

El ambiente en la dinámica del desarrollo

Alexis Mercado y Karenia Córdova
Centro de Estudios del Desarrollo CENDES-UCV

El documento que aquí se presenta es una síntesis del capítulo 2 del libro *Tecnología y ambiente. El desafío competitivo de la industria química y petroquímica venezolana*, Alexis Mercado y Pablo Testa (coordinadores), Fundación Polar / CENDES-UCV. Caracas, 2001, 374 pp.

*This document posts a summary of Chapter 2 from the book *Technology and Environment. A competitive challenge for chemical and petrochemical Venezuelan industry*. Alexis Mercado y Pablo Testa (coordinators) Fundación Polar / CENDES-UCV. Caracas, 2001. 374 pp.*

El deterioro del ambiente como consecuencia de un modelo de industrialización basado en el uso intensivo de materiales y energía, consolidado y en continuo crecimiento desde finales de la segunda guerra mundial con su secuela de contaminación en diferentes regiones del planeta y la posibilidad real del agotamiento de los recursos, captó la atención de diferentes grupos sociales, especialmente intelectuales y científicos durante la década de los sesenta.

Surgieron así diversos estudios destinados a mostrar las inconveniencias de los modelos de producción imperantes, entre ellos quizás el de mayor impacto fue *Los límites del crecimiento* (Meadows et al., 1972). Se estimaba que al ritmo exponencial al que se venían consumiendo los recursos, éstos se agotarían en un plazo no mayor de 50 años y la contaminación generada, producto de esa explotación, tendría consecuencias devastadoras sobre todos los seres vivos.

En consecuencia, durante los años sesenta se comienzan a dictar las primeras regulaciones tendientes a mitigar el impacto de la actividad industrial sobre el ambiente y a principios de los setenta surgirán las primeras entidades públicas destinadas a evaluar el impacto de la tecnología y establecer normas más precisas para la legislación ambiental. Se pretendía, antes que nada, crear el marco institucional que obligaría a las diferentes industrias a disminuir las emisiones de contaminantes resultantes de sus actividades para aminorar el impacto sobre el ambiente. Esto demandaba, ante todo, una cabal comprensión del problema, tanto desde el punto de vista científico-técnico como del industrial e incluso del social: había que determinar de forma precisa la multiplicidad de impactos que sobre la salud de los seres vivos y los medios naturales generaba una creciente y diversificada estructura productiva esparcida, aunque de manera desigual, a escala global.

La evolución en el tratamiento del problema del impacto ambiental

Las transformaciones acontecidas durante los últimos años en la organización de la producción o, de forma más general, en la cultura sociotécnica, pueden resultar tanto o más importantes que el proceso de incorporación de tecnologías de control o la sustitución de tecnologías de producción.

Los primeros antecedentes relacionados con la resolución de problemas de saneamiento ambiental se ubican en Europa durante el siglo XVIII. En un principio se perseguía el desplazamiento de los agentes patogénicos contaminantes contenidos en las aguas servidas domésticas de los crecientes centros urbanos para lo cual se desarrolló toda una red que permitía que los desechos fuesen vertidos sobre las corrientes de aguas existentes en los centros urbanos (torreteras, quebradas y ríos) para que éstas los desplazaran hacia ríos, mares y lagos (cf. Schramm, 1995). Sin embargo, estas infraestructuras de drenajes dentro

de lo que hoy se conoce como perímetros urbanos también fueron aprovechadas por las fábricas para verter sus desechos con lo cual, rápidamente, las corrientes de agua y los reservorios comenzaron a mostrar niveles preocupantes de contaminación, con el agravante de que muchos de ellos eran fuentes de abastecimiento de las propias ciudades. En consecuencia, el problema de contaminación urbana se revertía nuevamente hacia ellas.

En los inicios del siglo XX se comenzó a pensar en el desarrollo de técnicas de tratamiento de las aguas servidas urbanas e industriales al tiempo que se comenzaba a tomar conciencia de que las actividades humanas generaban un impacto importante sobre el ambiente y, por ende, sobre el propio ser humano. Pero preocupaba no sólo la contaminación de las aguas sino también la acumulación de gases y partículas suspendidas en el aire a lo largo de grandes períodos de la historia –desde la quema de leña para calefacción en la prehistoria hasta la utilización de la máquina de vapor en la revolución industrial, pasando por el desarrollo del motor de combustión interna, que coadyuvó a la conformación de una matriz energética en torno al consumo de combustibles fósiles debido a la evolución del transporte basado en este mecanismo–, así como el derrame de sustancias peligrosas producto de la disposición directa de desechos tóxicos, de especial gravedad con el surgimiento de nuevos sectores productivos y de servicios (química, electricidad, automotor, resinas sintéticas, entre otros) a partir de la segunda revolución industrial, completó un mapa general de lesión severa al ambiente.

Hasta la década de los sesenta los problemas de contaminación no parecieron plantear mayores conflictos de carácter ético a las industrias y a la comunidad científica. Una opinión expresada en el comienzo de uno de los capítulos del libro de Morrison y Boyd de química orgánica (Morrison y Boyd, 1973), uno de los textos universitarios clásicos de esta disciplina en los años sesenta y setenta del siglo XX, expresa claramente esa fe desmedida en las soluciones científico-tecnológicas al problema de la contaminación: “El ingenio que ha sido capaz de producir estas sustancias (los polímeros sintéticos), seguramente lo será para desarrollar medios capaces de eliminar los desperdicios que ellos crean: *el problema no es tecnológico sino sociológico y, en último término, político*” (subrayado en el original).

Pero diversos episodios de daños severos producidos tanto a la salud humana como al ambiente en diferentes lugares del mundo, bien por acción de los productos o por sus desechos, pusieron en tela de juicio las posibilidades exclusivamente técnicas para la resolución de estos graves problemas de impacto sobre la salud y el ambiente. Comenzaron a surgir entonces alertas por parte de nuevos movimientos políticos y sociales, sobre todo durante la década de los sesenta, que tuvieron como soporte un conjunto de estudios que utilizaron métodos de proyección y extrapolación de tendencias para demostrar la imposibilidad de mantener los ritmos de consumo de los recursos y de generación de desechos e, incluso, la viabilidad misma de la vida en el planeta.

Evolución de la legislación ambiental

La toma de conciencia con relación a los agudos problemas de la contaminación, llevó a algunos Estados a tomar cartas en el asunto. Es así como a finales de la década de los cincuenta comienzan a dictarse algunas normativas específicas sobre emisiones y desechos, y durante los sesenta se comienzan a promulgar las primeras legislaciones integrales del ambiente (tabla 1). Los instrumentos iniciales, de carácter normativo, se orientaban

a establecer los criterios de control de la generación de agentes contaminantes (niveles máximos de emisiones). Al ser integrados dentro de legislaciones más amplias, comenzaron a tener una repercusión más profunda sobre la actividad industrial y económica.

La conformación de un marco socioinstitucional de regulación

La creación de la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA) en el año 1970 y la Oficina de Evaluación de Tecnologías (Office of Technology Assessment, OTA) en 1972 en Estados Unidos constituyen hitos importantes, pues estas dos instituciones realizaron buena parte de los estudios iniciales sobre evaluación de tecnologías y estimación de riesgos que permitieron el desarrollo de los primeros instrumentos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), una herramienta fundamental para el análisis del impacto de las actividades productivas sobre el ambiente y las medidas para mitigarlo.

A su vez, estos organismos se constituyeron en modelos institucionales para la creación de agencias ambientales y de evaluación de tecnologías en Europa, tanto de carácter nacional como comunitario (Medina, 1994), y para la creación de algunas instancias gubernamentales en Latinoamérica.

La regulación y la mejora tecnológica

Un rápido análisis de la evolución de los niveles máximos permitidos de sustancias expelidas a la atmósfera, contenidas en la regulación federal de Estados Unidos permite inferir que la regulación fue la responsable inicial de un proceso de aprendizaje amplio que incluyó desde conocer los efectos de la contaminación sobre el medio y los seres vivos, hasta el desarrollo de técnicas de disminución de impacto de la actividad industrial y remediación de medios contaminados (plantas de tratamiento, equipamiento para manejo de residuos, métodos de disposición, etc.).

Ahora bien, las disposiciones establecidas en la regulación fueron evolucionando y tornándose más estrictas en el tiempo, a la par que el andamiaje de políticas públicas con relación al ambiente también fue evolucionando e incorporando de manera progresiva elementos que iban más allá de la regulación. De esta forma se fue constituyendo la base de conocimiento que permitiría a diferentes sectores industriales la exploración de trayectorias tecnológicas ambientalmente compatibles.

Tabla 1
Creación de las primeras legislaciones ambientales

Legislación	País	Año
Basic Law for Environmental Pollution Control	Japón	1967
The National Environmental Policy Act	Estados Unidos	1969
Ley Orgánica del Ambiente	Venezuela	1976
Environment Preservation Act	Corea	1976
Varias leyes	Alemania	1977

El aprendizaje socioinstitucional

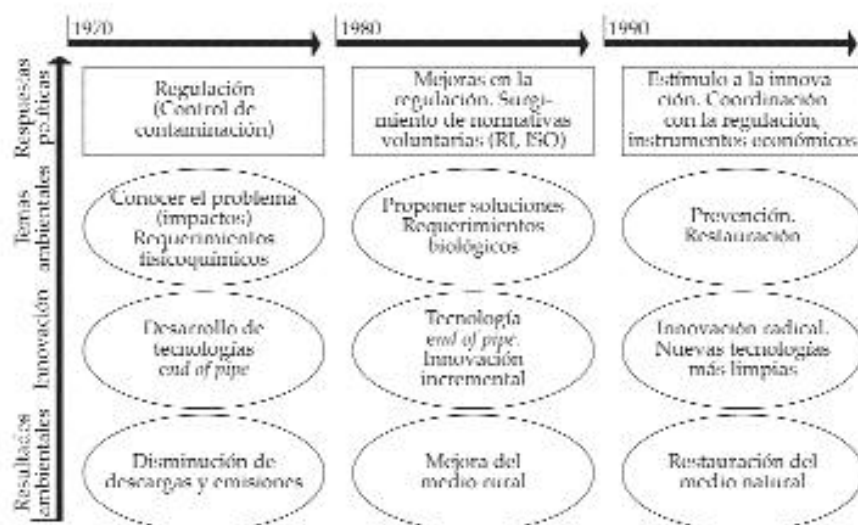
Como muestra del complejo proceso de aprendizaje socioinstitucional, en la figura 1 se condensan los diferentes elementos desde el punto de vista de la política en torno al tema ambiental, los rasgos fundamentales de la innovación tecnológica y los resultados ambientales específicos observados en el período que va desde la instauración de las prácticas de regulación, al inicio de los años setenta, hasta la década de los noventa.

En la primera etapa, desde inicios de los setenta hasta mediados de los ochenta, la formulación de políticas se caracterizó por el desarrollo de instrumentos de regulación básicamente orientados al control de la contaminación. Esto implicó definir los niveles máximos de descargas de diferentes compuestos contaminantes, fundamentalmente líquidos y gaseosos. Desde el punto de vista de los requerimientos ambientales, las necesidades consistían básicamente en conocer el problema: determinar los tipos de impactos que generaba la descarga de compuestos químicos sobre el medio y las cantidades que éste podía soportar. Esto estimuló la investigación académica, impulsando nuevas líneas de investigación y, en consecuencia, nuevos aprendizajes. La respuesta en cuanto a la innovación tecnológica fue el creciente desarrollo de tecnologías *end of pipe*. Puede decirse que la búsqueda de soluciones a los problemas de impacto ambiental consolidó el desarrollo de una nueva área tecnológica vinculada a la ingeniería y a la industria de bienes de capital.

Sin embargo, cabría preguntar: ¿qué resultados específicos tuvo esto desde el punto de vista de las mejoras ambientales? En primer lugar, se creó conciencia en las empresas acerca de la obligatoriedad de disminuir las descargas y emisiones al medio. El control de las mismas contribuyó a una disminución del ritmo de afectación del ambiente pero no puede decirse que en esta etapa hubo mejoras sustanciales o una recuperación importante de los medios afectados¹.

La segunda etapa, desde mediados de los ochenta hasta inicios de los noventa, estuvo profundamente influenciada por los temas ambientales globales: el debilitamiento de la capa de ozono a mediados de los ochenta, la lluvia ácida y los cambios climáticos originados por la contaminación incrementaron las presiones para tornar más estrictas

Figura 1
Evolución de la legislación, actividad innovadora asociada y resultados ambientales



Fuente: elaboración propia, a partir de datos de OCDE, 1999.

ta la regulación y ampliar su cobertura. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, estableció el acuerdo para "lograr una estabilización de los gases invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático" (OSSPP-ODEPRI, 1992). Esto implicó la adquisición de compromisos en el ámbito de las esferas gubernamentales y, como nunca antes, el problema pasó a ser parte de la agenda de política de los Estados, difundiéndose información en amplios sectores del público.

Desde el punto de vista de la política, esta etapa se caracterizó por un incremento de los niveles de exigencia en cuanto a disminución de descargas y emisiones, pero también por el surgimiento de las normativas de adscripción voluntaria en calidad y ambiente, algunas de ellas en el seno de las industrias mismas. Desde el punto de vista institucional, esto significó un aumento de la relevancia social de los organismos de regulación, además de la incorporación de nuevos actores –organizaciones no gubernamentales y asociaciones empresariales– con importantes roles a desempeñar en materia ambiental. Desde el punto de vista de los requerimientos ambientales, se avanza en la estimación de los efectos de la contaminación sobre la salud de los seres vivos (bioacumulación de sustancias tóxicas en los organismos y la persistencia de sustancias tóxicas en el medio) y en el análisis de la capacidad de restauración del medio.

La irrupción de las tecnologías de la microelectrónica y la información posibilitó la introducción de controles de procesos más eficientes para responder, de manera efectiva, al incremento de exigencias de la regulación y se avanzó de manera importante en el desarrollo de técnicas de remediación de los medios contaminados.

La tercera etapa, desde mediados de los noventa hasta la actualidad, se caracteriza por la difusión a escala global de las normativas de adscripción voluntaria en ambiente: Responsabilidad Integral, normas ISO de ambiente (14000) y social-ambiental (19000). Esto comienza a generar cambios socioinstitucionales importantes pues, en adelante, no se debe trabajar en función exclusiva de la regulación, sino comenzar a manejar otras directrices, exigencias de industrias, consumidores, usuarios y otros grupos sociales para impulsar cambios operacionales orientados de manera explícita a la mejora ambiental.

Desde el punto de vista de la política pública se comienza a hablar del estímulo a la prevención de la contaminación y se le da mayor énfasis a la restauración de los medios contaminados. Los nuevos instrumentos de política consideran el estímulo directo a la innovación tecnológica orientada a la mejora ambiental. Adicionalmente, desde la economía se vienen desarrollando instrumentos de mercado (incentivos y penalizaciones) para intentar modificar el comportamiento de los entes contaminantes (Otero, 1998).

Desde la perspectiva de la innovación se trata ahora de desarrollar tecnologías capaces de generar impactos ambientales cada vez menores. Esto plantea procesos de sustitución muy importantes, el desarrollo y la introducción de innovaciones radicales que puedan transformar los procesos productivos y los productos para minimizar el impacto ambiental, lo cual ha dado pie al desarrollo del concepto de "tecnologías limpias", es decir, al desarrollo de productos y procesos que, desde su concepción misma, prevengan la contaminación, tomando en cuenta el ciclo de vida de los productos, concepto que tiene implicaciones muy importantes en términos productivos, pues plantea la imposibilidad de considerar el desempeño ambiental de un producto y/o proceso de manera aislada. De esta forma, se deben analizar las implicaciones ambientales de toda la cadena productiva: desde la generación de las materias primas, pasando por la elaboración de los productos y su uso, hasta la disposición final de los residuos. En esta perspectiva puede

indicarse que el desarrollo de tecnologías limpias está determinando una disminución progresiva de la importancia relativa de las tecnologías de control y mitigación de la contaminación (*end of pipe*).

En cuanto a resultados ambientales, adquiere mayor relevancia la prevención de la contaminación, el desarrollo de técnicas más eficientes de control y el avance en las técnicas de restauración de algunos medios naturales (biorremediación), procesos que han tendido a mejorar la situación de algunos medios específicos en algunos países desarrollados.

Ahora bien, la persistencia y, en algunos casos, el agravamiento de los problemas ambientales globales, evidencian que más allá del establecimiento de regulaciones sofisticadas, la suscripción de acuerdos voluntarios y/o la adopción de instrumentos económicos, los esfuerzos resultarán poco efectivos si no se avanza en la transformación del modelo de desarrollo económico imperante, a todas luces no sustentable.

La evolución de la tecnología ambiental como proceso de construcción social

La evolución de las tecnologías ambientales en los últimos treinta años ha implicado diversidad de procesos de desarrollo y aprendizaje tecnológico. Por esta razón no resulta apropiado pensar que haya habido la imposición y estabilización de una única solución tecnológica, ni siquiera la identificación de un único problema. En consecuencia, este problema puede ser enfocado desde la perspectiva de la evolución de los grandes sistemas tecnológicos: un sistema tecnológico está compuesto por instrumentos físicos, organizaciones (firmas de manufactura, compañías de servicio e instituciones financieras, entre otras), conocimiento científico en sus diversas formas y también instrumentos legislativos tales como la regulación (Hughes, 1987).

Los problemas que se presentan en los sistemas tecnológicos tienden a resolverse usando los medios más apropiados que estén a su disposición. Esto para ayudar a explicar el tipo de soluciones tecnológicas que se desarrollaron y adoptaron en un principio en materia ambiental, sin embargo, algunas experiencias demuestran que la búsqueda de solución de un problema puede originar el surgimiento de un nuevo sistema tecnológico como solución (*ibidem*). Lo anterior de alguna manera describiría el proceso de evolución de la tecnología ambiental desde la concepción de remediación hacia la de prevención de la contaminación.

Las posibles soluciones tecnológicas giraban en torno al sistema tecnológico imperante, bien fuera a partir de un cuestionamiento del mismo, bien fuera buscando soluciones posibles en su interior. Se identifican en ese momento tres tipos de soluciones en torno al problema (figura 2).

La primera fue el desarrollo de tecnologías de remediación, la cual respondió, en lo fundamental, al marco regulatorio: proponía, básicamente, complementar los procesos productivos existentes para aminorar la generación de desechos y emisiones. Su implantación implicaba hacer más complejas las actividades productivas y un incremento de los costos de producción; se adaptaba bien a la infraestructura del sistema tecnológico imperante.

La segunda solución cuestionaba seriamente el complejo aparato industrial existente, proponiendo el desarrollo de formas de producción alternativas, de pequeñas escalas de producción que pudieran integrarse de manera más armónica con el medio y el

hombre. Los grupos sociales alrededor de esta proposición provenían de algunos ámbitos científicos e intelectuales, con poca incidencia en la estructura económica imperante.

La tercera opción, una perspectiva intermedia entre las dos anteriores, proponía la necesidad de desarrollar tecnologías de producción, transporte y, sobre todo, de generación de energía menos contaminante, pero manteniéndose en la concepción del sistema tecnológico imperante. Sin embargo, la viabilidad de estas proposiciones estaba fuertemente limitada, pues no existían bases de conocimiento técnico para su rápida implantación y, desde el punto de vista económico, eran poco viables².

El grosor de las líneas que unen las soluciones al problema en la figura 2 indica el peso y la aceptación que tuvieron las diferentes soluciones tecnológicas. En ese momento se impusieron las soluciones de remediación pues, a pesar de incrementar la complejidad tecnológica de los procesos, suponían el mantenimiento de la estructura industrial existente. La implantación de alguna de las otras soluciones planteaba una sustitución amplia de los procesos productivos, lo cual determinaba una modificación radical del sistema tecnológico existente.

La fase de estabilización de esta solución tecnológica se caracterizó por una intensificación de los procesos de innovación tecnológica concentrados fundamentalmente en torno a la remediación. Su imposición definiría la evolución del sistema tecnológico al menos en los quince años subsiguientes.

Pero la imposición de las soluciones de remediación definía el papel de los actores en el desarrollo de las innovaciones necesarias para avanzar en el control de la contaminación (figura 3). El grosor de las líneas señala, esta vez, el grado de influencia de los actores sobre la solución prevaleciente. Como puede apreciarse, correspondió a la

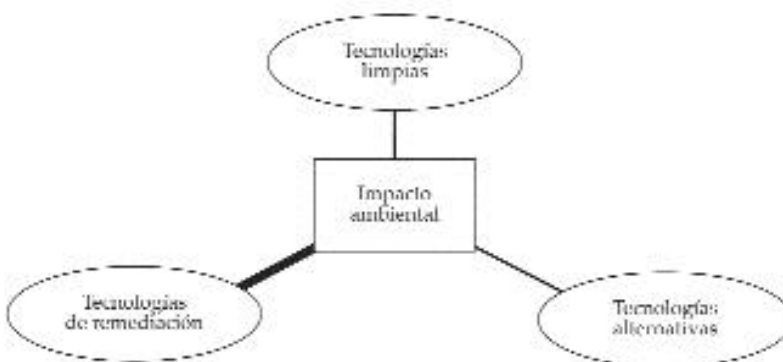


Figura 2
Relación entre el problema y sus posibles soluciones tecnológicas (década de los setenta)

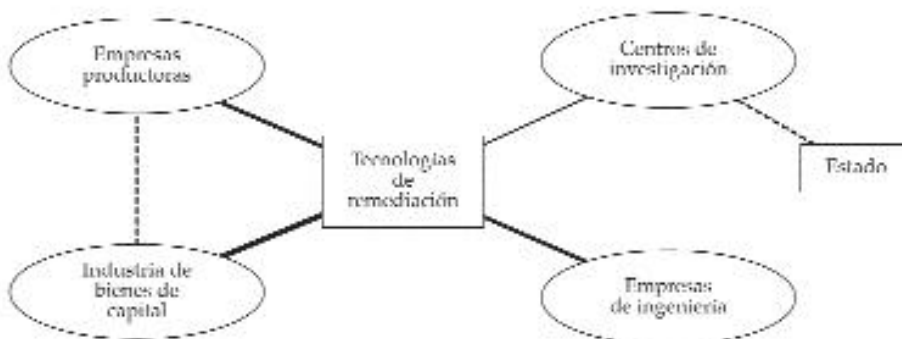


Figura 3
Relación entre los actores y la solución tecnológica (década de los setenta)

Fuente: elaboración propia.

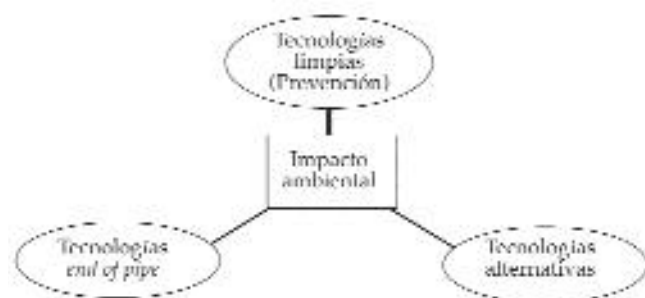
industria de bienes de capital el papel fundamental, pues era la principal responsable del desarrollo del equipamiento para tratamiento y disposición, mientras los demás actores desempeñaban un papel menos importante que el de las empresas de bienes de capital. Las propias empresas productoras, incluso, no eran responsables directas de las actividades de desarrollo tecnológico en este tipo de soluciones. Las relaciones más estrechas se establecían básicamente entre el proveedor de los bienes de capital y la empresa productora a través de las especificaciones de esta última para el suministro de plantas de tratamiento de efluentes, chimeneas, trampas de gases, etc. En segundo lugar de importancia se ubicaban las empresas de ingeniería pues, a medida que se desarrollaban las técnicas de tratamiento, la necesidad de acoplarlas al proceso productivo demandaba que éstas fueran consideradas en los diseños generales de las nuevas plantas industriales. Por su parte, el Estado asumía un papel rector en la definición de la regulación concentrando sus esfuerzos en la fijación de los estándares pero no tenía participación en el estímulo a la búsqueda de soluciones al problema, más allá de su tradicional vínculo directo con los centros de investigación a través del financiamiento de los programas de investigación.

El creciente conocimiento de los temas ambientales permitió una mejor caracterización de los problemas globales durante la década de los ochenta. Diversas disciplinas científicas y técnicas incorporaron la materia ambiental como uno de los ejes centrales de su agenda, y diversos hallazgos revelaban con mayor precisión el continuo deterioro del ambiente. Esto llevó a que se encendieran con más fuerza las alarmas ambientales, esta vez accionadas por actores con mayor poder de presión y decisión (prueba de ello son las posiciones proambientalistas de Al Gore, exvicepresidente de Estados Unidos); también las empresas empezaban a tomar iniciativas propias para abocarse al problema. Estos factores, aunados a la consolidación del acervo de conocimiento en materia ambiental, van a redefinir el "peso" de las soluciones a los problemas de impacto ambiental y, en consecuencia, el papel de los actores (figura 4).

La creciente complejidad de los factores plantea una nueva redefinición del papel de los grupos sociales relevantes e, incluso, la incorporación de nuevos actores (figura 5). En esta nueva etapa todos los actores tienden a desempeñar un papel de importancia y la propia firma adquiere la mayor responsabilidad en la solución del problema (la línea que le une a la solución se torna más gruesa), pues a través del desarrollo y la incorporación continua de innovaciones, tanto tecnológicas como organizacionales, debe avanzar en la prevención de la contaminación. También los centros de investigación y el surgimiento de empresas de consultoría ambiental son elementos destacables de esta etapa.

Figura 4
Relación entre el problema y sus posibles
soluciones tecnológicas (década de los noventa)

Fuente: elaboración propia.



Las tendencias de la política ambiental y su influencia sobre la innovación

En materia de política ambiental se han experimentado importantes avances en los últimos treinta años, evolucionando desde un perfil estrictamente regulatorio a un perfil más integral que considera la instrumentación y coordinación de estas prácticas con las prácticas de estímulo a la innovación y la prevención de la contaminación.

No obstante, la política ambiental continúa manteniendo un marcado perfil regulatorio, ya que la experiencia demuestra que ante la ausencia de controles la actividad económica tiende a desarrollar prácticas no sustentables que incrementan significativamente la contaminación (OCDE, 1999). Por esta razón, en algunos países desarrollados se vienen revisando los ámbitos de actuación del Estado con la finalidad de instrumentar mecanismos más eficientes de intervención en la materia.

Los incentivos económicos, por su parte, constituyen una tendencia creciente en el ámbito de la gestión ambiental. Desde la aplicación de impuestos a la contaminación a finales de los setenta, se ha venido desarrollando un conjunto de instrumentos que vinculan la atención del problema al desempeño competitivo de la firma. No obstante, este elemento debe ser manejado con sumo cuidado, sobre todo en países donde el marco regulatorio suele ser muy débil pues los imperativos económicos pueden presionar para tornar más laxas las regulaciones y, a medida que la empresa conciba que pueda negociar límites máximos de contaminación, puede verse poco incentivada a la búsqueda de soluciones más efectivas de prevención.

La protección al ambiente y su influencia en la competitividad industrial

Hoy se perfilan dos claras tendencias innovadoras con relación al problema ambiental: la introducción de tecnologías de control de la contaminación y de mejoras continuas destinadas a minimizar el impacto ambiental de los procesos, y el desarrollo de productos y procesos que generen menor impacto ambiental.

Dentro del segundo tipo de orientación de la actividad innovadora es donde se amplían las posibilidades de introducir mejoras, sin embargo, las empresas deben desarrollar un proceso de aprendizaje tecnológico y organizacional sostenido y procurar constantemente la búsqueda de mejoras ambientales.

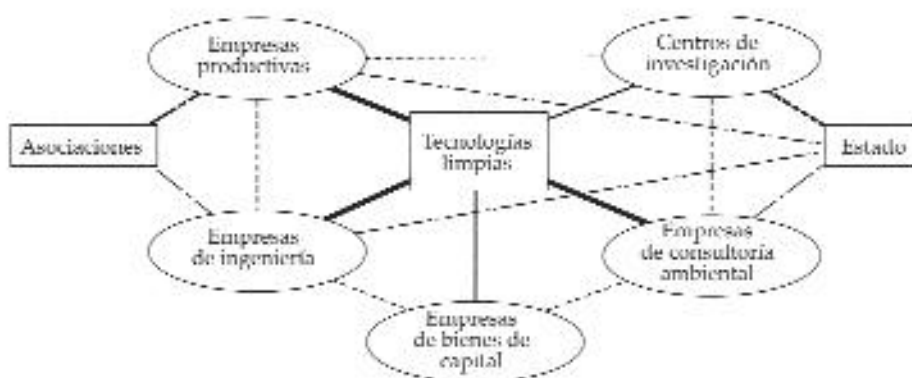


Figura 5
Relación entre los actores
y la solución tecnológica
(década de los noventa)

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 2, Porter y Van der Linde (1995) logran identificar las mejoras que redundan en un incremento en la productividad de los recursos, sin embargo, el hecho de que aún prevalezca una visión de lo ambiental no como inversión sino como gasto, ha llevado a un cuestionamiento de la legislación ambiental.

Uno de los principales argumentos de la posición conservadora a favor de la desregulación es que desde que se comenzó a implantar la legislación, a principios de los años setenta, las empresas en Estados Unidos han realizado inversiones que en la actualidad llegan a constituir 2,1% del producto industrial, estimándose que alcance 2,6% del PIB para los primeros años del siglo XXI (Jaffe et al., 1995).

Este argumento gana una favorable opinión del público estadounidense cuando se compara la competitividad de la industria americana frente a países en los que la inversión en protección al ambiente es pequeña y hasta nula. Las frecuentes quejas con relación a países como China e India han llevado incluso a la aparición de un nuevo término en la jerga de la competitividad: el "dumping ecológico". Se afirma, con alguna razón, que las empresas de estos países no incurren en los costos de tecnologías de remediación para cumplir con los estándares de regulación como deben hacerlo las compañías norteamericanas, razón por la cual los productos de estas últimas pierden competitividad en el ámbito internacional. Pero tal justificación pierde fuerza cuando se comparan las inversiones en control y prevención ambiental de Estados Unidos con las inversiones crecientes que vienen realizando algunos países europeos. Resulta notable el caso de Alemania, donde la inversión en esta área muestra una tendencia por encima de la observada en Estados Unidos. En consecuencia, algunos sostienen que éste es un planteamiento superficial que no va al fondo del asunto de la competitividad³.

En contraposición a esta visión conservadora, existen opiniones calificadas como la de Porter y Van der Linde (1995) cuya principal crítica a esa posición es que tanto los encargados de diseñar política como los líderes empresariales y los ambientalistas han centrado su discusión en torno al análisis de los impactos sobre los costos estáticos de la regulación ambiental, soslayando la importancia de los beneficios de productividad que pueden derivar de la innovación tecnológica en este campo.

Tabla 2

Mejoras ambientales que pueden incrementar la productividad de los recursos

Incrementos de productividad en los procesos

Ahorros en materiales como resultado de un proceso de sustitución, reuso o reciclaje de insumos productivos.

Incremento en la eficiencia de los procesos.

Disminución de tiempos muertos como resultado de monitoreos más cuidadosos.

Conversión de desechos en insumos utilizables.

Menor consumo de energía durante el proceso de producción.

Reducción de inventarios y costos de manejo.

Eliminación o reducción de costos provenientes de actividades de descarga, manejo, transporte y deposición de residuos.

Incrementos en los productos

Mayor calidad y productos con mejor desempeño.

Productos con menores costos, tanto para la empresa como para los consumidores.

Bajos costos de embalaje.

Productos seguros.

Menos costos de disposición al final del ciclo de vida.

Fuente: Porter y Van der Linde, 1995.

En efecto, estos autores analizan casos en diversos sectores industriales en los que se demuestran que los cambios adelantados para aminorar o abatir la contaminación dieron como resultado ahorros o incrementos en la productividad que superaban con creces las inversiones realizadas. Por otra parte, la introducción de innovaciones en esta área no sólo disminuyó dramáticamente el impacto ambiental y los costos, sino que tuvo, además, un efecto multiplicador sobre la actividad innovadora de otros sectores, incrementando la competitividad del complejo industrial en forma global (Mercado, 1997).

La creciente importancia de las normativas extralegales

Las disposiciones ambientales vigentes de la Organización Mundial de Comercio (OMC) establecen que los requerimientos ambientales no deben constituir barreras pararrancelarias más allá de lo establecido en las legislaciones nacionales sobre especificaciones de productos. No obstante, algunos países desarrollados vienen presionando para que los países en vías de desarrollo asuman mayor responsabilidad en la instrumentación de legislaciones ambientales y en las exigencias para su cumplimiento.

Este proceso se ve reforzado por la difusión de normativas de adscripción voluntaria, las cuales comienzan a ejercer restricciones en los mercados internacionales, a pesar de no tener carácter legal. No hay que olvidar que las mismas son producto de intereses e influencias de grupos de presión tales como consumidores, organizaciones no gubernamentales e incluso asociaciones empresariales. Esto implica la existencia de crecientes interdependencias entre los factores de carácter político, gremial y tecnológico en la orientación de la actividad tecnoproductiva.

Conclusiones

La evolución de la tecnología para la mitigación y prevención del impacto ambiental de las actividades industriales muestra el desplazamiento progresivo de la búsqueda de soluciones desde las prácticas de mitigación y remediación (comando y control) hacia la prevención de la contaminación y/o el desarrollo de tecnologías limpias, evidenciando profundas transformaciones en la estructura sociotécnica durante los últimos treinta años.

El proceso de formulación de políticas públicas en torno al ambiente ha desempeñado un papel clave en el proceso de aprendizaje de los diferentes actores en torno al problema. Las políticas de regulación constituyeron el gran elemento inductor de las prácticas de mitigación del impacto, con implicaciones sobre la actividad innovadora de carácter incremental. Mientras, las políticas de estímulo, de más reciente data, vienen impulsando el desarrollo de innovaciones mayores relacionadas con la concepción misma de los procesos productivos.

Por último, interesa mencionar la seria disyuntiva que se le plantea a los países en vías de desarrollo con relación a este problema, muchos de ellos transitando hasta ahora etapas incipientes de la regulación, y sobre todo del aprendizaje tecnoambiental basado en ésta. Se piensa que si no se adelantan políticas y estrategias proactivas y acertadas que estimulen el aprendizaje y la innovación, se podrá presenciar el incremento de la brecha tecnológica con relación a los países avanzados o, en el mejor de los casos, tendrán que resignarse a desempeñar, nuevamente, su papel de adquirentes de paquetes tecnológicos.

En ese sentido, parecen desarrollarse dos tendencias en el desarrollo de tecnologías ambientales en el ámbito internacional. Por una parte, el desarrollo de tecnologías de productos y procesos limpias, muy eficientes, que se están difundiendo ampliamente en las empresas de los países desarrollados, en respuesta a legislaciones rigurosas y altos estándares de consumo. Por otra, el desarrollo y comercialización de tecnologías ambientales de mitigación y remediación (*end of pipe*), para ser aplicadas mayoritariamente en la disminución de los impactos de las actividades industriales primarias o de primera transformación, que vienen creciendo de manera sustancial en los países en vías de desarrollo.

Notas

1 Hay que señalar que algunas importantes empresas, como BASF, habían desarrollado plantas de tratamiento antes de esta época (Koroschetz, 1999). Sin embargo, estas prácticas eran la excepción en el ámbito industrial.

2 Un claro ejemplo de ello fueron los esfuerzos para desarrollar megaproyectos para generar energía eólica bajo la premisa de sustituir el uso de combustibles fósiles. La caída de los precios del petróleo a inicios de los ochenta tornó inviable muchos de estos proyectos.

3 Se considera, entonces, que las causas de pérdida de competitividad de la industria manufacturera americana deben ser buscadas en otros factores. Esto lo comprendió desde un primer momento la administración demócrata, la cual impulsó una serie de políticas industriales de estímulo al desarrollo de tecnologías limpias.

Referencias Bibliográficas

- Hughes, T. 1987. The evolution of large technological Systems, en W. Bijker, T. Hughes, J. Pinch: *The Social Constructuion of Technological Systems*, MIT Press, Mass.
- Jaffe, A.; Peterson, S.; Portney, P.; Stavins, R. 1995. " Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What does the Evidence Tell Us?", *Journal of Economic Literature*, vol. XXXIII.
- Koroschetz, R. 1999. De la cultura ambiental alemana en Venezuela: el caso BASF. Tesis de Maestría en Política y Gestión de la Innovación Tecnológica, CENDES-UCV. Caracas.
- Meadows, D.; Meadows, L.; Randers, J.; Behrens, W. 1972. *Los límites del crecimiento*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Medina, M. 1994. Estudios de ciencia y tecnología para la evaluación de tecnologías y la política científica, en J. Sanmartín e I. Hronszky (eds.): *Superando fronteras. Estudios europeos de ciencia-tecnología-sociedad y evaluación de tecnologías*. Editorial Anthropos, Barcelona.
- Mercado, A. 1997. " Elementos para la evaluación y estímulo a la gestión ambiental en la industria venezolana", *Revista Espacios*, vol. 18, nº 2, pp. 25-54, Caracas.
- Morrison, R. y Boyd, R. 1973. *Química orgánica*. Fondo Educativo Interamericano. Boston, Mass.
- OCDE - Organización paara la Cooperación y el Desarrollo Económico (Organization for Economic Cooperation and Development, por sus siglas en inglés). 1999. *Environmental Requirements for Industrial Permitting*, vol. 2, Paris.
- OSSPP-ODEPRI. 1992. Resultados de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Mimeo. Caracas.
- Otero, I. 1998. " Mercado y ambiente", *Debates IESA*. Gerencia y Ambiente, vol 3, nº 4, Caracas.
- Porter, M. y Van der Linde, C. 1995. " Green and Competitive", *Harvard Business Review*, September-October.
- Schramm, E. 1995. " Saneamiento urbano e efluentes industriais na Alemanha", Seminario Tratamiento Efluentes Industriais. Bahia, Brasil.