

# Contaminación industrial en Colombia\*

---

*William B. O'Neil\*\**

*Martin Maurer*

*Doris Polanía*

## I. INTRODUCCION

Tradicionalmente, los teóricos del desarrollo económico han sostenido que los costos del control de la contaminación ambiental son mayores que los beneficios que generan durante las etapas iniciales de desarrollo de una sociedad. Algunos de ellos han llegado, incluso, a afirmar que el control de la contaminación es un lujo que sólo se justifica una vez un país haya logrado satisfacer las necesidades básicas de salud, nutrición y bienestar en general.

Recientemente, sin embargo, estas opiniones han ido cambiando. En primer lugar, los daños que ocasiona la contaminación pueden llegar a afectar

gravemente el proceso de desarrollo. Los efectos sobre la salud humana pueden originar grandes costos en términos de los gastos que se deben incurrir en tratamientos médicos y pérdida de productividad (Marulis 1991). Al mismo tiempo, la agricultura y otros sectores generadores de ingresos en las economías necesitan ser protegidos de la contaminación para asegurar que se mantengan productivos a medida que las sociedades crecen y progresan.

En segundo lugar, se ha hecho cada vez más evidente que la acumulación de toxinas en el ambiente causa daño en el largo plazo al ecosistema y se constituye en una amenaza a la salud humana. La reversión de este proceso, además, resulta muy costosa una vez ha ocurrido. Los Estados Unidos y Europa Oriental disponen de evidencia dramática en este aspecto, lo que ha llevado a muchos a sostener que la prevención de la contaminación tóxica habría sido menos costosa que la curación tardía de sus efectos en estas regiones del mundo.

Finalmente, la experiencia de economías más desarrolladas ha mostrado que los métodos de con-

---

\* Este artículo es un resumen de un trabajo más extenso con el mismo nombre financiado por el PNUD. La versión original es en inglés y la traducción es de FEDESARROLLO.

\*\* Los autores desean agradecer a Guillermo Perry, asesor del proyecto, por sus comentarios y sugerencias. Así mismo, a Eduardo Uribe y equipo del Departamento Nacional de Planeación por los comentarios a una versión anterior del estudio. También a Ernesto Sánchez y su equipo de colaboradores que adelantaron un trabajo paralelo de diagnóstico técnico sobre la contaminación industrial, de cuya información se hizo uso intensivo en este trabajo.

trol efectivos de la contaminación, en lo que se refiere a sus costos, debe basarse en el diseño apropiado de tecnologías de producción que incorporen la prevención de ésta, o lo que se ha llamado “tecnologías limpias”, y, además, en la ubicación de instalaciones industriales en lugares donde los riesgos ambientales sean mínimos.

Por estas razones, hemos sostenido, al igual que otros, que las estrategias para la protección ambiental deben ser diseñadas durante las primeras etapas del proceso de desarrollo de una economía moderna como parte integral de un plan económico de largo plazo. Así, se parte de la concepción que la protección del medio ambiente es una base del crecimiento económico, y no una de sus limitantes.

Este trabajo contiene cuatro secciones, la primera de las cuales es esta introducción. En la siguiente sección se revisan las características de diversas estrategias de control de contaminación ambiental. En la sección III se identifican los problemas más graves de contaminación industrial en Colombia, y se describe la estructura económica de las industrias que la originan. La sección final presenta algunas sugerencias sobre estrategias de control que podrían ser adoptadas en Colombia. Estas sugerencias incluyen tanto reformas institucionales generales como estrategias específicas de control que podrían ser introducidas en situaciones a nivel experimental.

## II. ESTRATEGIAS DE REGULACION DIRECTA EN COMPARACION CON INSTRUMENTOS DE TIPO ECONOMICO

La escogencia de una estrategia de control de la contaminación requiere de la consideración de factores económicos, administrativos y legales. Brevemente, estos aspectos incluyen: eficiencia (estática y dinámica), administración sencilla, principios legales acordes con las normas y con los acuerdos internacionales, y, además, deben evitar conducir a una distribución más inequitativa del ingreso.

Se dice que hay eficiencia estática cuando se emplean los recursos para alcanzar los mayores beneficios netos posibles de control a la contaminación. Un programa de “eficiencia completa” requeriría conocimiento sobre los costos marginales de controlar dicha contaminación al igual que sus beneficios marginales (o perjuicios que se evitan). El control óptimo de la contaminación igualaría el costo marginal y el beneficio marginal. Dado que los costos marginales son crecientes y los beneficios marginales decrecientes, la mayoría de los analistas concuerdan en afirmar que la meta de alcanzar un nivel de contaminación cero, normalmente no es eficiente. Sin embargo, ms allá de esa conclusión, es poco lo que puede decirse sobre eficiencia plena.

Existe una gran incertidumbre sobre la medición de emisiones de contaminación y sobre el transporte y distribución de sustancias contaminantes y sus efectos sobre el ambiente, los humanos y el ecosistema. Adicionalmente, el último paso, la evaluación del daño, es muy difícil. Hasta ahora, los efectos adversos de estar expuesto a la contaminación han sido cuantificados solo en forma aproximada y, en muchos casos, no se ha logrado una valoración de ellos en dinero.

Como resultado de lo anterior, en la práctica, los economistas frecuentemente tratan de alcanzar una meta de *eficiencia limitada*. Con este enfoque, se toma como dado un objetivo de calidad ambiental escogido políticamente, o se define un máximo nivel de emisiones agregadas y se diseña una estrategia para alcanzar dicho objetivo al menor costo posible.

Una segunda gran preocupación es que la estrategia debe inducir a una *eficiencia dinámica*. Las firmas deben ser reguladas de una manera flexible de tal forma que tengan libertad de escoger mecanismos de control efectivos en términos de costo, encontrar incentivos para realizar investigación y ser innovadoras en la adopción de mecanismos de control que sean cada vez más efectivos. En parti-

cular, deben buscar mejores formas de controlar la contaminación “al final del proceso”, al igual que adoptar cambios en las tecnologías de producción, la escogencia de insumos, el reciclaje de residuos y las características del producto, que reduzca el nivel de desechos en el interior mismo de las plantas de producción. Este último enfoque puede llamarse “prevención de la contaminación”.

Adicionalmente a la eficiencia económica, las estrategias de control deben ser administrativamente sencillas, consistentes con otros principios legales con los acuerdos internacionales y no deben ocasionar cambios en la distribución del ingreso que contribuyan a un mayor grado de desigualdad social. A continuación se describirán algunas de estas estrategias de control de la contaminación.

## **A. Estrategias de Regulación Directa**

La razón fundamental para utilizar estrategias de Regulación Directa es que las autoridades, o en general, las agencias reguladoras del medio ambiente, pueden estar razonablemente seguras de que se alcanzarán las reducciones deseadas en los niveles de contaminación. Por oposición, los instrumentos económicos crean presión sobre las fuentes emisoras, pero el grado de respuesta es difícil de predecir. Al mismo tiempo, los controles directos son más efectivos cuando las fuentes claramente definidas son pocas y se conoce la tecnología de control más apropiada. En estos casos, los requerimientos de información por parte del gobierno son menores y hay menos que ganar con la adopción de métodos indirectos. El aspecto negativo de las estrategias de regulación es que generalmente no son económicamente eficientes y tienen altos costos administrativos.

En las aplicaciones tradicionales de Regulación Directa el nivel de control se distribuye a lo largo de todas las fuentes de contaminación sin considerar las diferencias en los costos de control en las diferentes instalaciones. Como resultado se obtiene que, para cada objetivo ambiental dado, el

costo agregado del control es mayor al necesario. Se ha demostrado que los controles efectivos en términos de costo, que requieren el mayor esfuerzo de supresión en las fuentes con los costos de control más bajos, permiten ahorros en el costo agregado hasta del 30% en comparación con los enfoques tradicionales.

Adicionalmente, los costos de administración, información y transacción son altos. Las agencias reguladoras necesitan recolectar grandes cantidades de información sobre los detalles de los procesos industriales, tecnologías de control y condiciones económicas con el fin de diseñar promedios de control factibles. Frecuentemente, este enfoque de regulación directa conduce a situaciones en las cuales las industrias deben involucrarse en procesos legales con costos en términos de tiempo y dinero.

Finalmente, cuando es necesaria la aplicación de controles específicos, las empresas tienen poca libertad o incentivos para invertir en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que podrían reducir las emisiones a un costo menor, o incluso, evitar un daño mayor al medio ambiente. A continuación se describirán algunas de las características de las estrategias más utilizadas de Regulación Directa. Bajo éste enfoque, el gobierno obliga a la industria a limitar la cantidad de contaminación emitida por fuentes específicas. La Regulación Directa es aplicada en tres formas básicas: especificación tecnológica, promedios de emisiones físicas y controles al uso de la tierra y del agua.

### **1. Especificación tecnológica**

Se obliga a instalar los equipos industriales necesarios para controlar el grado de contaminación, o a utilizar insumos o procesos de producción con especificaciones que conduzcan a menores niveles de contaminación. Por ejemplo, puede requerirse instalar un generador de electricidad que encienda con carbón un precipitador electrostático que permita remover una materia, o

nube de partículas, por el conducto de eliminación de desechos. Esta estrategia de especificación de técnicas físicas es la menos flexible de todas puesto que deja poca libertad a la industria y reduce los incentivos para diseñar o adoptar técnicas más efectivas.

## **2. Niveles promedio de emisiones físicas**

Se emiten permisos a las instalaciones industriales en los que se especifica que pueden deshacerse de una cuantía limitada de un contaminante particular por período de tiempo, o de cierta cuantía por unidad de producción. Este enfoque da a la industria alguna flexibilidad e incentivo para desarrollar mejores técnicas de control si las mejoras resultan en un costo menor para la firma regulada. Por otra parte, las empresas pueden temer que el desarrollo de mejores técnicas induciría al gobierno a aplicar niveles promedio más estrictos.

Si los niveles promedio permitidos son expresados en términos de contaminación por unidad de producto, entonces no hay control sobre la cuantía agregada de contaminación, lo cual, de todas maneras, puede causar daño al ambiente con el tiempo. Por ejemplo, las regulaciones sobre las emisiones de los automóviles en los Estados Unidos restringen el nivel promedio de gramos de contaminante emitidos por milla recorrida y también, exigen que a cada carro se le instale un convertidor catalítico para reducir los escapes de combustible parcialmente quemado. Este tipo de regulación implica que a medida que el número de millas recorridas aumenta, igual lo hace la contaminación del aire. Así, a pesar del control estricto del cumplimiento de estas regulaciones en los Estados Unidos muchas áreas urbanas no logran las metas nacionales de calidad del aire ambiental implícitas en la legislación sobre el Aire Limpio (Clean Air Act).

## **3. Restricciones al uso de la tierra y el agua**

Las regiones geográficas son clasificadas o

“zonificadas” de tal forma que se permiten ciertas actividades en cada área. Por ejemplo, puede prohibirse la operación de empresas agrícolas e industriales en una zona de reabastecimiento de agua subterránea. Así mismo, puede limitarse la tala de árboles en zonas de alto potencial de erosión. Este tipo de estrategia se utiliza con frecuencia en casos en los que hay una baja capacidad asimilativa de ciertas sustancias o actividades contaminantes y el potencial de daño ecológico es grande. Bajo tales circunstancias, las autoridades desean asegurarse de la mejor forma posible que el daño no va a ocurrir. Para tal efecto, establecen restricciones claras y precisas en tales zonas geográficas.

## **B. Instrumentos Económicos**

Los incentivos económicos son estrategias indirectas que crean presión positiva o negativa sobre las firmas contaminadoras para que reduzcan el daño ambiental que causan. En ocasiones, su propósito es lograr que consideren la creación y el apoyo de mercados que, a su turno, producen tales presiones. Al permitir a las empresas alguna flexibilidad en la escogencia de técnicas de control, cualquier objetivo de contaminación agregado puede alcanzarse a un costo inferior que con controles directos. Además, las firmas responderán a los incentivos buscando técnicas de control más efectivas. Algunos de los instrumentos de este tipo más utilizados para regular la contaminación se describirán en los siguientes párrafos.

### **1. Tarifas a la “Emisión” de residuos**

Las tarifas se cobran a las fuentes industriales teniendo en cuenta la cantidad y calidad de contaminantes que arrojan. Frecuentemente, están justificadas legalmente, ya que debe considerarse como un pago que debe hacer dicha industria por el privilegio de utilizar un medio de propiedad pública (aire, tierra y agua), como recipiente de desecho, al arrojar los residuos no deseados.

Puede diseñarse un programa de multas para lograr objetivos agregados de residuos, calidad ambiental, ingresos, o para compensar el daño ocasionado por la contaminación. Las autoridades pueden estimar los daños de contaminación marginales y así determinar la tarifa a cobrar de tal manera que el resultado que se obtenga sea totalmente eficiente. Alternativamente, dado un objetivo de control, la tarifa puede estar basada en información sobre los costos de control marginal para alcanzar un resultado efectivo, en términos de costo. Como respuesta, cada firma debe escoger hasta dónde controlar su material de desecho, sabiendo que por cada unidad de contaminación que arroje al ambiente, deberá pagar un precio.

Cada planta reducirá los niveles de contaminación que produce mientras que el costo del control sea inferior a la multa. En equilibrio, cada planta regulará hasta el punto donde su costo marginal de control sea igual a esta multa. Por consiguiente, los costos marginales de todas las plantas deberán ser iguales y el objetivo de reducción agregada se logrará a un costo mínimo. Adicionalmente, puesto que la contaminación tiene un costo para las firmas, éstas invertirán en investigación y desarrollo con el objeto de descubrir y desarrollar métodos de control más baratos y tecnologías más limpias.

Las tarifas pueden variar según la región geográfica y el volumen de la descarga, dependiendo de la severidad local de los daños o la capacidad de asimilación del ambiente que la recibe. Este aspecto puede conducir a un problema adicional: hacer cumplir las disposiciones al respecto. Si existen diferentes fuentes de contaminación que afectan diferentes lugares en el ambiente, o si éstos ocasionan diferentes clases de daños, entonces las tarifas sobre las emisiones también tendrán que diferir según el lugar.

## **2. Cobros al usuario**

Estos cobros son pagos directos cuyo objetivo primordial es reembolsar al gobierno los costos de

proporcionar los servicios de recolección, tratamiento y eliminación de residuos, o por otros servicios tales como pruebas de laboratorio, vigilancia y emisión de permisos. El sistema de cobros al usuario es utilizado frecuentemente en la recolección y tratamiento de los residuos sólidos municipales, para residuos comerciales o peligrosos y para el descargue de aguas residuales en las instalaciones de tratamiento del alcantarillado municipal.

## **3. Tarifas a productos o a insumos contaminantes**

Son tarifas impuestas sobre bienes de primera necesidad que ocasionan contaminación bien sea en su manufactura o en su utilización. Los cobros de impuestos al producto y a los insumos, son métodos indirectos de fijar un precio al daño causado por la contaminación en los casos donde es difícil realizar un seguimiento directo. Por ejemplo, medir los residuos de un pesticida cuando éstos salen de las fincas en el agua de irrigación, no es viable. Entonces, en lugar de establecer una tarifa sobre lo que se arroja, puede ser más razonable cobrarla en el momento de compra del pesticida.

Las tarifas al producto pueden aplicarse frecuentemente aprovechando los sistemas existentes de impuesto a las ventas o al valor agregado, reduciendo así el trabajo administrativo. Los impuestos a la gasolina, diseñados en parte para reducir la contaminación del aire producida por los vehículos de motor, son uno de los ejemplos más comunes de este tipo de estrategia.

## **4. Permisos Negociables**

Bajo este sistema, la autoridad gubernamental determina el nivel aceptable de emisiones totales de un contaminante, calculado usualmente para una región geográfica específica, o para el volumen de este descargado en el agua, con base en un objetivo de calidad ambiental. El gobierno en-

tonces emite y distribuye un cierto número de permisos con los cuales autoriza arrojar dichas sustancias, y cuya suma equivale al nivel de emisión total propuesto en el objetivo. Al comienzo del programa, los permisos pueden ser subastados o distribuidos gratuitamente a los interesados. Así, el sistema puede ser utilizado para generar ingresos o no. Los permisos, una vez distribuidos, pueden ser transados (comprados y vendidos) entre los contaminadores en un mercado libre. La demanda y el precio del mercado de costos permisos depende del costo marginal del control de la contaminación entre las diversas fuentes. Cada contaminador procesará sus residuos siempre que el costo marginal del tratamiento sea menor que el costo de adquirir un permiso.

Con el sistema de permisos la efectividad en términos de costo y el incentivo para innovar son los mismos que con el sistema de tarifas de emisión. El precio de equilibrio del mercado de permisos actúa como una señal de precio para los contaminadores potenciales, al igual que sucede con las tarifas sobre las emisiones. Con cualquier estrategia se puede lograr una solución efectiva en términos de costo para cumplir un objetivo de calidad ambiental o de emisiones agregadas. En los Estados Unidos están siendo utilizados diversos tipos de programas de permisos negociables para controlar la contaminación del aire; y se han estimado ahorros de cientos de millones de dólares en comparación con los enfoques tradicionales de regulación directa.

Las permisos negociables se distinguen de las tarifas en que en las primeras, la cantidad agregada de emisiones es fijada por la autoridad gubernamental y, por consiguiente, el grado de protección ambiental es más predecible. Adicionalmente, el gobierno es capaz de lograr su objetivo de regulación sin tener que recoger información sobre la función de costo de la acción de control, lo cual puede representar para el Estado una gran reducción en los costos de información.

## **5. Sistemas de depósitos reembolsables**

Los sistemas de depósitos reembolsables son útiles en los casos en los cuales el problema consiste en la existencia de muchas fuentes de contaminación pequeñas y bien distribuidas, compuestas típicamente por renglones de consumo individual o por insumos tóxicos industriales comunes. Este sistema es apropiado también cuando la contaminación es persistente o tóxica, de tal forma que no se desea descarga alguna en el ambiente. Finalmente, es útil cuando es difícil evitar la emisión de descargas prohibidas.

En tales circunstancias, no es viable la aplicación de niveles promedio de desechos, ni las tarifas a la emisión ni los permisos negociables, debido a los altos costos de las transacciones, su seguimiento y el asegurar su cumplimiento. En estos casos, puede constituirse una mejor estrategia la de crear un incentivo positivo para que quienes poseen una sustancia contaminante la traigan voluntariamente a un lugar apropiado de desecho. Los consumidores pagan un depósito en el momento de la compra y lo reciben al devolver el material desechable, a un centro autorizado de reciclaje o de desecho (frecuentemente es el vendedor original).

Estos sistemas están en uso y han probado ser efectivos en muchos países. El control de recipientes de bebidas (los depósitos de cinco a diez centavos de dólar por envase han tenido tasas de devolución del 80 y del 90% en Estados Unidos, Suecia y Finlandia); las llantas de automóviles, motores de petróleo y baterías (algunos estados en los Estados Unidos cobran un depósito de US\$5 sobre las baterías de automóvil y el 90% de estas baterías de plomo ácido son retornadas para su desecho apropiado); automóviles y envases de pesticidas.

Los beneficios de esta estrategia incluyen: facilidad de administración, creación de un mercado en el cual los empleados de las empresas recolectoras de basura recogen los residuos no retornados y

reclaman el depósito como ganancia, y generación de ingresos para el gobierno por concepto de depósitos no reclamados para ser utilizados en el manejo del material de desecho y como apoyo para el reciclaje y la conservación de los recursos.

## **C. Otras Estrategias para el Caso de la Contaminación**

### **1. Reglas de obligación**

Mediante un sistema de reglas de obligación, cada contaminador adquiere un compromiso estricto por los daños causados por la contaminación, aún cuando no haya sido demostrado intento de perjuicio o negligencia. Hay formas menos claras de este tipo de compromiso que exigen demostrar negligencia con el fin de culpar al contaminador por el daño.

Estas reglas de obligación son útiles cuando los dueños de una propiedad pueden actuar para prevenir el daño ambiental; pero si el daño ocurre y éste puede no ser observado fácilmente o sólo después de un tiempo, no son tan efectivos. Por ejemplo, las instalaciones industriales pueden depositar residuos tóxicos en su propiedad y solo después de un período largo de tiempo, al drenarse, puede haber causado contaminación en el agua del subsuelo. El daño resultante puede ser considerable y muy costoso de remediar aunque su prevención podría haber sido fácil y económica.

En este caso si la firma es consciente que puede ser comprometida por daños en el futuro si éstos se descubren, podrá sentirse estimulada a manejar la propiedad apropiadamente y prevenir la contaminación. Así, las reglas de obligación pueden ser utilizadas para hacer cumplir la máxima: "una onza de prevención justifica una libra de medicina".

Con el objeto de hacer cumplir este programa puede examinarse la propiedad raíz comercial en el momento de la venta o de transferencia de la misma. El título de transferencia puede prohibirse

hasta que no se certifique que la propiedad está libre de contaminación potencial.

### **2. Auditoría ambiental**

A pesar de no ser un sistema de incentivos en sí mismo, las firmas pueden realizar auditoría en respuesta a incentivos de control de la contaminación o a reglas de obligación. Si no lo hace el sector privado voluntariamente, este tipo de auditoría puede ser realizada por entidades estatales.

En algunos casos, la auditoría ambiental fuera de las firmas es necesaria por las siguientes razones: a) los ingenieros de producción y procesamiento que laboran en ellas han sido entrenados para concentrarse únicamente en la calidad del producto y en la efectividad en su costo de producción; b) los objetivos de las firmas son usualmente la maximización de beneficios en el corto y mediano plazo; c) los especialistas en mercadeo se dedican a descubrir los deseos de los consumidores o ejercer influencia sobre los gustos y preferencias por el consumo. Sin embargo, cuando la auditoría se ejerce por parte del gobierno también tiene sus dificultades, dado que los analistas del medio ambiente se centran únicamente en el análisis de la cantidad y la toxicidad de los residuos a medida que son desechados de las instalaciones industriales.

En consecuencia, estos grupos de especialistas rara vez entienden los problemas y metas de cada uno de ellos y así se pierden grandes oportunidades para la acción cooperativa. La auditoría del ambiente debe ser un exámen sistemático en el cual se involucren tanto ingenieros de producción como especialistas del ambiente dentro de un proceso interactivo para cualquier operación de negocios. Dentro de este proceso debe adelantarse un análisis de configuraciones de procesos, diagramas de tuberías y flujos, inspecciones visuales de las instalaciones y estudios del balance de materiales de flujos de insumos y productos de los diversos procesos.

El equipo auditor examina los procedimientos de seguimiento y acatamiento, las técnicas de producción, la escogencia de insumos y el diseño de los productos teniendo en cuenta las metas sobre la reducción de la cantidad y la toxicidad de los residuos, y relacionándolos con los costos de producción y los estándares de calidad de los productos.

#### **D. Selección entre estrategias directas e indirectas**

Como se anotó anteriormente, la mayor ventaja del sistema de incentivos es que éstos permiten flexibilidad y crean estímulos para lograr objetivos de regulación de contaminación al menor costo posible. Adicionalmente, estimulan la investigación y el desarrollo para el descubrimiento de mejores métodos de control y tecnologías más limpias.

En muchos casos, los sistemas de incentivos conllevan costos de administración relativamente bajos y reducen las necesidades de información del gobierno. Algunos sistemas también pueden ser diseñados para generar ingresos que apoyen los esfuerzos de manejo ambiental del gobierno. Por otra parte, los incentivos no eliminan la necesidad de obtener información técnica. El gobierno está obligado a estimar los daños de la contaminación a escoger metas de control y a realizar seguimientos de los resultados. Hacer cumplir los sistemas de incentivos o las estrategias de Regulación Directa puede ser difícil en algunos casos.

Adicionalmente, los instrumentos económicos pueden llevar a resultados inciertos. Puesto que la respuesta de los contaminadores puede no ser conocida con certeza, hay riesgo que las metas de calidad ambiental no se logren completamente. Sin embargo, el grado de incertidumbre puede ser controlado por medio del diseño del sistema. El uso de permisos negociables, por ejemplo, permite el control de la cantidad de contaminación en forma tan efectiva como los sistemas tradicionales. La debilidad de este mecanismo es que el segui-

miento de las emisiones y la posesión de los permisos puede ser difícil y su cumplimiento puede no ser completo.

Por estas razones, se recomienda el uso de incentivos en los casos en los cuales puede tolerarse alguna incertidumbre y donde los ahorros de costo potencial son grandes. Por ejemplo, si la sustancia contaminante puede ser degradada o asimilada por el ambiente, o no es altamente tóxica o persistente, entonces pequeñas variaciones en el grado de control no causarían mayor daño. Con respecto al control de la contaminación, cuando hay grandes diferencias en los costos de control a través de las diversas fuentes, hay grandes posibilidades de ahorrar costos. Bajo estas condiciones, deben ensayarse las estrategias de tipo económico.

Los riesgos de utilizar estas estrategias pueden ser muy altos cuando los efectos nocivos sobre la salud son potencialmente graves o cuando hay perturbaciones importantes de un ecosistema debido al exceso de contaminación. Y si hay slo unas pocas fuentes para ser controladas o todas ellas tienen una misma función de costos de control, entonces los incentivos económicos pueden no ofrecer gran posibilidad de reducciones en el costo.

#### **E. Lecciones de la experiencia internacional**

Una encuesta sobre los instrumentos económicos aplicados a fuentes de contaminación en los países de la OCDE (Savornin Lohman, 1991) concluye que, exceptuando los países escandinavos, la aplicación de los instrumentos económicos ha sido limitada<sup>1</sup>. También concluye que la mayoría de los instrumentos son de tipo fiscal, se establecen con el fin de elevar los ingresos (cuyo uso está ligado

---

<sup>1</sup> El estudio muestra que la aplicación de instrumentos económicos basados en incentivos está relegada a algunas sumas cobradas a los usuarios de agua y de desperdicio, un sistema de devolución de depósitos y una tarifa diferencial sobre la gasolina sin plomo. No hay un conjunto consistente de instrumentos basados en incentivos para la protección ambiental.

algunas veces a un fin ambiental), a pesar de que existen esquemas orientados claramente hacia los incentivos. Un análisis más completo realizado por Opschoor (1990) llega a las mismas conclusiones.

En Colombia, los instrumentos diseñados para generar estímulos han sido frecuentemente utilizados para obtener ingresos estatales. El acuerdo 58 de diciembre de 1987 de la CAR especifica una tarifa para el residuo tóxico. En opinión de un alto funcionario de este organismo entrevistado especialmente para este trabajo, este acuerdo ha elevado los ingresos sustancialmente, pero ha demostrado ser ineficiente en reducir el nivel de contaminación del río Bogotá. Una evidencia similar se presenta en Durana (1992) para la aplicación de la legislación ambiental a la industria de curtiembre del cuero.

La protección al medio ambiente es aún vista predominantemente como un asunto de política

pública en el cual el gobierno produce un bien público que se puede denominar "el medio ambiente sano y limpio". Por consiguiente, los gastos ambientales están ligados al nivel de desarrollo de los países. Generalmente, los países más ricos gastan más en este bien público, por un lado, porque están preparados para pagar un precio más alto por un medio ambiente limpio (el efecto de la curva de Engel) y, por otro, dado que los asuntos ambientales han resultado estar sujetos a una mayor presión política al subir los países en la escala económica.

La información disponible sobre el gasto del gobierno en los países de la OCDE, ofrece algunos indicios sobre la relación entre Control de Contaminación y PIB per cápita (Cuadro 1). Hay dos aspectos importantes que mencionar: 1) el gasto del gobierno en protección ambiental en los países de la OCDE, varía entre 1% y 1.5% del producto. En los Estados Unidos, sin embargo, se espera que

**Cuadro 1. Costos de control de la contaminación como proporción del PIB para países de la OECD**

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Estados Unidos	1.51	1.57	1.64	1.79	1.79	1.82	1.76	1.8
Austria				1.09	1.16	1.1	1.13	
Francia								
Alemania				1.37	1.36	1.29	1.33	1.37
Países Bajos								
Noruega								
Reino Unido						1.66		
	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	
Estados Unidos	1.82	1.74	1.7	1.67	1.65	1.65	1.72	
Austria								
Francia		1.06	0.93	0.85	0.84	0.86	0.86	
Alemania	1.45	1.45	1.45	1.41	1.37	1.52		
Países Bajos	1.1		1.13			1.33		
Noruega						0.82		
Reino Unido		1.57				1.25		

**Fuente:** Tomado de Raymond, J, Portney, P, Dewitt, D: "International Comparisons of Environmental Regulation". Tabla 1.

el porcentaje aumente a más del 2% en el año 2000 y otros países desarrollados podrían aumentarlo aún más rápidamente; 2) la contribución del gasto del gobierno en el PIB total ha sido más bien estable a través del tiempo (aunque la información disponible no es completa). Es muy probable que haya muchas más fluctuaciones debido a variaciones en el PIB que a las del gasto mismo. No existe una relación que se comporte establemente; más bien, parece que en cierta etapa del desarrollo, el tema ambiental se vuelve urgente e induce a los gobiernos a asignar parte de su presupuesto para responder al problema de la contaminación.

Debido a la falta de estadísticas comparables, se ha escogido un método indirecto para calcular aproximadamente cuánto sería el costo del gasto ambiental si Colombia siguiera el camino de los países de la OCDE. Para ello se ha utilizado evidencia sobre la inversión privada en tecnologías de control de contaminación a nivel de diferentes industrias. La información proviene de la UNIDO (1991), organismo que ha recopilado estadísticas sobre el porcentaje de inversiones necesarias para controlar la contaminación como

contribución de las inversiones totales de Japón en 1973 y 1980, para las siguientes industrias: aceite comestible, cemento, textiles, papel, sustancias químicas, refinación de petróleo y metalurgia (ver Cuadro 2).

Se utilizaron estas participaciones para calcular las inversiones necesarias para combatir la contaminación en el caso hipotético de Colombia, aplicando estos datos a las distintas industrias para 1989. El Cuadro 2 muestra valores ligeramente más altos, si se toma la relación japonesa de 1973 que si utiliza la de 1980.

Estos valores calculados parecen ser razonables. También reflejan las diferencias entre industrias. Como se demostrará en la siguiente sección, el papel y el cemento son dos industrias altamente contaminantes. Estas deberían gastar una proporción de su valor agregado más alta en combatir la contaminación. Sin embargo, esta "mayor proporción" es solamente del 3.7% y del 2.6%, proporciones que resultan más bien bajas en términos absolutos. Todos los demás sectores están cercanos al 0.5%. Por supuesto, éstas cifras implican

**Cuadro 2. INVERSION EN CONTROL DE LA CONTAMINACION INDUSTRIAL**

Sector Industrial	Japón <sup>a</sup>		Colombia			
			Inversión en control de la contaminación <sup>b</sup>		Inversión en control de contaminación sobre el Valor Agregado	
	1973	1980	1973	1980	1973	1980
Aceites y Grasas	18.5	7.7	732.39	304.83	0.011	0.005
Cemento	11.2	10.2	2323.41	2115.96	0.029	0.026
Textiles	10.1	2.2	2844.46	619.58	0.009	0.002
Papel	26.4	3.2	3385.11	4103.17	0.031	0.037
Sus. Químicas	17.1	3.5	3518.42	720.14	0.017	0.004
Ref. Petróleo	15.7	2.8	1714.29	305.73	0.042	0.008
Metalurgia	17.3	4.9	2444.03	692.24	0.017	0.005

Notas: <sup>a</sup> Inversión en control de la contaminación como % del total de la inversión.

<sup>b</sup> Inversión hipotética en control de la contaminación con base en el % aplicado en el Japón.

Fuentes: Industry and Development Global Report. 1990/91. (Unido). DANE. Encuesta Anual Manufacturera.

Cálculos: FEDESARROLLO.

que la tecnología aplicada hoy día es similar a la aplicada en Japón en los dos años respectivos.

Tales cálculos dan una idea muy esquemática de la posibilidad de aplicar en Colombia una política ambiental similar a la existente en otros países. No se esperaría que Colombia gastara el mismo porcentaje del PIB en una política de medio ambiente, sino algo menos. Dada la etapa de desarrollo (y siempre utilizando la experiencia del norte como referencia cuantitativa), la protección ambiental es probablemente menos costosa de lo esperado. Los valores sugieren que la política ambiental no requeriría la realización de inversiones que estén fuera del alcance del nivel de ingreso colombiano. Como se señaló arriba, dicha política no necesariamente tendría que ser de tipo general. Dados los efectos inciertos y los costos de seguimiento algunas veces muy altos, se recomiendan, en las primeras etapas, el diseño de proyectos piloto y de políticas orientadas hacia problemas específicos. Además, aún si la proporción del PIB que se destina a inversión en estos campos es relativamente baja, si se hace en forma efectiva, puede generar altos beneficios.

### III. LA CONTAMINACION EN COLOMBIA

Siguiendo los resultados de un trabajo reciente del Departamento Nacional de Planeación (1992), el análisis de los efectos económicos de la contaminación debe centrarse en aquellas industrias que ocasionan gran parte de la contaminación. Las industrias a nivel de 4 CIU dígitos consideradas altamente contaminantes aparecen en el Cuadro 3.

Estos sectores industriales producen cerca de un 50% del valor agregado de la industria del país y representan cerca del 10% del PIB, generan cerca del 20% del empleo total y cerca del 5% de la fuerza laboral. Además, solamente cerca del 20% de los establecimientos manufactureros pertenecen a las industrias más intensivas en contaminación. Este porcentaje sugiere que una política ambiental tendría un efecto económico más bien modesto sobre la economía en general.

**Cuadro 3. INDUSTRIAS ALTAMENTE CONTAMINANTES**

CIU		Aire	Agua	Residuos peligrosos
3111	Mataderos			X
3113	Conservación de alimentos			X
3115	Aceite comestible		X	
3118	Azúcar	X		
313	Bebidas		X	
321	Textiles	X		X
323	Cuero			X
341	Papel	X	X	X
351	Sustancias químicas	X		X
3523	Jabón, perfumes, etc.			X
353	Petróleo	X		X
362	Vidrio	X		
3692	Cemento	X		
371	Metalurgia	X		X

Las cifras del Cuadro 4, sin embargo, indican la existencia de grandes diferencias entre las industrias 'intensivas en contaminación'.

Solo tres industrias, licores, textiles y sustancias químicas, producen cerca del 30% del valor agregado total de la industria, lo cual significa que representan cerca del 60% del valor agregado de las industrias contaminantes. El 11% de los empleados industriales y el 6% de todas las firmas. Una tercera parte de los empleados y las y las firmas, de todas las consideradas aquí, pertenecen al sector textil. Además, es notoria la productividad del trabajo superior al promedio de la industria intensiva en contaminación, en términos agregados. Utilizando la productividad del trabajo como proxy de los promedios tecnológicos de producción, puede concluirse que la modernización del capital productivo por sí sola, no resolverá el problema de contaminación.

Hay otras características de las industrias contaminantes que deben ser consideradas al escoger instrumentos de política ambiental. La industria del cuero, y en menor medida, las industrias de texti-

**Cuadro 4. PORCENTAJE DE LOS AGREGADOS INDUSTRIALES TOTALES RESPECTIVOS Y PRODUCTIVIDAD INDUSTRIAL**

CIU	Sector	A	B	C	D	E
3111	Mataderos	1.07	1.73	1.73	1.34	3836
3113	Conservas	0.17	0.32	0.32	0.46	3342
3115	Aceite com.	2.15	3.36	1.64	0.73	8080
3118	Azúcar	2.56	2.38	1.93	0.50	8187
313	Licores	12.26	7.84	4.84	1.74	15675
321	Textiles	10.17	7.79	10.93	6.62	5759
323	Cuero	0.69	0.98	1.45	1.49	2962
341	Papel	3.62	3.92	2.26	2.00	9931
351	Sustancias químicas	6.73	7.58	3.28	1.91	12714
3523	Jabón perfumes	2.33	2.18	1.31	1.05	11044
353	Ref. de petróleo	1.33	3.89	1.05	0.07	7845
362	Vidrio	1.26	0.96	1.36	1.00	5745
3692	Cemento	2.64	1.85	1.32	0.37	12388
371	Metalúrgia	4.68	3.77	2.07	0.90	13999
Total Contaminantes		50.42	46.50	33.44	18.38	9333
Total Nacional		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Notas: A. Participación porcentual del valor agregado sectorial en total industrial.

B. Participación porcentual de la producción bruta sectorial en el total industrial.

C. Participación porcentual del empleo sectorial en el total industrial.

D. Participación porcentual del número de firmas a nivel sectorial en el total industrial.

E. Productividad del sector en miles de pesos.

**Fuente:** DANE. Encuesta Anual Manufacturera. 1989. Cálculos Fedesarrollo.

les y papel, están fuertemente concentradas en las áreas metropolitanas. La refinación de petróleo está ubicada predominantemente en las áreas rurales. Además, la refinación de petróleo, el sector de cuero y el metalúrgico son claramente las industrias de mayor orientación hacia las exportaciones.

La industria del petróleo, es la exportadora más importante a nivel individual por un amplio margen, seguida por los textiles (incluyendo confecciones) y químicos (sustancias y productos). En cuanto al consumo intermedio, los químicos son, de lejos, los productos más importantes, seguidos por la metalurgia. Estas dos industrias junto a la de textiles/confecciones y carne procesada muestran también el mayor peso en el consumo final por parte de las unidades familiares. El análisis de las relaciones intra- industriales revela un alto

uso del consumo intermedio de sus propios productos por parte de las industrias intensivas en contaminación.

Para analizar las características de las industrias contaminantes se ha desarrollado una simple taxonomía utilizando diversos indicadores sobre la estructura del mercado, conductas de la industria y desempeño para 1986 y 1989.

Han ocurrido cambios significativos en el ambiente económico desde 1989, incluyendo la reducción de aranceles y la participación del Estado en el proceso de producción. Sin embargo, la identificación de una industria como intensiva en contaminación está basada en cifras de 1989 y por lo tanto su estructura económica está descrita para ese año. En los Cuadros 5 al 7 la taxonomía, agrupada con respecto al agua, aire y generación

**Cuadro 5. SECTORES INDUSTRIALES CONTAMINANTES DEL AGUA**

	Alimentos		Licores		Papel	
	1986	1989	1986	1989	1986	1989
<b>A. Estructura de Mercado</b>						
Protección Efectiva a/ Propiedad del Estado (% V.A.)	*	56.10	*	7.73	*	46.43
	0.00	0.00	0.26	0.24	0.00	0.00
Concentración (Índice de Herfindahl )						
Valor Agregado	0.10	0.09	0.07	0.04	0.08	0.08
Índice de Lerner	0.18	0.17	0.51	0.49	0.24	0.25
Elasticidad	0.55	0.55	0.13	0.09	0.35	0.31
Economías de Escala	1.19**	1.15**	1.33***	1.25***	1.18***	1.16**
Competitividad						
Export-Ventas	0.0004	0.002	0.012	0.002	0.046	0.022
Estructura de Mercado y b/ La Integración Vertical						
Integr hacia Adelante	*	0.69	*	0.29	*	0.50
Integr hacia Atrás	*	0.53	*	0.08	*	0.87
<b>B. Conducta</b>						
Participación en Valor Agregado c/ Firmas con Capital Extranjero						
- >50 %	*	0.26	*	0.02	*	0.30
- 30-50 %	*	0.00	*	0.01	*	0.00
- < 30 %	*	0.00	*	0.07	*	0.00
Productividad Laboral	4296.00	4087.00	7211.00	7929.00	4244.00	5023.00
Capital-Trabajo (M&E)	822.00	846.00	617.00	1125.00	1165.00	1729.00
Energía-Capital (M&E)	23.70	19.72	17.97	10.93	42.46	30.36
<b>C. Rentabilidad</b>						
Tasa Retorno de los Activos (2)	*	2.47	*	2.99	*	1.62
Tasa Retorno de la Inversión (2)	*	11.27	*	11.77	*	6.05
Notas: (1) Tasa de crecimiento 1986-1989. (2) Promedio ponderado para los 4 años.						
* No se presenta el valor.						
<b>Fuentes:</b> DANE. Encuesta Anual Manufacturera. 1986, 1987, 1988, 1989.						
ª Echavarría (1990).						
<sup>b</sup> DANE. Matriz Insumo Producto. 1989.						
<sup>c</sup> Banco República. DANE. Encuesta Anual Manufacturera. 1987.						
Cálculos: FEDESARROLLO.						

**Cuadro 6. SECTORES INDUSTRIALES CONTAMINANTES DEL AIRE**

	Azúcar		Textiles		Papel		Sus. Químicas	
	1986	1989	1986	1989	1986	1989	1986	1989
<b>A. Estructura de Mercado</b>								
Protección Efectiva *	*	28.67	*	30.82	*	2.10	*	17.24
Propiedad del Estado (% V.A.)	0.00	*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.08
Concentración (Indice de Herfindahl )								
Valor Agregado	0.16	0.10	0.05	0.12	0.08	0.08	0.04	0.04
Indice de Lerner	0.32	0.28	0.27	0.35	0.24	0.25	0.23	0.24
Elasticidad	0.51	0.37	0.19	0.34	0.35	0.31	0.19	0.18
Economías de Escala	0.98	1.02	1.05**	1.05**	1.18***	1.16**	1.00	1.06
Competitividad								
Export-Ventas	0.11	0.23	0.07	0.08	0.05	0.02	0.09	0.11
Estructura de Mercado y <sup>b</sup> La Integración Vertical								
Integr hacia Adelante	*	0.52	*	0.40	*	0.50	*	0.30
Integr hacia Atrás	*	0.40	*	0.51	*	0.87	*	0.87
<b>B. Conducta</b>								
Participación en Valor Agregado <sup>c</sup> Firmas con Capital Extranjero								
- >50 %	*	0.00	*	0.06	*	0.30	*	0.30
- 30-50 %	*	0.00	*	0.02	*	0.00	*	0.07
- < 30 %	*	0.00	*	0.00	*	0.00	*	0.09
Productividad Laboral	3941.00	4141.09	2096.00	2912.85	4244.00	5023.00	4945.00	6431.10
Capital-Trabajo (M&E)	1150.00	1043.30	948.00	1436.98	1165.00	1729.00	1651.00	1883.56
Energía-Capital (M&E)	19.48	24.80	14.19	10.28	42.46	30.36	35.38	32.00
<b>C. Rentabilidad</b>								
Tasa Retorno de los Activos (2)	*	1.36	*	1.69	*	1.62	*	1.65
Tasa Retorno de la Inversión (2)	*	6.87	*	5.53	*	6.05	*	8.00

**Cuadro 6. (Continuación)**

	Refinería de petróleo		Vidrio		Cemento		Metalurgia	
	1986	1989	1986	1989	1986	1989	1986	1989
<b>A. Estructura de Mercado</b>								
Protección Efectiva <sup>a</sup>	*	28.67	*	30.82	*	2.10	*	17.24
Propiedad del Estado (% V.A.)	0.99	0.99	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Concentración (Índice de Herfindahl)								
- Valor Agregado	0.59	0.45	0.19	0.24	0.09	0.09	0.22	0.24
Índice de Lerner	0.10	0.04	0.29	0.29	0.30	0.41	0.25	0.28
Elasticidad	5.63	11.30	0.67	0.82	0.31	0.21	0.88	0.85
Economías de Escala	*	*	1.15*	1.10	0.94	0.66	1.09	1.07
Competitividad								
Export-Ventas	0.33	0.49	0.05	0.06	0.12	0.08	0.13	0.21
Estructura de Mercado y <sup>b</sup> La Integración Vertical								
Integr hacia Adelante	*	0.86	*	0.27	*	0.36	*	0.41
Integr hacia Atrás	*	0.11	*	0.48	*	0.18	*	0.70
<b>B. Conducta</b>								
Participación en Valor Agregado <sup>c</sup> Firmas con Capital Extranjero								
- >50 %	*	0.00	*	0.13	*	0.07	*	0.24
- 30-50 %	*	0.00	*	0.04	*	0.00	*	0.11
- < 30 %	*	0.00	*	0.11	*	0.14	*	0.12
Productividad Laboral	6927.00	3968.26	2641.00	2905.80	4032.00	6266.20	4316.00	7081.00
Capital-Trabajo (M&E)	3279.00	2578.15	884.00	954.74	4438.00	4467.00	3921.00	3011.34
Energía-Capital (M&E)	39.50	58.70	22.20	20.80	26.79	26.12	30.03	39.73
<b>C. Rentabilidad</b>								
Tasa Retorno de los Activos (2)	*	0.89	*	0.83	*	0.43	*	0.65
Tasa Retorno de la Inversión (2)	*	5.14	*	2.80	*	2.00	*	4.17

Notas: (1) Tasa de crecimiento 1986-1989. (2) Promedio ponderado para los 4 años.

\* No se presenta el valor.

Fuentes: DANE. Encuesta Anual Manufacturera. 1986, 1987, 1988, 1989.

<sup>a</sup> Echavarría (1990). <sup>b</sup> DANE. Matriz Insumo Producto. 1989. <sup>c</sup> Banco República. DANE. Encuesta Anual Manufacturera. 1987. Cálculos: FEDESARROLLO.

**Cuadro 7. SECTORES INDUSTRIALES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS**

	Mataderos		Conservas		Textiles		Cuero	
	1986	1989	1986	1989	1986	1989	1986	1989
<b>A. Estructura de Mercado:</b>								
Protección Efectiva <sup>a</sup>	*	-14.19	*	11.73	*	66.72	*	170.85
Propiedad del Estado (% V.A.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Concentración (Índice de Herfindahl)								
Valor Agregado	0.10	0.09	0.13	0.14	0.05	0.12	0.07	0.06
Índice de Lerner	0.17	0.18	0.22	0.23	0.27	0.35	0.13	0.16
Elasticidad	0.61	0.51	0.60	0.63	0.19	0.34	0.55	0.36
Economías de Escala	1.14**	1.11**	1.54	0.95	1.05	1.05*	1.13**	1.04
Competitividad								
Export-Ventas	0.07	0.06	0.04	0.02	0.07	0.08	0.25	0.30
Estructura de Mercado y <sup>b</sup> La Integración Vertical								
Integr hacia Adelante	*	0.67	*	0.58	*	0.40	*	0.65
Integr hacia Atrás	*	0.64	*	0.09	*	0.51	*	0.49
<b>B. Conducta</b>								
Participación en Valor Agregado <sup>c</sup> Firmas con Capital Extranjero								
- >50 %	*	0.00	*	0.08	*	0.06	*	0.01
- 30-50 %	*	0.00	*	0.00	*	0.02	*	0.00
- < 30 %	*	0.00	*	0.00	*	0.00	*	0.00
Productividad Laboral	1734	1940	1847	1690	2096	2913	1287	1498
Capital-Trabajo (M&E)	292.00	379.32	481.00	321.79	948.00	1436.98	254.00	316.91
Energía-Capital (M&E)	22.71	20.26	10.10	14.63	14.19	10.28	22.13	16.98
<b>C. Rentabilidad:</b>								
Tasa Retorno de los Activos (2)	*	1.70	*	2.04	*	1.69	*	1.23
Tasa Retorno de la Inversión (2)	*	7.11	*	9.62	*	5.53	*	7.35

**Cuadro 7. (Continuación)**

	Papel		Sus. Químicas		Perfumes Jab.		Ref. Petróleo		Metalurgia	
	1986	1989	1986	1989	1986	1989	1986	1989	1986	1989
<b>A. Estructura de Mercado</b>										
Protección Efectiva a/	*	46.43	*	9.00	*	84.46	*	28.67	*	17.24
Propiedad del Estado (% V.A.)	0.00	0.00	0.09	0.08	0.00	0.00	0.99	0.99	0.00	0.00
Concentración (Índice de Herfindahl)										
Valor Agregado	0.08	0.08	0.04	0.04	0.16	0.17	0.59	0.45	0.22	0.24
Índice de Lerner	0.24	0.25	0.23	0.24	0.32	0.33	0.10	0.04	0.25	0.28
Elasticidad	0.35	0.31	0.19	0.18	0.49	0.51	5.63	11.30	0.88	0.85
Economías de Escala	1.18**	1.16**	1.00	1.11	1.24***	*	*	1.09	1.07	
Competitividad										
Export-Ventas	0.07	0.02	0.09	0.11	0.01	0.01	0.33	0.49	0.13	0.21
Estructura de Mercado y <sup>b</sup> la Integración V										
Integr hacia Adelante	*	0.50	*	0.30	*	0.39	*	0.86	*	0.41
Integr hacia Atrás	*	0.87	*	0.87	*	0.02	*	0.11	*	0.70
<b>B. Conducta:</b>										
Participación en Valor Agregado <sup>c</sup>										
Firmas con Capital Extranjero										
- >50 %	*	0.30	*	0.30	*	0.58	*	0.00	*	0.24
- 30-50 %	*	0.00	*	0.07	*	0.02	*	0.00	*	0.11
- < 30 %	*	0.00	*	0.09	*	0.01	*	0.00	*	0.12
Productividad Laboral	1734.0	5023.0	4945.0	6431.1	4679.0	5586.1	6927.0	3968.2	4316.0	7081.0
Capital-Trabajo (M&E)	1165.0	1729.0	1651.0	1883.5	726.0	628.7	3279.0	2578.1	3921.0	3011.3
Energía-Capital (M&E)	42.46	30.36	35.38	32.00	8.59	10.63	39.50	58.70	30.03	39.73
<b>C. Rentabilidad:</b>										
Tasa Retorno de los Activos (2)	*	1.62	*	1.65	*	3.22	*	0.89	*	0.65
Tasa Retorno de la Inversión (2)	*	6.05	*	8.00	*	13.08	*	5.14	*	4.17

Notas: (1) Tasa de crecimiento 1986-1989. (2) Promedio ponderado para los 4 años.

\* No se presenta el valor.

Fuentes: DANE. Encuesta Anual Manufacturera. 1986, 1987, 1988, 1989.

<sup>a</sup> Echavarría (1990). <sup>b</sup> DANE. Matriz Insumo Producto. 1989. <sup>c</sup> Banco República. DANE. Encuesta Anual Manufacturera. 1987. Cálculos: FEDESARROLLO.

de residuos peligrosos, incluye las siguientes variables:<sup>2</sup>.

a) Participación del Gobierno. (en el proceso de producción y en el sistema de fijación de precios). Los instrumentos de control basados en los mecanismos de mercado no pueden ser aplicados fácilmente a unidades de producción cuya propiedad es estatal. Además los impuestos y aranceles que distorsionan los precios pueden contrarrestar una estructura de incentivos diseñada para reducir la contaminación.

b) El índice Herfindahl de concentración: no todos los instrumentos pueden ser aplicados si la concentración es alta.

c) El índice Lerner calculado suponiendo costos marginales iguales a los costos medios: dado el índice Lerner y el índice Herfindahl, se puede obtener un estimativo de la elasticidad a la manera de Cowling (1976).

d) La relación exportaciones-ventas refleja un aspecto importante de la presión competitiva sobre las condiciones de producción.

e) Integración vertical hacia atrás y hacia adelante. Se ha utilizado una matriz insumo-producto para 1987 (Sarmiento, 1991). La integración hacia atrás se refiere a la participación del consumo intermedio en la producción total para una industria determinada, mientras que la integración hacia adelante expresa la participación de la producción de la industria analizada que está siendo vendida

---

<sup>2</sup> Las cifras utilizadas en el análisis son nuestros propios cálculos basados en las estadísticas industriales anuales, obtenidas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. Se exceptúa la información sobre tasas efectivas de protección y sobre participación de compañías multinacionales, la cual es tomada de la base de datos utilizada por Echevarría, Esguerra (1991); la información sobre integración vertical hacia arriba y hacia abajo que proviene de Sarmiento (1991), y las cifras sobre causas de los cambios de precios, tipos de inversión y problemas, que hacen parte de la encuesta de negocios de FEDESARROLLO.

como producto intermedio.

f) Se ha supuesto que la relación capital-trabajo, la relación energía-capital y la relación energía-trabajo reflejan la tecnología de producción.

g) Hay dos indicadores de desempeño que reflejan la capacidad de las industrias de obtener ganancias.

En el Cuadro 5 se han reunido las características económicas de las tres industrias más contaminantes del agua: aceites y grasas, licores y no-alcohólicas y papel. La industria licorera se encuentra altamente concentrada y parte de ésta es de propiedad estatal. La aplicación de instrumentos basados en los mecanismos del mercado debe ser diseñada con cuidado, puesto que el sistema de permisos negociables no opera bien en industrias concentradas (a menos que dichos permisos sean transados entre las diferentes plantas de producción de la firma). Igualmente, la industria de aceites y grasas está altamente protegida lo cual podría incluir efectos de estímulo reversivos sobre la contaminación. En ambas industrias, la tecnología aplicada es relativamente homogénea. Para licores, la demanda es extremadamente inelástica a cambios en los precios. La industria de papel está concentrada regionalmente, lo que facilita la aplicación de un sistema de permisos negociables. Por las diferencias en las tecnologías utilizadas se esperaría gran número de permisos negociados con sus respectivos ahorros de costos asociados.

En el Cuadro 6 se describen las industrias que contaminan el aire. Se debe hacer énfasis en que para el control de la contaminación del aire o del agua debe idearse un esquema más amplio, que comprenda todas las fuentes de contaminantes en un área específica.

La industria petrolera es un caso poco usual consistente en unas pocas firmas con una alta participación del gobierno lo cual sugiere adoptar una

estrategia de Regulación Directa, en la cual el gobierno determina la mejor tecnología a aplicar. En el sector de azúcar debido a la elevada competencia extranjera, y a una baja protección, es probable que un sistema de impuestos induzca a la sustitución. La tecnología homogénea y una concentración relativamente alta hace de los instrumentos económicos una alternativa viable sólo si el sistema está diseñado para permitir un mercado de permisos negociables con firmas de otras industrias.

Una conclusión similar puede obtenerse para las industrias metalúrgica, cemento, papel y química. Puesto que la mayoría de estas industrias están concentradas o muestran una tecnología más bien homogénea, el diseño de un esquema multi-industrial permitiría la aplicación de un sistema de permisos negociables o de tarifas. También, los esquemas regionales pueden ser considerados; en este caso se debe tener en cuenta el efecto de esquemas diferenciados regionalmente, basados en impuestos o en cantidad.

Contrario a lo que ocurre con estas cuatro industrias, las de textiles y vidrio, se encuentran extremadamente dispersas y tienen una alta heterogeneidad en las tecnologías aplicadas. Teóricamente, los incentivos económicos funcionarían. Sin embargo, los altos costos de información de las entidades pequeñas y de su seguimiento, hacen que un sistema de permisos o tarifas sea potencialmente difícil de administrar. La solución más eficiente sería la de aplicar a las firmas textiles los esquemas tradicionales de regulación existentes a través de un instrumento que fije un límite de máxima contaminación con seguimiento aleatorio y elevadas multas por violación.

En el Cuadro 7 se enumeran las industrias intensivas en la generación de residuos peligrosos. En el caso de fuentes dispersas de contaminación, el sistema de depósitos reembolsables y el pago de una tarifa por el uso de insumos contaminantes es probablemente mucho más fácil de aplicar que los

controles "al final del proceso". Los sistemas de depósitos podrían ser apropiados para las siguientes industrias: textiles, cuero, químicos, jabón, perfumes y metalurgia. En la mayoría de éstas, la aplicación de impuestos sobre los insumos puede complementar el sistema de depósitos reembolsables; sin embargo, en ciertos sectores tales como el cuero, la elasticidad con respecto a los precios de los insumos es extremadamente baja (sobre la industria del cuero, ver Durana 1992).

#### **IV. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO VIABLE DE PROTECCION AMBIENTAL**

Esta sección contiene propuestas generales para una reforma institucional y estrategias específicas de control experimental diseñadas para Colombia según ubicaciones individuales, tipos de contaminantes, y por industrias. Puesto que los instrumentos económicos no han sido utilizados antes extensivamente, sugerimos que sean ensayados en ciertas situaciones como programas experimentales. Un programa regulador más tradicional puede ser establecido al comienzo, en todo el país. Si los instrumentos económicos funcionan en las tres aplicaciones, pueden expandirse hasta sustituir el programa tradicional en una escala más amplia.

Hay diversos temas relevantes para considerar, siendo los dos más importantes :a) la tendencia del gobierno a utilizar los esquemas de incentivos como instrumentos fiscales para obtener rentas. b) los costos de regulación para el gobierno, la fijación eficiente de precios y consideraciones de presupuesto.

La aplicación de una tarifa sobre fuentes contaminantes o la emisión de permisos negociables pueden proporcionar recursos financieros para el Estado. En tales casos existe un incentivo para que la autoridad fije el precio de la tarifa, en un nivel que maximice sus ingresos, en lugar de uno que de lugar a un grado socialmente óptimo de contaminación.

El incentivo del gobierno para maximizar el ingreso se ve disminuido, si los ingresos por concepto de la tarifa<sup>3</sup> están vinculados exclusivamente a los gastos para reducir los efectos nocivos de la contaminación de la fuente que los provee. Sin embargo, este enfoque es difícil de hacer cumplir y puede presentarse un problema de fijación de precios, si los costos de seguimiento ( y/o los costos de supresión) son fijos.

Surge entonces la pregunta de cómo crear un marco legal lo suficientemente amplio y completo para que el gobierno pueda aplicar un conjunto de instrumentos eficientes de estímulo al control de la contaminación. Dos puntos deben ser considerados: a) ¿es aconsejable fijar el uso de instrumentos de estímulo en forma ex-ante en el correspondiente marco legal para evitar decisiones políticas pragmáticas que favorezcan las estrategias menos eficientes de Regulación Directa? b) ¿cuáles son los mecanismos que reducen el peligro de un comportamiento maximizador de ingresos por parte del gobierno?

Con respecto al primer punto, la amplia literatura económica sobre “reglas vs. discrecionalidad” también tiene su aplicabilidad en este campo. La ventaja de la discrecionalidad, es decir dejar un espacio máximo al cuerpo institucional responsable de la política ambiental, puede reflejarse en la habilidad para afinar los instrumentos y para reaccionar rápidamente a cambios exógenos, ya sea por las condiciones tecnológicas, o por las condiciones de contaminación. La ventaja de las reglas puede verse en su carácter de obligatoriedad al aplicar una política.

Los cambios ambientales no son tan drásticos como para hacer necesarias respuestas de política muy rápidas. Y también hay necesidad de mantener programas que sean consistentes a nivel nacional

---

<sup>3</sup> La discusión se refiere a las rentas generadas por tarifas, pero existe un problema similar con respecto a los permisos negociables o al de depósitos reembolsables.

y con un grado razonable de certidumbre que permita al sector privado planear sus proyectos de inversión futura. El correspondiente marco legal, por consiguiente, debería establecer objetivos de regulación de la contaminación, las estrategias básicas y sus características operacionales, (tales como neutralidad en materia de ingresos o prohibiciones), los mecanismos para hacer un seguimiento de la eficiencia del sistema y las condiciones bajo las cuales pueden darse los cambios. Desde el punto de vista de fijar un marco legal, sería deseable dar preferencia explícita al uso de instrumentos de incentivos compatibles con las estrategias de regulación directa. En el caso colombiano, se podría fácilmente incluir éstos dos puntos en el marco legal sobre el nuevo Ministerio del Medio Ambiente.

## **A. Reformas institucionales**

La integración de programas ambientales y de recursos naturales se hace necesaria para promover la consistencia de la regulación y para reducir el costo administrativo del manejo del medio ambiente. En muchos países, como es el caso de Colombia, el manejo de los bosques, las áreas pesqueras o recursos mineros, la calidad del medio ambiente y la salud pública se encuentran bajo la responsabilidad de diferentes agencias gubernamentales. Frecuentemente, esta división de responsabilidades implica conflictos en las políticas y duplicaciones del trabajo. Reconociendo que el hábitat, los recursos naturales y el ambiente representan un sistema interconectado, también debe estar integrada la autoridad que regula estas actividades.

Hay además necesidad de mejorar la información para apoyar los programas de regulación eficientes dirigidos a atacar los daños más graves ocasionados al ambiente y a la salud humana. La autoridad ambiental debería considerar el desarrollo de un sistema de información geográfica que contenga cifras sobre emisiones, calidad del ambiente, el tipo de sistemas físicos y ecológicos y las pobla-

ciones que están expuestas a la contaminación. Esta base de datos podría servir para el diseño de reglamentos que alcancen la mayor reducción de riesgo por dinero invertido en control.

Adicionalmente, esta información podría estar agregada en cuentas del medio ambiente y de recursos paralelos al sistema de cuentas nacionales. La información sobre gastos de control ambiental, daño ambiental y agotamiento del capital natural tal como bosques, hábitat, zonas pesqueras y vertientes, es necesaria al nivel de planeación macroeconómica para apoyar políticas de desarrollo sostenibles.

Un sistema ambiental integrado debería también incluir un sistema judicial del medio ambiente. La regulación ambiental difiere de los procesos tradicionales civiles y criminales en tres formas principales. Primero, los problemas son técnicos y comprenden una gran variedad de disciplinas científicas tales como ecología, epidemiología e hidrología. Segundo, hay nuevos tópicos sobre derechos de propiedad que necesitan ser clarificados. Estos incluyen los efectos externos de la contaminación sobre grupos amplios de personas, el uso y derecho de propiedad de los recursos comunes y la valoración de las demandas sobre daños que comprenden efectos nocivos sobre la salud humana y equidad intergeneracional. Tercero, el control del cumplimiento de las leyes sobre control de la contaminación puede convertirse en una fuente importante de ingresos para el Estado. Por estas razones, los aspectos legales del manejo ambiental pueden ser atendidos eficientemente mediante la creación de un sistema de leyes administrativas técnicamente orientado y especializado en asuntos medio ambientales.

La autoridad ambiental debería cooperar con el sector privado y hacer uso de sus capacidades técnicas y financieras al máximo. Para facilitar esta cooperación sugerimos la creación de Consejos Ambientales de la Industria. Estos consejos

coordinarían los recursos del sector privado en tres áreas: intermediación, auditoría ambiental para el desarrollo de procesos de prevención y sociedades mixtas para financiar proyectos de control de la contaminación. En Europa y en los Estados Unidos el control de la contaminación no ha arrojado los mejores resultados. Se ha desperdiciado mucho tiempo y dinero en demandas legales, y gran parte de la experiencia del sector privado ha sido ignorada. La intermediación puede ayudar a evitar este desperdicio integrando las preocupaciones de la industria al proceso de desarrollo de la regulación. Las auditorías ambientales son un proceso de evaluación de los procesos de producción, de la selección de insumos, de las características de productos en la búsqueda por encontrar métodos de bajo costo para reducir el volumen o la toxicidad de los residuos antes de que éstos se conviertan en contaminación. En muchos casos, la adopción de tecnologías limpias puede, de hecho, reducir los costos de producción. Finalmente, las sociedades mixtas pueden ser utilizadas para financiar proyectos de control de contaminación. Las firmas que venden tecnologías de control o aquellas a quienes les gustaría aplicarlas, están frecuentemente dispuestas a participar en la inversión original. Los consejos industriales pueden servir como agentes o 'corredores' de tales contratos.

Finalmente, es importante recordar que ningún programa regulador tendrá éxito sin el apoyo oficial. Si el gobierno inicia un programa de educación ambiental, establecerá las bases para mejoras futuras. El programa podría constar de dos partes. Primero, los colegios de primaria y secundaria deberían incluir instrucción básica en ecología y la relación entre la economía y el medio ambiente. Segundo, el programa podría incluir un plan de asistencia técnica y de transferencia de tecnología para brindar información a los contaminadores. La prevención de la contaminación, la adopción de tecnologías limpias, el uso de las "mejores prácticas de manejo" son todas estrategias para mejorar el ambiente, de las cuales hay copiosa

información. El suministro de esta información al sector privado podría ser una de las partes del sistema regulatorio más efectivas en términos de costo.

## **B. Estrategias experimentales**

De los diferentes instrumentos económicos descritos en la primera parte de este estudio, hemos identificado algunos para el caso colombiano, que en determinadas situaciones pueden servir como programas piloto apropiados. A continuación se hará una descripción de cada uno de ellos.

### **1. Venta de Permisos de Contaminación**

Las emanaciones de BOD, descargadas en el río Cauca cerca a Cali, podrían ser controladas a través del sistema de permisos negociables. Los molinos de papel, las plantas de procesamiento de alimentos y los desechos de las alcantarillas municipales son las principales fuentes de materia orgánica en esta área. La contaminación agota el oxígeno disuelto en el río y ocasiona daños a la salud y a los recursos. Puesto que hay muchas fuentes del mismo tipo de contaminación localizadas en una pequeña región, las ventas de permisos podría constituirse en la forma más aconsejable para alcanzar mejoras en la calidad del agua al menor costo posibles. Aquellas firmas que tienen altos costos de control pagarían por comprar los permisos de las firmas que están en capacidad de instalar sistemas de control de bajo costo. De esta forma, las unidades productivas que construyan las instalaciones de control requeridas estarían financieramente compensadas sin necesidad de acudir a subsidios estatales.

### **2. Tarifas a la contaminación del aire**

Las emisiones de partículas sólidas al aire podrían ser reducidas imponiendo un sistema de tarifas sobre las emisiones en Medellín o en Bogotá. Las partículas sólidas, como el polvo o humo,

son un riesgo grave para la salud en muchas áreas urbanas, especialmente Medellín. Las principales fuentes industriales de estas partículas sólidas podrían estar sujetas a seguimiento y exigírseles el pago de una tarifa por tonelada de contaminante arrojado. Una tarifa crearía un incentivo inmediato para instalar mecanismos primarios de control de contaminación. Además, crearía un incentivo para buscar cambios en la tecnología de producción que reduzca dichas emisiones. Un beneficio de esta estrategia, para la industria, es que habría un límite a la cuantía que una firma debe pagar por el control de la contaminación. Si la tecnología de control es muy costosa, la firma escoge pagar la tarifa y continuar contaminando hasta que se desarrollen métodos de control más baratos. Por consiguiente, a diferencia de los controles tradicionales, todos saben de antemano cuál es la cuantía máxima que cualquier firma deberá pagar.

La tarifa puede fijarse inicialmente en niveles bajos y ser programada para aumentar de tal manera que induzca mejoras graduales en la calidad del aire urbano. Un programa de tarifas crecientes permite a las firmas reguladas, tomarse un tiempo para planear su patrón de inversión con el fin de buscar tecnologías apropiadas de producción limpia o simplemente para reorientar los programas de reposición de capital que están siendo utilizados por ellos para adoptar nuevas tecnologías.

Adicionalmente, las tarifas representan una fuente de ingresos que puede ser utilizada para otros programas ambientales o de salud. Como se anotó anteriormente es importante establecer un objetivo claro de control de contaminación de tal forma que las tarifas estén fijadas en un nivel apropiado basado en el daño de la contaminación y los costos de control, más que con base en una maximización de ingresos. Un sistema diseñado apropiadamente generará gradualmente menos y menos ingresos a medida que las firmas innovan y adoptan tecnologías más limpias, y que emitan menos contaminación.

### **3. Compensaciones a la contaminación del aire**

Un "sistema de compensaciones" es otra alternativa frente a una estrategia de tarifas a la contaminación del aire. En efecto, es una variante del sistema de Permisos Negociables. Este es un método para controlar nuevas fuentes potenciales de contaminación del aire que desean ser establecidas en un área urbana que ya tiene de hecho una mala calidad de aire. El gobierno requiere simplemente que, a cambio del permiso para localizar una nueva fuente en el área, los promotores deben encontrar otro negocio ya existente y, de alguna manera, hacer arreglos para que la fuente existente reduzca sus niveles de contaminación por una cuantía igual a aquella propuesta por la nueva fuente.

Este sistema tiene dos ventajas. Primero, los niveles de contaminación global no pueden aumentar aunque se permita la entrada de nuevas empresas al área. Así, el crecimiento económico no se detiene aunque el aumento de la contaminación sí se controla. Segundo, los nuevos operadores tienen un estímulo para buscar formas menos costosas de reducir la contaminación, teniendo disponible la ciudad completa para su búsqueda. Instalar controles en una planta existente podría ser la solución más económica o adquirir unas instalaciones viejas e improductivas y cerrarlas, podría resultar aún más económico. En cualquier caso, el ingenio del sector privado estará trabajando para encontrar la mejor solución para el interés público.

La "tasa compensatoria" es la cuantía de contaminación existente que debe controlar la nueva fuente para cada unidad de nueva contaminación que desee arrojar. El requerimiento descrito arriba supone una tasa compensatoria de uno para mantener el nivel agregado de contaminación existente. Si el gobierno deseara lograr una mejora gradual en la calidad del aire, la tasa podrá ser fijada en un número mayor a uno. Por ejemplo,

podría exigirse a las nuevas fuentes controlar dos libras de partículas sólidas en las fuentes existentes por cada libra de nueva contaminación que ellos deseen arrojar. En esta variación, a medida que nuevas firmas ingresan al área, las emisiones totales se disminuyen.

### **4. Depósitos Reembolsables para químicos tóxicos**

La industria curtidora del cuero utiliza una diversidad de químicos tóxicos cuyos residuos son frecuentemente arrojadas al agua. La estructura de la industria hace difícil la regulación a través de técnicas tradicionales. Específicamente, hay muchas firmas pequeñas y una gran variedad de técnicas utilizadas en el proceso de curtir. Por consiguiente, el seguimiento de las descargas sería costoso; y las reglas que las combaten seran difíciles de hacer cumplir. Adicionalmente, puesto que los químicos son esenciales al proceso, no es probable que los impuestos a las ventas reduzcan el uso de éstos insumos.

En esta situación, podría ser más efectivo crear un incentivo para que las firmas recolecten sus residuos tóxicos y los traigan voluntariamente a unas instalaciones de tratamiento y desecho manejadas por el gobierno. Puede crearse un incentivo sin costo para el gobierno, mediante el establecimiento de un sistema de depósitos reembolsables. Cuando una firma adquiere ciertos químicos tóxicos se le exige pagar un depósito adicional al precio normal de compra. Este depósito será devuelto a la empresa cuando ésta traiga el residuo tóxico para que se disponga de él adecuadamente.

Sin embargo, este sistema puede requerir intensivamente de labores de administración. Debe indentificarse claramente los químicos que van a ser parte del programa. El depósito debe fijarse en un nivel lo suficientemente elevado para que las firmas vean una ventaja en retornar el desecho. Y deben desarrollarse métodos de prueba para verificar que el material que es retornado es de hecho

el residuo del químico que fue comprado originalmente. En algunas áreas donde se concentran muchas de éstas firmas, este enfoque puede ser un método razonable solamente para prevenir la eliminación ilegal.

### 5. Auditoría del ambiente y asistencia técnica

Las últimas propuestas no son incentivos económicos pero pueden ser estrategias útiles de bajo costo para ciertas situaciones. Ecopetrol podría fácilmente ser utilizado como modelo para adelantar auditorías ambientales y de energía para revelar el potencial de cambios en insumos, procesos y productos para reducir los residuos a un costo mínimo, o a ningún costo por firma. La firma ha mostrado ya su preocupación por la protección

del ambiente y la salud, al remover el plomo de la gasolina y con su programa corriente para refinar cada vez más los combustibles. Podrían adelantar una auditoría completa de sus operaciones y establecer un ejemplo para otras industrias trabajando a través de sus consejos industriales para hacer lo mismo.

Similarmente, la industria de flores podría buscar métodos para reducir la contaminación producida por pesticidas y fertilizantes a través de la adopción de las mejores prácticas de manejo. Puesto que ésta industria es propiedad privada podría ser apropiada para que el gobierno proporcionara asistencia técnica mejorada y educación a los agricultores como parte de una empresa cooperativa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderson, D., (1991), "Una Perspectiva Económica sobre Gerencia en el Sector Público" en *Environmental Management in Developing Countries*, Ercoial, D. (ed.) OCDE, Paris.
- , (1990), *La Política Ambiental y las Entradas del Estado en los Países en Desarrollo*, Environment Department Working Paper No.36, Banco Mundial, Washington D.C., julio.
- Anderson, Robert C., et.al., (1990), *El Uso de Mecanismos de Incentivos Económicos en el Manejo del Medio Ambiente*, American Petroleum Institute, junio.
- Baumol, W. y W. Oates, (1988), *La Teoría sobre Política Ambiental*, 2a. Edición, Imprenta de la Universidad de Cambridge, Cambridge.
- Bernstein, Janis D., (1991), *Enfoques Alternativos al Control de la Contaminación y Manejo del Desperdicio*, Instrumentos Económicos y de Regulación, UNIDP, Documento para Discusión, abril.
- Boland, John J., (1986), *Instrumentos Económicos para el Control de la Contaminación: Experiencia Reciente en los Estados Unidos*, Informe Preliminar, Universidad Johns Hopkins, Baltimore, MD.
- Brown, Gardner, (1985), *Trabajo sobre Cobros por Emisiones*, Universidad de Washington, Seattle.
- Cowling K., Waterson M., (1976), " Mrgen precio-costos y estructura del mercado", *Económica*, 43, 267-74.
- DANE, (1990a), Encuesta Anual Manufacturera 1986, 1987, 1988 y 1989.
- DANE, (1990b), Matriz Insumo-Producto por Colombia 1989, Bogotá.
- Durana C., (1992), La contaminación ambiental de los curtiumbreros en San Benito- análisis y sugerencias para una política ambiental, tesis de grado, Universidad de los Andes, mimeo, Bogotá.
- Echevarra J.J., Esguerra P., (1991), "Empresas transnacionales y reestructuración industrial en Colombia", ed: J.C. Zapata, comp., *Reflexiones sobre la Industria Colombiana*, Bogotá.
- Hahn, Robert W. y Roger G. Noll, (1981), *Diseño de un Mercado para Licencias Transables de Emisiones*, Laboratorio de Calidad Ambiental, Instituto de Tecnología de California, abril.
- Halter, F., (1991), "Hacia una Regulación Más Efectiva en los Países en Desarrollo" en *Environmental Management in Developing Countries*, Ercoial, D. (ed.) OCDE, Paris.
- Helfand, Gloria E., (1991), "Standards Versus Standards: Los Efectos de Diferentes Restricciones a la Contaminación", *American Economic Review*, 81 (3), junio.

- EEA, (1990), Comparaciones de Regulaciones sobre Emisión de Aire en los Estados Unidos, Japón, y Alemania Occidental, Arlington.
- Erocal D., (1991), (ed) *Manejo del Ambiente en los Países en Desarrollo*, OCDE, Paris.
- Eskeland, Gunnar S. y Emmanuel Jimnez, (1991), *Selección de Instrumentos de Política para el Control de la Contaminación*, Una Revisión, Banco Mundial, marzo.
- Findley, Roger W., (1988), "Control de la Contaminación en Brazil", *Ecology Law Quarterly*, 15 (1).
- Kopp R.J., Portney P.R., De Witt D.E., *Comparaciones Internacionales de Regulaciones Ambientales*, Recursos para el Futuro, Washington D.C.
- Levin, Michael H. y Barry S. Elman, (1990), "El Caso de los Incentivos al Medio Ambiente", *The Environmental Forum*, enero/febrero.
- Margulis, Sergio, (1991), *Estimativos de Costos de los daños al Medio Ambiente en México*, Documento de Discusión del Banco Mundial, Washington D.C. noviembre.
- OPEP, (1991), *Indicadores Ambientales- Un paquete preliminar*, Paris.
- Opschoor, J. y H. Vos, (1989), *Instrumentos Económicos para la Protección del Ambiente*, OCDE, Paris.
- Sarmiento A., (1991), *Una matriz de insumo-producto para Colombia en 1987*, Base de datos, Universidad Javeriana, Bogotá.
- Savornin Lohman A.F. de, (1991), Financial Instruments and Economic Incentives in OECD countries. *Mimeo*. OECD Amsterdam.
- Schramm, Gunter y Jeremy J. Warford, Eds. (1989), *Manejo Ambiental y Desarrollo Económico*. Imprenta de la Universidad Johns Hopkins, Baltimore y Londres.
- Stavins, Robert N., (1991), *Proyecto 88 — II Vuelta, Incentivos para la Acción: Diseño de Estrategias del Medio Ambiente basadas en el Mercado*, Washington, D.C.
- Tietenberg, T.H., (1989), "Diseño de Sistemas de Licencias Transables de Emisiones: Lecciones de la experiencia de Estados Unidos", presentado en La Conferencia sobre Incentivos Económicos en la Política Ambiental, Estocolmo, Suecia, junio.
- Tripp, James T.B. y Daniel Dudek, (1989), "Lineamientos Institucionales para Diseñar Programas Exitosos de Derechos Transferibles", *Yale Journal on Regulation*, 6 (2) Verano.
- UNDP/DNP, (1992), Diagnóstico y Control de la Contaminación Industrial en Colombia, *mimeo*, Bogotá.
- U.S. Environmental Protection Agency, (1991), *La Experiencia de Los Estados Unidos con los Sistemas de Incentivos Económicos para Controlar la Contaminación Ambiental*, Informe preliminar, octubre.
- U.S. EPA, (1991), *Inversiones Ambientales: El Costo de un Medio Ambiente Limpio*. Washington D.C.
- Varian H., (1982), *Análisis Microeconómico*, Nueva York.
- Savornin-Lohman A.F. de, (1991), Instrumentos Financieros e Incentivos Económicos en los países de la OCDE, *mimeo*, Amsterdam.
- UNIDO, (1991), *Global Report 1991*, Nueva York.
- World Bank, (1992), Informe Anual, *Desarrollo y Medio Ambiente*, Washington D.C.