R. Stavins (2000). “Technological change and the environment”, *NBER Working paper*, num. 7970, USA.
- Marinova, D. y M. Mc Aleer (2003). “Environmental technology strengths: international rankings based on U.S. patent data” *CIRJE Working paper*, F–204, Japan.
- Medhurst, J. (1994). “Environmental costs and industry competitiveness” en *OECD, Environmental policies and industrial competitiveness*, Paris.
- Miller, N., L. Snyder y R. Stavins (2003). “The effects of environmental regulation on technology diffusion: the case of chlorine manufacturing”, *Regulatory policy program RPP WP 2003–02*, JFK, Harvard, USA.
- Montalvo, C. (2002). *Environmental policy and technological innovation. Why do firms adopts or rejects new technologies?* UK: Edward Elgar.
- Muñoz, C. y R. Constantino (2004). *Mercados inducidos: algunas definiciones y variables relevantes para el estudio de los bienes y servicios ambientales en México*, México: Departamento de Producción Económica, UAM–Xochimilco.

- Nicolaisen, J. y P. Hoeller (1990). "Economics and the environment: a survey of issues and policy options", OECD, *Working paper*, 82, France.
- North, D.C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*, U.S.A.: Cambridge University Press.
- OECD (2000). "Environmental goods and services. An assessment of the environmental, economic and development benefits of further global trade liberalization", *Unclassified paper*, Paris.
- (2002). *Technology policy and the environment*, Paris.
- Popp, D. (2003). "Lessons from patents: using patents to measure technological change in environmental models", NBER *Working paper*, num. 9978, U.S.A.
- RICYT (2002). *El estado de la ciencia. Principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos e interamericanos*, Argentina: Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología.
- Stern, T. (1990). "Energy, efficiency and capital embodied technical change: the case of Mexican cement manufacturing" en *The Energy Journal*, núm. 11, pp. 155–167.
- Vaughan, S. (2003). "Trade preferences and environmental goods" in *Trade, equity and development* (5): 1 –7, Carnegie Endowment for International Peace, USA.