



Desarrollo y Sociedad

ISSN: 0120-3584

revistadesarrolloy sociedad@uniandes.edu.co

Universidad de Los Andes

Colombia

Cruz, Guillermo

El efecto del regulador y de la comunidad sobre el desempeño ambiental de la industria en Bogotá,
Colombia

Desarrollo y Sociedad, núm. 54, septiembre, 2004, pp. 221-252

Universidad de Los Andes

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169114661006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

El efecto del regulador y de la comunidad sobre el desempeño ambiental de la industria en Bogotá, Colombia*

Guillermo Cruz**

Resumen

Este artículo presenta las relaciones existentes entre tres agentes que influyen en el nivel de contaminación hídrica industrial de la ciudad de Bogotá: las empresas, el regulador ambiental y las comunidades. Reconociendo que las decisiones de estos agentes pueden ser mutuamente dependientes, se utilizó un modelo de ecuaciones simultáneas para encontrar los determinantes del desempeño ambiental de las empresas, los del control de regulador y los de la presión de las comunidades sobre esas empresas. Los resultados evidencian que, contrario a lo que ocurre en otras ciudades de países en desarrollo, el desempeño ambiental de la industria en Bogotá depende significativamente del control ejercido por el regulador y no depende de la presión de las comunidades afectadas. Se encontró también que el nivel de presión ejercido por las comunidades depende de sus condiciones socioeconómicas. Adicionalmente, se encontró que las decisiones de las empresas sobre su manejo ambiental son afectadas por su posición dentro del ranking de contaminación que el regulador publica en Internet.

Palabras clave: regulación, medio ambiente, industria, incentivos, comunidad.

Clasificación JEL: H32, Q28.

* El autor agradece de manera especial los comentarios y sugerencias realizadas por el jurado anónimo que revisó este artículo.

** Subdirector de Telecomunicaciones, Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible, Departamento Nacional de Planeación.

Abstract

This article presents the existing relations among three agents that influence water industrial pollution in the city of Bogotá: the firms, the environmental regulatory agency, and the community. Taking into consideration that the decisions of these agents can be mutually dependent, a model of simultaneous equations was used to find the determinants of environmental performance of companies, control by the regulator, and pressure of communities on companies. The results show that, unlike other cities in developing countries, the environmental performance of industry in Bogotá depends significantly on the control carried out by the regulator, and not on the pressure of the affected communities. It was also found that the level of pressure exerted by communities depends on their socioeconomic characteristics. Additionally, it was found that the decisions of companies on their own environmental management are affected by their position in the pollution ranking that the regulator publishes on the Internet.

Key words: Regulation, Environment, Industry, Incentives, Community.

JEL classification: H32, Q28.

Introducción

Durante los últimos años la evidencia empírica ha mostrado que en países en vía de desarrollo el estado de la contaminación hídrica industrial está determinado principalmente por la acción de agentes diferentes al regulador ambiental. Entre ellos están las comunidades, los consumidores y los inversionistas (Dasgupta *et. al.*, 2000). Lo anterior coincide con la existencia en esos países de reguladores ambientales con baja capacidad de control (enforcement). Se ha observado que, ante la debilidad del gobierno regulador, esos nuevos agentes han ejercido de varias formas, el control ambiental sobre las empresas (World Bank, 2000).

Sin embargo, esto no parece estar sucediendo en Bogotá. En esta ciudad existe un regulador ambiental que, mediante el uso de mecanismos tradicionales de comando y control, parece ejercer una alta presión so-

bre la industria¹. Adicionalmente, en Bogotá los consumidores no revelan preferencias claras por productos o procesos de alto desempeño ambiental, las comunidades no muestran una alta capacidad para organizarse en torno a la solución de problemas ambientales, y el mercado accionario se encuentra poco desarrollado. Teniendo en cuenta lo anterior, y dado que la industria de esta ciudad ha presentado desde 1995 reducciones cercanas al 80% en los vertimientos de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), respectivamente (DAMA, 2000), el regulador podría ser el agente con la mayor influencia sobre el desempeño ambiental de la industria bogotana. Este artículo busca, precisamente, mostrar cómo, a diferencia de lo que ocurre en sociedades con niveles similares de desarrollo, en Bogotá el gobierno es un agente importante en cuanto a su capacidad para influir sobre el desempeño ambiental de las plantas industriales. Además, se explican las relaciones existentes entre los agentes que influyen sobre la contaminación hídrica industrial en la ciudad de Bogotá: las empresas, el regulador y las comunidades.

Se propone inicialmente un modelo teórico. Con base en éste, se desarrolla un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas; una para cada uno de los agentes analizados. Este sistema de ecuaciones permite identificar las variables que influyen en: i. el desempeño ambiental de las plantas industriales, ii. el control del regulador y, iii. la presión ejercida por la comunidad.

Los resultados del modelo econométrico permiten concluir que el desempeño ambiental de las empresas, en materia de vertimientos, está determinado por las acciones de control del regulador, por algunas características de las firmas y por su posición dentro del ranking de contaminación publicado en internet². Adicionalmente, se encontró que el comportamiento de las empresas no es determinado por la presión directa de la comunidad.

¹ El regulador ambiental en la ciudad de Bogotá es el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA), creado en 1995. Se encarga, principalmente, del monitoreo y del control de la calidad ambiental de la ciudad. El DAMA aplica instrumentos tradicionales de comando y control. Adicionalmente, publica en internet la clasificación de las empresas bogotanas de acuerdo con su nivel de contaminación.

² www.dama.gov.co.

Por otra parte, los resultados del modelo muestran que el número de actividades de control del regulador (multas y cartas) se asocia principalmente con el número de visitas de seguimiento que éste realiza a las empresas reguladas y con algunas características de las mismas. Por último, se encontró también que el factor determinante de la presión social que reciben las empresas depende del nivel socioeconómico de las comunidades que la ejercen.

Este artículo está compuesto por 5 secciones. La sección I presenta una revisión de la literatura relevante. La sección II presenta el modelo econométrico. La sección III describe las fuentes de información utilizadas para la definición de las variables del modelo. En la sección IV se presentan los resultados de la estimación econométrica. Por último, en la sección V se presentan las conclusiones.

I. Revisión de literatura

Hasta mediados de la década del 90, para explicar el comportamiento ambiental de la industria, se aceptaba un modelo de regulación de acuerdo con el cual el único agente que influye sobre el desempeño ambiental de las empresas es el gobierno. Esto a través de la regulación, el monitoreo y el control (*enforcement*) de las autoridades ambientales. Este se conoce como el *Modelo de Regulación Estado – Industria* (Afsah *et al.*, 1996). De acuerdo con este modelo sería previsible que, dada la debilidad del regulador en los países en vías de desarrollo, el desempeño ambiental de sus empresas sería precario. De hecho, en estos casos las fábricas no asumirían ningún costo privado por la contaminación que generan (Hartman, *et al.*, 1996). Lo anterior permitiría argumentar que altos niveles de contaminación industrial fuesen inevitables en estos países.

Al final de la década del 90, la evidencia empírica mostró que las predicciones sobre contaminación industrial en países en desarrollo no habían sido siempre correctas. En Bogotá y en otras ciudades de países en vía de desarrollo, existen empresas cuyo desempeño ambiental es más alto hoy que hace 10 años. Adicionalmente, la contaminación total ha disminuido en regiones donde la industria ha presentado un rápido crecimiento (World Bank, 2000).

Se ha encontrado que en estos países, la reducción en los vertimientos industriales obedece, en parte, a la presión ejercida por las comunidades

locales, los inversionistas y los consumidores. Pargal y Wheeler (1996) citan ejemplos en Yakarta, en India y en Río de Janeiro. Esta presión, a la que con frecuencia se refiere la literatura como “regulación informal”, genera costos a las empresas. Estos son directos (compensaciones, inversiones en reducción) cuando provienen de las comunidades cercanas, e indirectos (reducciones en los precios de los productos o de las acciones de las empresas) cuando son causados por consumidores o inversionistas que prefieren bienes o procesos de alto desempeño ambiental.

Hartman *et al.* (1996) hallaron que los principales determinantes del desempeño ambiental de las empresas en Bangladesh, India, Indonesia y Tailandia son las características de las plantas industriales, las condiciones de los mercados y las presiones del gobierno, los consumidores, los inversionistas y las comunidades. Panayotou *et al.* (1997) encontraron que en Tailandia la presión de la comunidad influye positivamente sobre el comportamiento ambiental de las plantas industriales. Blackman y Bannister (1998) identificaron la presión de la comunidad como un factor influyente en la adopción de tecnologías limpias por parte de las plantas ladrilleras mexicanas. Aden, *et al.* (1999) encontraron que, junto con el control del regulador y las características de las plantas industriales, la presión de la comunidad ha influido en la inversión ambiental realizada por las empresas de Korea.

No obstante, es de esperar que comunidades con bajos ingresos, y muy limitada educación e información, asignen un nivel relativamente bajo de prioridad al control de la contaminación. Esas comunidades podrían no conocer las consecuencias de la contaminación. Su capacidad para ejercer los derechos asociados a un ambiente sano sería limitada. De hecho, se ha encontrado que la capacidad de una comunidad para imponer costos a empresas contaminadoras depende de variables asociadas a su nivel de ingreso y educación (Hettige *et al.*, 1996). Pargal y Wheeler (1996) encontraron en Indonesia que las plantas industriales ubicadas en áreas pobres y con bajos niveles de educación, son considerablemente más contaminantes que las localizadas en regiones donde el ingreso y la educación de la población son mayores. Wang (2000) estimó un modelo econométrico que le permitió concluir que en China, tanto la regulación formal como las variables relacionadas con la comunidad (ingreso, densidad de población) son determinantes significativos de la contaminación hídrica generada por las empresas.

Las reducciones en la contaminación industrial que se han observado en algunos países han sido también atribuidas al nuevo papel que han asumido algunos reguladores ambientales. Estas autoridades han complementado los instrumentos tradicionales de comando y control con mecanismos más flexibles. En algunos casos cobran tasas por contaminación; en otros el sistema de estándares ha sido complementado con programas de información pública sobre el desempeño ambiental de las empresas (World Bank, 2000).

Todo lo anterior ha llevado al desarrollo de un modelo según el cual existen tres agentes externos que influyen sobre el comportamiento ambiental de la industria: el regulador, las comunidades y los agentes de mercado (consumidores e inversionistas) (Afsah *et al.*, 1996). En los últimos años se ha estudiado no sólo la influencia de estos agentes sobre el desempeño ambiental de las empresas, sino también la forma como ellos interactúan. Es así como Aden *et al.* (1999) en Korea, y Gray y Deily (1996) en Estados Unidos, han estimado, simultánea-mente, los determinantes del desempeño ambiental de las empresas y los del control ejercido por el regulador. Con esto, ellos han contribuido a entender mejor las relaciones que pueden existir entre los distintos agentes que determinan el desempeño ambiental de las empresas.

II. El modelo

A. Antecedentes

De acuerdo con lo anterior, factores distintos a la intervención del gobierno podrían influir sobre el desempeño ambiental de las empresas. Dasgupta *et al.* (2000) desarrollaron un modelo teórico según el cual la intensidad de las emisiones (contaminación/producción) a la que se minimizan los costos totales asociados a la contaminación, puede ser explicada mediante la siguiente expresión:

$$P_i = f(Q_i, D_i, S_i, V_i, N_i, X_i, E_i, A_i, C_i, O_i, T_i) \quad (1)$$

Donde P_i corresponde a la intensidad de la contaminación. Las variables explicativas son: el tamaño de la planta (Q_i), la existencia de otras plantas en la firma (D_i), el sector productivo (S_i), la edad de la maquinaria (V_i), el nivel de educación de los trabajadores (N_i), la experiencia administrativa

(X_i), la calidad del sistema de manejo ambiental al interior de la planta (E_i), la actividad del regulador (A_i), la presión de la comunidad (C_i), la propiedad de la empresa (O_i) y los vínculos comerciales (T_i).

La intensidad de las emisiones no es la única variable que ha sido utilizada para modelar el desempeño ambiental de una planta industrial. Por ejemplo, Henriques y Sadorsky (1996) utilizaron como variable dependiente la existencia de un plan de gestión ambiental en las empresas canadienses. Encontraron que la existencia de planes ambientales depende de características de las propias de las empresas (sector productivo, variables de desempeño económico) y de la presión de los consumidores, los inversionistas, el gobierno y la comunidad.

Otros autores han estudiado el comportamiento del regulador y de las comunidades afectadas por la contaminación. Gray y Deily (1996) estimaron un modelo de dos ecuaciones simultáneas para explicar el desempeño ambiental de las empresas y las acciones de control del gobierno sobre la industria de acero en los Estados Unidos. Encontraron que el número de acciones de control del gobierno depende principalmente de las características de las empresas y de su cumplimiento ambiental esperado. Dion *et al.* (1998) analizaron los determinantes de las actividades de monitoreo ambiental del regulador en Quebec (Canadá). Encontraron que la probabilidad de adelantar inspecciones de monitoreo depende del desempleo local, del daño causado por la contaminación, del nivel de cumplimiento ambiental de las empresas y de algunas variables de control, regionales y temporales. Aden *et al.* (1999) utilizaron un modelo de dos ecuaciones simultáneas para encontrar los determinantes de la inversión ambiental en las plantas industriales y los de las actividades de control del regulador (sanciones, multas) en Korea. Por último, Pargal y Wheeler (1996) estimaron un modelo lineal para hallar los factores que influyen en el nivel de emisiones de las empresas en Indonesia. Utilizaron variables de educación, ingreso y densidad poblacional como determinantes de la presión generada por las comunidades sobre la industria.

Ahora, para modelar el nivel de control ejercido por el gobierno, se ha supuesto la existencia de un regulador ambiental cuya función objetivo, π , está dada por:

$$\pi = \pi(\rho, \gamma) \text{ con } \pi_\rho < 0 \text{ y } \pi_\gamma < 0$$

donde ρ corresponde al nivel de contaminación hídrica existente en el área de jurisdicción del regulador y γ indica el nivel de otras formas de contaminación (atmosférica, ruido, etcétera). El nivel de contaminación hídrica, ρ , estaría determinado por la siguiente función:

$$\rho = \rho(E^*, \rho_0, Z, q), \text{ con } E^* = E^*(E, \underline{V})$$

Donde E^* representa el nivel de control efectivo del regulador (ej.: amonestaciones). Este control efectivo depende de los recursos económicos dedicados al control (E) y de las actividades de seguimiento (ej.: visitas) (V). La variable ρ_0 corresponde al nivel de contaminación hídrica en el período anterior; Z es un vector de características de las empresas, y q es el nivel de presión ejercida por las comunidades sobre las empresas contaminadoras.

Al solucionar el problema del regulador, se tendrá una expresión donde el nivel óptimo de recursos dedicados al control depende de los parámetros del problema:

$$E = E(\underline{V}, \rho_0, Z, q, P) \quad (2)$$

Esta expresión muestra como los recursos dedicados al control de la contaminación hídrica por parte del regulador, son función de sus actividades de seguimiento (V), del nivel anterior de contaminación (ρ_0), de algunas características de las plantas industriales (Z), de la presión de la comunidad (q) y del presupuesto del regulador (P). En el anexo 1 se presenta, de manera detallada, la deducción de la anterior expresión.

Finalmente, en cuanto a la presión de la comunidad afectada por la contaminación, esta puede ser modelada a partir del comportamiento de un individuo con la siguiente función de utilidad:

$$U = U(C, \rho) \text{ con } U_C > 0, U_{CC} < 0, U_\rho < 0, U_{\rho\rho} > 0 \quad (3)$$

Donde C es un “bien” que representa la cantidad de recursos dedicados al consumo y ρ es un “mal” que indica el nivel de contaminación (en este caso hídrica) que afecta al individuo. La función de “producción” de contaminación hídrica sería:

$$\rho = \rho(q^*, \rho_0, Z, E) \text{ con } q^* = q^*(q, Y)$$

Donde q^* representa el nivel efectivo de presión de la comunidad, el cual depende de los recursos destinados a presionar a las empresas contaminadoras (q) y de una variable relacionada con las condiciones socioeconómicas de la población (Y). Se tiene también que el nivel actual de contaminación depende del nivel de contaminación anterior (ρ_0), de algunas características de las empresas (Z) y de los recursos dedicados por el regulador al control (E). Al solucionar el problema del consumidor representativo, se obtiene la siguiente expresión, donde el nivel óptimo de presión del individuo depende de los parámetros de su problema:

$$q = q(Y, I, \rho_0, Z, E)$$

Esta expresión indica que el nivel de presión de la comunidad depende del ingreso (I), de otras características socioeconómicas de la población (Y), de los niveles anteriores de contaminación (ρ_0), de algunas características de las empresas (Z) y del nivel de control del regulador (E). En el anexo 1 se presenta, de manera detallada, la deducción de la anterior ecuación.

B. Modelo econométrico

Se plantea un modelo de tres ecuaciones simultáneas en corte transversal para estudiar los determinantes del comportamiento ambiental de las empresas, de las actividades de control del regulador y de la presión de la comunidad en la ciudad de Bogotá. El modelo fue construido teniendo en cuenta los modelos teóricos descritos y la posible endogeneidad tanto del control del regulador como de la presión de la comunidad dentro de las variables que explican el desempeño ambiental de las empresas. La especificación del modelo es la siguiente:

$$R = f(Z_1, E, PC, S - M_0, RK) \quad (4)$$

$$E = f(Z_2, S - M_0, V, PC, RK) \quad (5)$$

$$PC = f(M_0, Y, E, RK) \quad (6)$$

Donde R es la respuesta ambiental de la firma representativa; Z_i ($i = 1, 2$) corresponde a características de la empresa³ (tecnológicas, económicas y organizacionales); E (*enforcement*) es el control (multas, sanciones) ejercido por el regulador; PC es la presión de la comunidad; S es el estándar ambiental; M_0 son las emisiones en el período anterior; $S - M_0$ corresponde a la distancia respecto a la norma en dicho período; RK^4 es el puesto ocupado por la empresa en el ranking de contaminadoras en el período anterior; V es el seguimiento del regulador a la empresa (número de visitas) y, Y corresponde a variables socioeconómicas de la comunidad.

Debido a que la respuesta ambiental de la firma (R) aparece únicamente en la ecuación (4), se tiene un modelo recursivo de tres ecuaciones que puede ser dividido en dos bloques⁵: El primer bloque está conformado por las ecuaciones (5) y (6). Éste se estima mediante el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E)⁶, utilizando variables instrumentales⁷. El segundo bloque está compuesto por la ecuación que explica la respuesta ambiental de la firma. La variable dependiente (R) no aparece en el primer bloque, razón por la cual E y PC no están correlacionados con el error en dicha ecuación (*ver* Pindick, 1981). Entonces, cuando la variable dependiente es continua, la ecuación (4) puede ser estimada mediante MCO, utilizando entre las variables independientes, las relacionadas con el control del regulador (E) y la presión de la comunidad (PC) estimadas en el primer bloque de dos ecuaciones simultáneas.

³ El conjunto de variables Z es diferente en las ecuaciones (4) y (5) del modelo. Esto porque existe asimetría de información entre el regulador y las empresas en cuanto a las características de estas últimas.

⁴ En Bogotá el regulador ambiental publica mensualmente en internet, la clasificación de las empresas reguladas, según su nivel de contaminación.

⁵ *Ver* Pindick (1981).

⁶ Dado que en estas dos ecuaciones las variables dependientes pueden estar correlacionadas con los términos del error y que además se tienen variables independientes estocásticas (E , PC), los estimadores del modelo clásico de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) no son consistentes (*ver* Judge *et al.*, 1988).

⁷ Para las variables utilizadas, cuya construcción se muestra en la siguiente sección, este sistema de ecuaciones simultáneas resultó ser sobreidentificado (cumple con las condiciones de orden y de rango para identificación (*ver* Judge *et al.*, 1988), lo cual posibilitó su estimación mediante MC2E.

III. Fuentes de información y construcción de variables

Para la estimación del modelo econométrico se utilizó información de 96 empresas (el 8% de las 1.189 empresas reguladas en la ciudad⁸). Ellas fueron encuestadas durante el año 2000 sobre sus características tecnológicas y organizacionales, su gestión ambiental entre 1997 y 2000, sobre las actividades de seguimiento y control del regulador, y sobre la presión ejercida por la comunidad. Adicionalmente se contó con información de la autoridad ambiental sobre los vertimientos (DBO, DQO y UCH⁹) de esas empresas entre 1997 y 2000. Se utilizó además información financiera de las empresas, incluyendo el valor de los activos, pasivos, patrimonio, ingresos, costos y utilidades durante el año 2000¹⁰.

La distribución por sectores de las empresas se presenta en la tabla 1.

Como se aprecia en la tabla 1, los 23 sectores fueron divididos en 5 grupos. La muestra incluye a empresas de todos ellos. Por tanto, en la estimación econométrica se capturan las diferencias que pudieran existir en cuanto a los costos marginales de reducción de las empresas.

Las tablas 2 y 3 presentan las variables utilizadas para la estimación del modelo econométrico. Con el objetivo de determinar el nivel inicial de contaminación de cada una de las empresas se escogió la primera observación de emisiones reportada por el regulador en el período 1997-2000. Adicionalmente, para definir en cada empresa, un período de análisis, se contempló tanto la fecha de esa primera observación como la de la última reportada por el regulador. Teniendo en cuenta la duración del período, se calcularon todas las variables de flujo del modelo econométrico. Para esto se dividió el valor de cada variable entre el número de meses del período para cada empresa (ej., inversión mensual y número mensual de visitas del regulador, durante el período). El

⁸ Mediante una prueba estadística (t) de comparación de medias respecto a una muestra aleatoria, se estableció que la muestra analizada no presenta sesgo de selección.

⁹ UCH significa “Unidad de Contaminación Hídrica”. Es un índice de contaminación utilizado por el regulador ambiental en Bogotá que es igual a la suma de las desviaciones porcentuales positivas respecto a los estándares.

¹⁰ La información financiera de las empresas, fue suministrada por la Cámara de Comercio de Bogotá, entidad que agremia a la industria de esta ciudad.

Tabla 1. Distribución de la muestra por sectores productivos¹¹.

Grupo	Nombre	cciu	Sector incluido	No. Empresas	No. total
Grupo 1	Alimentos y bebidas	15	Alimentos y bebidas	35	35
		16	Tabaco	0	
Grupo 2	Textiles y confecciones	17	Textiles	11	20
		18	Confecciones	2	
		19	Cueros	7	
Grupo 3	Papel e imprentas	20	Madera	0	5
		21	Papel y cartón	2	
		22	Imprentas	3	
Grupo 4	Químicos y cauchos	23	Refinación petróleo	1	20
		24	Químicos	16	
		25	Caucho y plástico	2	
		26	Minerales no metálicos	1	
Grupo 5	Metalúrgica, automotriz y otros	27	Metalúrgicos básicos	3	16
		28	Metálicos maquinaria y equipo	2	
		29	Maquinaria y equipo	1	
		30	Maquinaria de oficina	1	
		31	Aparatos eléctricos	0	
		32	Electrodomésticos	0	
		33	Instrumentos varios	0	
		34	Automotriz	7	
		35	Otros	0	
		36	Muebles	3	
		37	Reciclaje	0	
Total			96	96	

modelo estimado es del tipo Log-Log. En consecuencia, todas las variables continuas, excepto los porcentajes, se expresan en forma de logaritmo. En la tabla 2 se describen las variables del primer bloque de ecuaciones simultáneas y en la tabla 3 las variables utilizadas en el segundo bloque.

El primer bloque contiene dos variables endógenas (tabla 2): el control del regulador (*E*) y la presión de la comunidad (*PC*). La primera se estimó a

¹¹ La columna CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) muestra los dos primeros dígitos del código asignado internacionalmente a cada sector productivo (ver Cámara de Comercio de Bogotá, 2000).

Tabla 2. Construcción de variables del primer bloque de ecuaciones.

$$E = f(Z_2, S - M_0, V, PC, RK)$$

$$PC = f(M_0, Y, E, RK)$$

Grupo variables	Nombre	Descripción	Unidades	Var. categóricas	Tipo variable
Control regulador (E)	CONTREG	# Cartas + 2.# multas al mes	Índice		Endógena
Presión comunidad (PC)	PCT	# Quejas al mes	unid/mes		Endógena
Características firmas (Z2)	S1	Sector 1	1 0	Pertenece sector 1 otro caso	Exógena
	S2	Sector 2	1 0	Pertenece sector 2 otro caso	Exógena
	S3	Sector 3	1 0	Pertenece sector 3 otro caso	Exógena
	S4	Sector 4	1 0	Pertenece sector 4 otro caso	Exógena
	LTAM	L (# Empleados)	L (unidades)		Exógena
	LEDAM	L (Edad equipos)	L (años)		Exógena
	PROP	Propiedad	1 0	Part. extranjera No. part. extranjera	Exógena
Cumpl. inicial (S-M0)	LUCHINI	L(UCH inicial)	Índice		Exógena
Ranking (RK)	RK	Puesto relativo inicial en ranking	% %		Exógena Exógena
Visitas del regulador (V)	VISIT	# Visitas al mes del regulador	unid/mes		Exógena
Características socioeconómicas comunidad (Y)	ZONA	Zona residencial	1 0	Zona residencial Zona industrial	Exógena
	ESTRAT	Estrato manzana de la firma	Índice		Exógena

partir de la variable CONTREG que corresponde al número de cartas más dos veces el número de multas impuestas mensualmente a la empresa. La ponderación del número de multas se realizó teniendo en cuenta el impacto mayor de una multa frente al de una carta del regulador¹². La variable CONTREG fue utilizada para describir el control del regulador en Bogotá (E). Esta variable captura los principales mecanismos de control que el regulador utiliza en Bogotá, que son los llamados de atención a las empresas remiti-

¹² El factor de ponderación (2) fue escogido siguiendo el criterio de Aden *et al.* (1999).

dos mediante cartas y las penalizaciones monetarias. La presión de la comunidad se estimó a partir de la variable PCT que corresponde al número de quejas mensualmente dirigidas por la comunidad al regulador o a la empresa¹³. Para capturar las características de las empresas (Z_2) utilizadas en el primer bloque se construyeron 7 variables: cuatro categóricas¹⁴ (S1, S2, S3, S4) relacionadas, cada una, con los grupos de sectores definidos anteriormente y que operan como variables de control. La variable LTAM que se relaciona con el tamaño de la firma fue construida como el logaritmo del número de empleados. Esta también opera como una variable de control. La variable LEDAM está relacionada con la edad de la maquinaria y fue construida como el logaritmo de la edad promedio de los equipos. La variable PROP se relaciona con la propiedad de la firma; es una variable categórica que toma el valor de 1 si existe participación extranjera en la propiedad y de 0 en caso contrario.

El cumplimiento ambiental de la empresa en el período inicial (M_0) se incluyó en el modelo mediante la variable LUCHINI. Esta corresponde al logaritmo de las unidades de contaminación hídrica (UCH) emitidas en el momento inicial por la empresa. La ubicación de la empresa en el ranking de empresas contaminantes para el período inicial, fue incluida mediante la variable RK; esta corresponde al lugar de la empresa en el ranking de contaminación, sobre el número total de empresas reguladas en el período inicial. La correlación entre las variables LUCHINI y RK (0,15) no resultó significativa¹⁵, razón por la cual pudieron utilizarse simultáneamente en el modelo sin esperar problemas de multicolinealidad.

La variable relacionada con el seguimiento del regulador a las empresas, VISIT¹⁶, corresponde al número de visitas mensuales que éste realiza para

¹³ La variable (PCT) captura una parte significativa de la presión total generada por la comunidad, pero no tiene en cuenta la posibilidad de que esa comunidad acuda a otras instancias, como ONGs o alcaldías locales para presentar sus quejas.

¹⁴ Aunque se tienen 5 grupos de sectores productivos, se incluyen sólo 4 variables categóricas para evitar problemas de multicolinealidad.

¹⁵ Este resultado se debe a que el regulador ha definido dos grupos de empresas: las que vierten principalmente DBO y las que vierten DBO más otras sustancias tóxicas. Por esta razón, aunque a todas las empresas se les calcula el mismo índice de contaminación (UCH), dependiendo de la naturaleza de los contaminantes, cada empresa pertenece a uno de los dos rankings definidos (UCH1 y UCH2).

¹⁶ Debido a la posibilidad de que esta variable resultara endógena, se realizó la prueba de exogeneidad de Hausman (ver Judge *et al.*, 1988). Los resultados de dicha prueba permitieron utilizarla como variable exógena en el modelo.

monitorear el desempeño ambiental de las empresas reguladas. Estas visitas se hacen, principalmente, a las empresas que se han comprometido a reducir sus vertimientos o a aquellas que han sido detectadas como posibles generadoras de altos niveles de contaminación. Se incluyeron en el modelo dos variables relacionadas con las características socioeconómicas de la comunidad (Y): la variable ZONA es una variable categórica que toma el valor de 1 si la empresa se encuentra ubicada en zona residencial y 0 en caso contrario. Esta es una variable de control en el modelo porque las zonas residenciales albergan una mayor población que la de las zonas industriales y, por tanto, en ellas se deben presentar mayores niveles de presión sobre las empresas. La variable ESTRAT corresponde al estrato socioeconómico de la manzana en que se ubica la empresa¹⁷. Esta es una variable discreta que toma valores de entre 1 y 4 y que corresponde a los estratos socioeconómicos en cuyos vecindarios se ubica la industria manufacturera en Bogotá.

El segundo bloque corresponde a la ecuación asociada con la respuesta ambiental (R) de las empresas (tabla 3). Para estimar dicha ecuación, se probaron por separado dos variables dependientes: *i.* la variable LINV que está definida como el logaritmo de la inversión ambiental¹⁸ mensual de la empresa y, *ii.* la variable dicótoma PLANG que toma el valor de 1 si la empresa tiene plan de gestión ambiental y 0 de lo contrario. Como la primera variable dependiente es continua y la segunda es discreta binomial, en el primer caso la estimación fue realizada mediante MCO, mientras que en el segundo se utilizó un modelo Logit.

Para describir las características de las empresas se incluyeron 10 variables. Se usaron de nuevo como variables de control a las variables correspondientes a los sectores (S1, S2, S3, S4) y la variable asociada con el tamaño

¹⁷ La ciudad de Bogotá se encuentra estratificada de acuerdo con características socioeconómicas como el ingreso y la educación de la población. Esta estratificación incluye seis segmentos; el estrato 1 corresponde al segmento de menores ingresos y el 6 al de mayores ingresos.

¹⁸ La inversión ambiental corresponde a los recursos asignados por la empresa a la construcción y mantenimiento de plantas de tratamiento, a la sustitución de insumos o a cambios en los procesos productivos para reducir la contaminación. Como se muestra en la sección IV, estas inversiones están correlacionadas positivamente con reducciones en la contaminación de las empresas.

Tabla 3. Construcción de variables del segundo bloque.
 $R = f(Z_1, E, PC, S - M_0, RK)$

Grupo Variables	Nombre	Descripción	Unidades	Var. Categóricas	Tipo variable
Respuesta ambiental empresas (R)	LINV	L (Inv. ambiental al mes)	L(\$/mes)		Dependiente
	PLANG	Plan de gestión ambiental	1 0	Tiene plan No tiene plan	Dependiente
Características firmas (Z1)	S1	Sector 1	1 0	Pertenece sector 1 otro caso	Exógena
	S2	Sector 2	1 0	Pertenece sector 2 otro caso	Exógena
	S3	Sector 3	1 0	Pertenece sector 3 otro caso	Exógena
	S4	Sector 4	1 0	Pertenece sector 4 otro caso	Exógena
	LTAM	L(No. empleados)	L(unidades)		Exógena
	ASOCIA	Pertenencia a asoc. indust.	1 0	Pertenece a alguna No pertenece	Exógena
	LEDAM	L(edad equipos)	L(años)		Exógena
	PROP	Propiedad	1 0	Part. extranjera No part. extranjera	Exógena
	LVENEMP	L(ventas No. empleados)	L(\$/emp)		Exógena
	RENTAB	Rentabilidad de los activos	%		Exógena
Control regulador (E)	CONTREG (est)	No. cartas + 2. No. multas al mes	Índice		Endógena
Cumpl. inicial (S-M0)	LUCHINI	L(UCH inicial)	Índice		Exógena
Presión comunidad (PC)	PCT(est)	No. quejas al mes	Unidades		Endógena
Ranking (RK)	RK	Puesto relativo inicial en el ranking	%		Exógena

de la empresa (LTAM). Las demás variables fueron la edad de la maquinaria (LEDAM), y la propiedad de la empresa (PROP) que fueron ya descritas. Además se incluyó la pertenencia a asociaciones de industriales mediante la variable ASOCIA que toma el valor de 1 si la empresa pertenece a alguna asociación de industriales y de 0 en caso contrario. Se incluyeron también dos variables relacionadas con el desempeño económico de las empresas: el

logaritmo de las ventas por empleado (LVENEMP) y la rentabilidad de los activos (RENTAB)¹⁹.

El control del regulador CONTREG(est) y la presión de la comunidad PCT(est), se utilizan como variables independientes en el caso del segundo bloque. Ambas se construyen a partir de los valores estimados en el primer bloque de ecuaciones simultáneas.

Por último, dentro de las variables independientes del segundo bloque, se utilizan de nuevo, tanto el logaritmo de las unidades de contaminación hídrica (UCH), LUCHINI, como la ubicación relativa en el ranking de empresas contaminantes (RK).

Las estadísticas descriptivas de las variables construidas para la estimación del modelo se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Estadísticas descriptivas.

	Media	Máximo	Mínimo	Desv. est.
ASOCIA	0,729	1,000	0,000	0,447
CONTREG	0,168	0,833	0,000	0,124
ESTRAT	2,708	4,000	1,000	0,579
LEDAM	2,247	3,350	0,916	0,530
LINV	8,769	17,884	0,000	6,715
LTAM	4,240	7,170	1,099	1,381
LUCHINI	1,464	6,940	0,000	1,600
LVENEMP	18,010	21,701	11,943	1,379
VISIT	0,194	0,766	0,000	0,126
PC	0,023	0,333	0,000	0,054
PLANG	0,740	1,000	0,000	0,441
PROP	0,125	1,000	0,000	0,332
RENTAB	0,035	0,787	-0,387	0,131
RK	0,414	0,988	0,006	0,295
S1	0,365	1,000	0,000	0,484
S2	0,208	1,000	0,000	0,408
S3	0,052	1,000	0,000	0,223
S4	0,208	1,000	0,000	0,408
ZONA	0,667	1,000	0,000	0,474

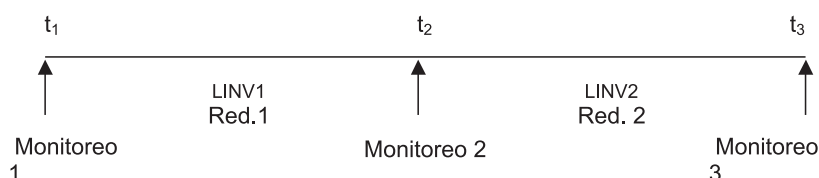
¹⁹ Utilidades sobre activos corrientes.

IV. Resultados

Inicialmente se presentan los resultados de un ejercicio estadístico realizado con el objetivo de encontrar la correlación (en el tiempo) entre la inversión ambiental y reducciones de contaminación por parte de las empresas. Esto con el objetivo de determinar la conveniencia de utilizar la inversión ambiental como variable dependiente del modelo que explica el desempeño ambiental de las empresas. Posteriormente se presentan los resultados de la estimación del modelo econométrico.

Para realizar este ejercicio de correlaciones, se seleccionó una sub-muestra conformada por las 24 empresas de la muestra total que cuentan con, al menos, tres monitoreos por parte del regulador, e inversiones ambientales durante el período de análisis (1997-2000). Se construyeron las variables $LINV_i$, Red_iSST , Red_iDBO y Red_iUCH . Ellas corresponden, respectivamente, a: el logaritmo de la inversión ambiental de la empresa, la reducción porcentual en sólidos suspendidos, la reducción porcentual en DBO y la reducción en UCH. Todas en el período i ($i = 1, 2$). La figura 1 muestra la ubicación temporal de las variables construidas. Las correlaciones halladas se muestran en la tabla 5.

Figura 1. Ubicación temporal, variables de inversión ambiental y reducción en contaminación.



Se encontró una correlación positiva entre la inversión ambiental en el período 1 y las reducciones en el período 2 para todos los parámetros (DBO, SST, UCH). Se halló también una correlación positiva entre la inversión ambiental en el período 2 y las reducciones en el período 2 para todos los parámetros. Consecuentemente, puede afirmarse que existe una relación positiva entre inversiones ambientales presentes y reducciones de contaminación hacia el futuro. Esto evidencia el rezago que existe entre el momento en que se realizan las inversiones ambientales y el momento en el que se producen las reducciones en contaminación. Por todo lo anterior, la inversión ambiental resulta ser una variable aceptable para aproximarse a

las reducciones futuras en contaminación de las empresas. Entonces, en nuestro modelo, la inversión ambiental se aproxima a la variable dependiente “respuesta ambiental” de las empresas.

Tabla 5. Correlaciones: inversión ambiental y reducción en contaminación.

	Red1 SST	Red2 SST	Red1 DBO	Red2 DBO	Red1 UCH	Red2 UCH
LINV1	-0,307	0,235	-0,203	0,250	0,113	0,086
LINV2	-	0,210	-	0,060	-	0,041

Los resultados de la estimación del modelo econométrico se presentan a continuación. En el sistema de dos ecuaciones simultáneas, la ecuación (5) relacionada con el control del regulador fue estimada utilizando como variables de control, aquellas relacionadas con el sector productivo (S1, S2, S3, S4)²⁰. Como puede observarse en la tabla 6, las actividades de control del regulador (CONTREG) están relacionadas positivamente con la edad de la maquinaria (LEDAM) y con el número de visitas del regulador a la planta (VISIT). A su vez, el control del regulador (CONTREG), se encuentra afectado negativamente por la participación de propiedad extranjera en las empresas (PROP). Estas tres variables (LEDAM, VISIT, PROP) son estadísticamente significativas, y sus signos son los esperados. Estos resultados que son consistentes con los reportados por Aden *et al.* (1999), y por Gray y Deily (1996), sugieren que el regulador sanciona principalmente a las empresas que ha visitado, a las empresas con equipos antiguos y a las empresas de propiedad local.

Las variables que no resultaron significativas en esta ecuación fueron las relacionadas con: *i.* el desempeño ambiental anterior de las empresas (LUCHINI, RK). *ii.* el tamaño (LTAM) de las empresas y, *iii.* la presión de la comunidad (PCT). Lo primero sugiere que las sanciones y las multas que impone la autoridad ambiental (CONTREG), son independientes de la información que tenga el regulador sobre el desempeño ambiental anterior de las empresas. En otras palabras, un buen record ambiental no evita una sanción cuando se cae en incumplimiento. Esto puede deberse a que el regula-

²⁰ Las variables S1, S2, S3 y S4 se utilizaron como variables de control, para tener en cuenta en el modelo que diferentes procesos productivos tienen distintos costos marginales de reducción y, por ende, se espera que tengan diversos comportamientos ambientales ante similares penalidades marginales esperadas.

dor toma la decisión de sancionar una empresa considerando únicamente lo observado en las visitas a las empresas reguladas. Lo segundo y lo tercero indican que el tamaño o la visibilidad de las empresas y las quejas de la comunidad, no afectarían las actividades de control del regulador. Se trata entonces de un regulador que para sancionar, no tiene en cuenta el tamaño de las empresas sino su desempeño ambiental actual, y cuyas intervenciones de control no dependen de la presión social. Para esta ecuación, las pruebas de bondad de ajuste, especificación y no violación de supuestos del modelo de regresión (heterocedasticidad, multicolinealidad, autocorrelación) arrojaron resultados satisfactorios (tabla 6).

Los resultados para la ecuación (6) del sistema que tiene como variable dependiente la presión de la comunidad (PCT), medida como el número de quejas, se muestran en la segunda columna de la tabla 6. En este caso se utilizó como variable de control la ubicación de la firma (ZONA). Los resultados sugieren que la presión de la comunidad depende significativa y positivamente del estrato socioeconómico de la población que habita la zona donde se encuentra la planta (ESTRAT). Lo anterior se puede asociar con el mayor nivel de educación e información que normalmente se asocia con el mayor ingreso. Resultados similares se han encontrado en otros países (Hartman *et al.*, 1996).

En la ecuación (6), las variables relacionadas con el control del regulador (CONTREG) y con el comportamiento ambiental anterior de la empresa (LUCHINI, RK) no resultaron significativas. Esto sugiere que las comunidades al ejercer presión no tienen en cuenta ni el desempeño anterior de las empresas ni las actividades de control del regulador. Este resultado puede estar evidenciando la escasa información que tiene la comunidad sobre las actividades del regulador, o la falta de información sobre el desempeño ambiental de las empresas cercanas. Esta ecuación (6), cumple con los requisitos de las pruebas de bondad de ajuste y no violación de supuestos del modelo de regresión (tabla 6). No obstante, aunque su confiabilidad estadística es alta (92,5%), no satisface el criterio de 95%; esto sugiere que las variables del modelo pueden no estar explicando completamente a la variable dependiente de esta ecuación (PC).

Ahora, en cuanto al segundo bloque de ecuaciones se probaron dos opciones de variables dependientes relacionadas con la respuesta ambiental de las empresas (4): *i.* el logaritmo de la inversión ambiental mensual (LINV)

y, *ii.* la existencia de un plan de gestión (PLANG). Entre las variables independientes siempre se incluyeron las siguientes: las relacionadas con los sectores industriales (S1, S2, S3, S4) y el tamaño de las plantas (LTAM) como variables de control, y las asociadas con sanciones del regulador (CONTREG(est)), con la presión de la comunidad (PCT(est)) y con la ubicación de las plantas en el ranking de contaminación (RK). El efecto de otras variables independientes sobre la bondad del modelo fue evaluado. Esto permitió escoger el de mejor ajuste el cual se presenta en la tabla 7.

Para el caso de la variable dependiente LINV (primera columna en la tabla 7), se encontró, utilizando MCO, que la inversión ambiental de las empresas depende positivamente del control del regulador (CONTREG(est)) y del logaritmo de las ventas por empleado (LVENEMP). Se encontró también que dicha inversión depende negativamente de la posición en el ranking de empresas contaminadoras (RK). Los coeficientes de estas tres variables son significativos y tienen los signos esperados. De acuerdo con lo anterior, las inversiones ambientales de las empresas serían más altas entre mayor sea el control ejercido por el regulador, entre mayor sea la productividad de su fuerza laboral y entre menos favorable sea su posición en el ranking de contaminación. Las variables relacionadas con la edad de la maquinaria (LEDAM), las emisiones iniciales (LUCHINI) y la presión de la comunidad (PCT(est)) resultaron no significativas. En Bogotá las decisiones de inversión ambiental de las empresas, no dependerían ni de su desempeño ambiental en el pasado, ni de las quejas de la comunidad, ni de la edad de los equipos. Estos resultados sugieren que las dos herramientas de control del regulador (sanciones y publicación de desempeño ambiental) son efectivas y que la presión de la comunidad no afecta las decisiones de inversión ambiental de las empresas. La razón de esto puede ser que, a diferencia de la presión de la comunidad, el control del regulador sí genera efectos directos sobre la rentabilidad de las empresas (sanciones monetarias, reducciones en inversión privada).

Para la variable dependiente PLANG (existencia de un plan de manejo ambiental al interior de la empresa), la estimación fue realizada mediante un modelo Logit. Tal como puede observarse en la segunda columna de la tabla 7, la probabilidad de que la empresa cuente con este tipo de plan, está positivamente relacionada con su pertenencia a asociaciones de industriales (ASOCIA), y con su rentabilidad (RENTAB). Este resultado

Tabla 6. Estimación sistema de ecuaciones simultáneas mediante MC2E^a.

	CONTREG	P C
CTE	-0,023 (-0,339)	-0,044 (-1,604)
S1	0,013 (0,345)	
S2	-0,049 (-1,301)	
S3	-0,020 (-0,363)	
S4	-0,022 (-0,613)	
LTAM	0,009 (-0,688)	
LEDAM	0,036 (1,708)*	
PROP	-0,059 (-1,668)*	
CONTREG		-0,022 (0,286)
LUCHINI	0,008 (1,079)	0,003 (0,966)
PCT	-0,331 (-0,413)	
RK	-0,025 (-0,598)	-0,030 (-1,533)
VISIT	0,513 (5,75)***	
ZONA		0,002 (0,167)
ESTRAT		0,028 (2,741)***
R ²	0,4	0,114
F. Estadístico	4,805	2,079
Prob (F)	0,000011	0,075
n.R ² (White) ^b	45,28	7,3
F (Ramsey) ^b	0,83	0,21

^a Los t-estadísticos aparecen en paréntesis.

No. observaciones: 96

^b n.R² (White) es el estadístico de la prueba de Heterocedasticidad de White. F (Ramsey) es el estadístico del test RESET de especificación.

* Nivel de significancia: 10%.

** Nivel de significancia: 5%.

*** Nivel de significancia: 1%.

Tabla 7. Estimación ecuación de respuesta ambiental de las empresas^a.

	LINV	PLANG
CTE	-7,518 (-0,791)	-1,688 (-1,42)
S1	-0,511 (-0,265)	0,227 (0,31)
S2	3,136 (1,42)	1,066 (1,247)
S3	4,149 (1,195)	-0,070 (-0,059)
S4	2,677 (1,206)	0,306 (0,372)
LTAM	0,117 (0,231)	
ASOCIA		1,456 (2,553)**
LEDAM	-2,135 (-1,568)	
PROP		
LVENEMP	0,972 (2,028)**	
RENTAB		4,579 (1,67)*
CONTREG (est)	24,238 (2,501)**	9,747 (2,265)**
LUCHINI	-0,434 (-0,994)	
PCT (est)	30,036 (0,708)	-6,677 (-0,422)
RK	-5,475 (-2,186)**	-0,239 (-0,24)
R ²	0,223	
F. Estadístico	2,189	
Prob (F)	0,022	
n.R ² (White) ^b	68,7	
F (Ramsey) ^b	0,650	
R ² McFadden		0,140
R.V (9gd)		15,464
Prob (F)		0,079
Ind Predicción		0,802

^a Los t-estadísticos aparecen en paréntesis.

No. observaciones: 96

^b n.R² (White) es el estadístico de la prueba de Heterocedasticidad de White. F (Ramsey) es el estadístico del test RESET de especificación.

* Nivel de significancia: 10%.

** Nivel de significancia: 5%.

puede deberse a que las empresas agremiadas y rentables tienen mejor acceso a información sobre los beneficios que estos planes les generan y mayor capacidad económica para implementarlos. El aumento en las actividades de control del regulador (CONTREG(est)) también incrementa la probabilidad de que este plan exista, posiblemente como una forma de prevenir futuras sanciones o costos. Estas tres variables independientes son estadísticamente significativas y tienen los signos esperados. De otra parte, las variables ubicación anterior en el ranking de empresas contaminadoras (RK) y la presión de la comunidad (PCT(est)) resultaron no ser significativas. Esto último podría atribuirse a la falta de consecuencias económicas que genera para las empresas la presión de las comunidades afectadas.

De acuerdo con los resultados del modelo, aunque el desempeño ambiental de las plantas industriales, evaluado mediante dos variables dependientes diferentes, no está afectado por la presión de la comunidad, sí lo está por el control del regulador. Esto podría relacionarse con la presencia de un regulador fuerte y de comunidades poco organizadas en torno a la solución de los problemas ambientales que las afectan.

La ecuación de respuesta ambiental de las empresas (ecuación 4) cumple (para cada variable dependiente) con los requisitos de las pruebas de bondad de ajuste, especificación y no violación de supuestos del modelo de regresión (tabla 7). Los efectos marginales de las variables independientes para la ecuación en que se usó PLANG como variable dependiente, se presentan en la tabla 8. En esta tabla se observa que el aumento de una unidad en la rentabilidad de los activos de las empresas aumenta en 0,7 la probabilidad de tener un plan; igualmente, un aumento de 0,1 unidades en el índice de control del regulador (cuya media es 0,168), aumenta en 0,17 la probabilidad de que las empresas implementen dichos planes de gestión ambiental. De lo anterior puede deducirse que en Bogotá las empresas reaccionan fuertemente ante las actividades de control del regulador.

Tabla 8. Estimación ecuación de respuesta ambiental de las empresas.
Efectos marginales para la variable dependiente PLANG.

	PLANG
CTE	-0,286 (-1,412)
S1	0,038 (0,311)
S2	1,181 (1,266)
S3	-0,011 (-0,059)
S4	0,052 (0,373)
ASOCIA	0,247 (2,611)***
RENTAB	0,778 (1,733)*
CONTREG (est)	1,656 (2,395)**
PCT (est)	-1,135 (-0,424)
RK	-0,041 (-0,24)

* Nivel de significancia: 10%.

** Nivel de significancia: 5%.

*** Nivel de significancia: 1%.

V. Conclusiones

A. Sobre el control del regulador

Se encontró que la frecuencia de las actividades de control del regulador (sanciones y cartas) depende de características de las empresas tales como edad de los equipos y régimen de propiedad. La mayor frecuencia de sanciones y cartas hacia plantas industriales con equipos de mayor edad, podría atribuirse a su menor desempeño ambiental. Es evidente, además, que el regulador ejerce un control menos intenso sobre plantas industriales que cuentan con la participación de capital extranjero. Esto podría rela-

cionarse con el mejor desempeño ambiental de esas empresas. De otra parte, el tamaño de las plantas industriales no es una característica que aumente la frecuencia de los controles que el regulador ejerce.

Se encontró adicionalmente, que la frecuencia de las actividades de control del regulador (sanciones y cartas) también depende del número de visitas realizadas por él a las plantas industriales. Entre mayor sea el número de esas visitas, mayor es la frecuencia de las acciones de control (sanciones y cartas). Evidentemente, esas acciones de control ocurren con mayor periodicidad en las plantas más visitadas por el regulador. Por otra parte, la frecuencia de esas actividades de control (sanciones y cartas) no está relacionada con el desempeño ambiental previo de las empresas; aunque sí parece depender de su desempeño actual.

La frecuencia de las actividades de control del regulador (sanciones y cartas) tampoco está relacionada con la presión ejercida por la comunidad. Esto podría relacionarse con la existencia de comunidades con baja capacidad para ejercer presión sobre los reguladores o con la independencia del regulador frente a presiones de la comunidad.

B. Sobre la presión de la comunidad

Se determinó que la presión ejercida por las comunidades afectadas por los vertimientos industriales, depende principalmente de sus condiciones socioeconómicas. Además, esa presión no está influida por el comportamiento ambiental de las empresas ni por las actividades de control del regulador. Así, empresas con igual desempeño ambiental recibirán presión diferente dependiendo del estado socioeconómico de cada comunidad afectada: las comunidades más educadas, con mayor ingreso y mejor acceso a información, usarían de manera más efectiva los medios a su alcance para enfrentar los problemas locales de contaminación. Se determinó también que la variable relacionada con la posición de cada empresa en el ranking de contaminación que el regulador publica en internet no es significativa para explicar la presión de la comunidad. Esto puede estar evidenciando el limitado acceso a internet de la mayoría de las comunidades.

C. Sobre la respuesta de las empresas

El desempeño de las empresas en materia de vertimientos está determinado por: *i.* las actividades de control del regulador; *ii.* Las características

tecnológicas y económicas de esas empresas, y *iii*. La posición de la planta industrial dentro del ranking de contaminación publicado en internet. En cuanto a las actividades de control del regulador (sanciones y cartas) los resultados indican que efectivamente estas se constituyen en incentivos efectivos para mejorar el desempeño ambiental de las plantas industriales. Las características tecnológicas y económicas de esas empresas que afectan positivamente sus decisiones sobre manejo ambiental son sus ventas por empleado, su rentabilidad y la pertenencia a asociaciones industriales. Esto último podría deberse a que, normalmente, las empresas reciben de esas asociaciones información y asesoría en materia de gestión ambiental.

Además de lo anterior, vale la pena destacar dos resultados: *i*. Aunque las empresas no reciben sanciones de parte del regulador o de la comunidad por su posición en el ranking de contaminación publicado en internet, esa posición afecta directa y positivamente sus decisiones en materia de inversión ambiental. Esto podría ser atribuible a que ellas podrían percibir que agentes tales como los consumidores e inversionistas las pueden sancionar con sus decisiones. *ii*. El desempeño ambiental de las plantas industriales, en lo que tiene que ver con vertimientos, no está afectado por las quejas de la comunidad. Esto es posiblemente por la baja capacidad de control, organización y gestión de la mayor parte de las comunidades, y por su limitado acceso a información sobre el desempeño ambiental de esas plantas.

D. Implicaciones de política y recomendaciones

Como se indicó, las acciones de control del regulador y la divulgación de información pública sobre la contaminación de las empresas son herramientas efectivas que inducen reducciones en el nivel de contaminación de las empresas. El regulador ambiental podría mejorar la eficiencia de sus intervenciones destinando recursos al fortalecimiento del esquema de divulgación de información sobre el desempeño ambiental de las empresas. Este esfuerzo, sumado a la promoción de la agremiación de las empresas a las asociaciones de industriales, permitiría mejorar la eficiencia de las intervenciones del regulador para el logro de determinadas metas de calidad ambiental.

Por último, estudios futuros podrían incluir en el análisis, variables adicionales relacionadas con otras formas de contaminación de origen industrial (ruido, emisiones), así como con otros mecanismos de presión de la comunidad, como las quejas ante la ONG o alcaldías locales. Adicionalmen-

te, en la medida en que se cuente con mayor y mejor información sobre la contaminación industrial en Bogotá, se podrán utilizar otros métodos de estimación (eje.: datos panel) que consideren la evolución de las variables durante el tiempo.

Referencias

- ADEN, J.; KYU-HONG, A. and ROCK, M. (1999). "What is Driving the Pollution Abatement Expenditure Behavior of Manufacturing Plants in Korea?". *World Development*, vol. 27, no. 7, 1203-1214.
- AFSAH, S.; LAPLANTE, B. and WHEELER, D. (1996). "Controlling Industrial Pollution: A New Paradigm". *World Bank Policy Research Working Paper*, no. 1672.
- BLACKMAN, A. and BANNISTER, G. (1998). "Community Pressure and Clean Technology in the Informal Sector: An Econometric Analysis of the Adoption of Propane by Traditional Mexican Brickmakers". *Journal of Environmental Economics and Management*, 35, 1-21.
- Cámara de Comercio de Bogotá (2000). Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas. Revisión 3, adaptada para Colombia por el Dane, 2ª ed.
- DAMA (2000). *Gestión ambiental en el Distrito Capital*, 2ª ed.
- DASGUPTA, S.; HETTIGE, H. and WHEELER, D. (2000). "What Improves Environmental Compliance? Evidence from Mexican Industry". *Journal of Environmental Economics and Management*, 39, 39-66.
- DION, C.; LANOIE, P. and LAPLANTE, B. (1998). "Monitoring of Pollution Regulation: Do Local Conditions Matter?". *Journal of Regulatory Economics*, 13, 5-18.
- GRAY, W. and DEILY, M. (1996). "Compliance and Enforcement: Air Pollution Regulation in the U.S. Steel Industry". *Journal of Environmental Economics and Management*, 31, 96-111.

- HARTMAN, R.; HUQ, M. and WHEELER, D. (1996). "Why Paper Mills Clean Up: Determinants of Pollution Abatement in Four Asian Countries". *World Bank Policy Research Working Paper*, no. 1710.
- HENRIQUES, I. and SADORSKY, P. (1996). "The Determinants of an Environmentally Responsive Firm: An Empirical Approach". *Journal of Environmental Economics and Management*, 30, 381-395.
- HETTIGE, H.; HUQ, M.; PARGAL, S. and WHEELER, D. (1996). "Determinants of Pollution Abatement in Developing Countries: Evidence from South and Southeast Asia". *World Development*, vol. 24, no. 12, 1891-1904.
- JUDGE, G.; HILL, R.; GRIFFITHS, W.; LUTKEPOHL, H. and LEE, T. (1988). *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*, 2^a ed., John Wiley y Sons.
- PANAYOTOU, T.; SCHATZKI, T. and LIMVORAPITAK, Q. (1997). "Differential Industry Response to Formal and Informal Environmental Regulations in Newly Industrializing Economies". Harvard Institute for International Development.
- PARGAL, S. and WHEELER, D. (1996). "Informal Regulation of Industrial Pollution in Developing Countries: Evidence from Indonesia". *Journal of Political Economy*, vol 104, no. 6.
- PINDICK, R. and RUBINFELD, D. (1981). *Econometric Models and Economic Forecasts*. McGraw-Hill.
- WANG, H. (2000). "Pollution Charges, Community Pressure and Abatement Cost of Industrial Pollution in China". World Bank.
- World Bank; Greening Industry, New Roles for Communities, Markets and Governments (2000). Oxford University Press, New York.

Anexo 1. Modelo para el control del regulador ambiental y de presión de la comunidad afectada por la contaminación.

Como lo mencionamos, para modelar el nivel de control ejercido por un regulador ambiental, se supone la existencia de un agente cuya función objetivo, π , está dada por:

$$\pi = \pi(\rho, \gamma) \text{ con } \pi_{\rho} < 0 \text{ y } \pi_{\gamma} < 0$$

donde ρ corresponde al nivel de contaminación hídrica existente en el área de jurisdicción del regulador y γ indica el nivel de otras formas de contaminación. El nivel de contaminación hídrica, ρ , está determinado por la función:

$$\rho = \rho(E^*, \rho_0, Z, q), \text{ con } E^* = E^*(E, \underline{V})$$

Donde, E^* representa el nivel de control efectivo del regulador (eje.: amonestaciones). Éste depende de los recursos dedicados al control (E) y de las actividades de seguimiento (V). ρ_0 corresponde al nivel de contaminación hídrica en el período anterior; Z es un vector de características de las empresas, y q es el nivel de presión ejercida por las comunidades sobre las empresas contaminadoras.

Según lo anterior, la “función de contaminación hídrica” estaría dada por:

$$\rho = \rho(E, \underline{V}, \rho_0, Z, q) \text{ donde } \rho_E < 0, \rho_{\underline{V}} < 0, \rho_{\rho_0} > 0, \rho_q < 0$$

La contaminación por otras fuentes depende (*ceteris paribus*) de los recursos dedicados al control (S). Entonces, la “función de contaminación por otras fuentes” estaría dada por la expresión:

$$\gamma = \gamma(S) \text{ donde } \gamma_S < 0$$

De esta manera, el problema que debe resolver el regulador es el siguiente:

$$\begin{array}{ll} \text{Max } \pi(\rho, \gamma) & \text{Subject to:} \\ E, S & E + S = \underline{P} \\ & \rho = \rho(E, \underline{V}, \rho_0, Z, q) \\ & \gamma = \gamma(S) \end{array}$$

\underline{P} representa la cantidad de recursos que el regulador dedica al control de la contaminación (exógena en el problema). Reemplazando las restricciones en la función objetivo, el problema puede ser expresado de la siguiente manera:

$$\text{Max}_E \pi (\rho(E, \underline{V}, \rho_0, Z, q), \gamma(P - E))$$

La condición de primer orden, respecto al nivel de control (E), es la siguiente:

$$\pi_1 (\partial \rho / \partial E) = \pi_2 (\partial \gamma / \partial S)$$

Esta condición implica que, en el óptimo, el regulador iguala el beneficio marginal de los recursos asignados al control de la contaminación hídrica, con el costo marginal de no dedicar dichos recursos al control de la contaminación generada por otras fuentes. Al solucionar esta condición, se obtiene la siguiente expresión para el control de la contaminación hídrica por parte del regulador:

$$E = E(\underline{V}, \rho_0, Z, q, \underline{P})$$

Además, como se mencionó, la presión de la comunidad afectada por la contaminación ha sido modelada a partir del comportamiento de un individuo representativo con la función de utilidad:

$$U = U(C, \rho) \text{ con } U_C > 0, U_{CC} < 0, U_\rho < 0, U_{\rho\rho} > 0$$

Donde C representa la cantidad de recursos dedicados al consumo y ρ indica el nivel de contaminación (en este caso hídrica) que afecta al individuo. La función de “producción” de contaminación hídrica es:

$$\rho = \rho(q^*, \rho_0, Z, E) \text{ con } q^* = q^*(q, Y)$$

Donde q^* representa el nivel efectivo de presión de la comunidad, el cual depende de los recursos destinados a presionar a las empresas contaminadoras (q) y de una variable relacionada con las condiciones socioeconómicas de la población (Y). Se tiene también que el nivel actual de contaminación depende del nivel de contaminación anterior (ρ_0), de algunas características de las empresas (Z) y del control del regulador (E). Con lo anterior, la “función de contaminación hídrica” estaría dada por:

$$\rho = \rho(q, Y, \rho_0, Z, E) \text{ donde } \rho_q < 0, \rho_Y < 0, \rho_{\rho_0} > 0, \rho_E < 0$$

El problema que debe resolver el individuo es el siguiente:

$$\begin{array}{ll} \text{Max } U(C, \rho) & \text{Subject to: } C + q = \underline{I} \\ C, q & \rho = \rho(q, Y, \rho_0, Z, E) \end{array}$$

Donde I representa el ingreso del consumidor (exógeno). Reemplazando las restricciones en la función objetivo, el problema puede ser expresado de la siguiente manera:

$$\text{Max}_E U(I - q, \rho(q, Y, \rho_0, Z, E))$$

La condición de primer orden, respecto al nivel de presión (q), es la siguiente:

$$U_1 = U_2 (\partial \rho / \partial q)$$

Dado que este individuo debe sacrificar consumo si desea presionar a las empresas para que reduzcan su contaminación, entonces la condición de primer orden muestra que, en el óptimo, el consumidor afectado por la contaminación iguala el costo marginal de ejercer presión sobre las empresas (U_1) con la utilidad marginal generada por dicha presión ($U_2 (\partial \rho / \partial q)$). Al solucionar esta condición, se tiene la siguiente expresión para el nivel de presión de la comunidad:

$$q = q(Y, I, \rho_0, Z, E)$$