

**ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS
EN COLOMBIA. ESTUDIO DE CASO**



MIGUEL ÁNGEL GALARZA GARCIA

**MARIO DÍAZ GRANADOS
ASESOR DE TESIS**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

BOGOTA DC, JULIO DE 2007

*A Dios, a mis padres y mi hermana, a mis amigos y cada persona que ha creído y
cree en mí.*

AGRADECIMIENTOS

Mario Díaz – Granados Ortiz, quién dirigió y asesoró cada una de las fases de este proyecto.

A Guillermo Rudas por sus valiosos comentarios y aportes a este trabajo

A mis padres y hermana por su apoyo, motivación y colaboración día a día.

A Adriana, por su apoyo, paciencia y ayuda en este trabajo

A cada una de las personas que se mantuvo al tanto de mis progresos y alentaron más de uno de mis momentos, aportando conocimientos, tiempo y atención al tema.

Gracias a todos.



CONTENIDO

RESUM EN.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. JUSTIFICACIÓN.....	10
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. MARCO TEÓRICO.....	16
4.1. TEORÍA DE LAS EXTERNALIDADES.....	16
4.1.1. Contaminación óptima.....	17
4.1.2. Eficiencia sin optimalidad.....	18
4.1.3. Medidas de comando y control.....	19
5. EXPERIENCIA DE LA APLICACIÓN DE DE INSTRUMENTOS ECONÓMICOS A NIVEL MUNDIAL PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA.....	21
5.1. FRANCIA (CERNA, 2001; UNEP, 2006).....	21
5.2. ALEMANIA (UNEP, 2006; ORTIZ, 2005; OECD, 1997).....	22
5.3. HOLANDA (UNEP, 2006; ORTIZ, 2005; WBG, 1998).....	22
5.4. ESTADOS UNIDOS (HARRINGTON, 2003; ANDERSON & LOHOF, 1997).....	23
5.5. POLONIA (KATHURIA, 2006).....	24
5.6. MALASIA (KATHURIA, 2006).....	25
6. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL MARCO LEGAL COLOMBIANO SOBRE TASAS RETRIBUTIVAS.....	27
7. SITUACIÓN ACTUAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS EN COLOMBIA.....	32
7.1. INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS.....	32



7.2.	ESTADO DE IMPLEMENTACIÓN	34
7.3.	COMPORTAMIENTO DE LAS CARGAS CONTAMINANTES DE DBO Y SST.....	36
7.4.	COMPORTAMIENTOS DE LA FACTURACIÓN, EL RECAUDO Y LA INVERSIÓN AMBIENTAL 38	
7.5.	RELACIÓN ENTRE LA CARGA VERTIDA Y LA TASA COBRADA.....	39
7.6.	IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS EN LA CALIDAD DEL AGUA 40	
7.7.	ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS. MODELO ECONÓMICO 40	
7.7.1.	Modelo de primeras diferencias para datos panel.....	40
7.7.1.1.	Fuentes de información y construcción de variables.....	42
7.7.1.2.	Comportamiento de las cargas contaminantes (Primeras diferencias)	46
7.7.1.3.	Resultados del modelo econométrico de primeras diferencias.....	50
7.7.2.	Modelos econométricos datos panel balanceado.....	53
7.7.2.1.	Fuentes de información y construcción de variables.....	53
7.7.2.2.	Comportamiento de las cargas contaminantes (Panel Balanceado) 58	
7.7.2.3.	Resultados del modelo econométrico Panel Balanceado.....	59
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
	BIBLIOGRAFIA.....	68
	ANEXOS.....	71



LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Óptimo de Pigou.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2 Óptimo de Baumol & Oates.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3 Gráfico Comando Y Control</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5 Recaudo como un porcentaje de lo facturado e Inversión como porcentaje del recaudo. Todas las corporaciones.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 6 Valores Facturados, recaudados e Invertidos por Corporación.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 7 Número total empresas reportadas por CDMB, CORNARE y CVC 1998-2002 ..</i>	<i>43</i>
<i>Figura 8 Empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 9 Cargas contaminantes de las empresas utilizadas en el modelo de primeras diferencias.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 10 Comportamiento de las cargas de las empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 11 Comportamiento de las empresas industriales utilizadas en el modelo econométrico.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 12 Comportamiento de las empresas Municipales utilizadas en el modelo econométrico.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 13 Empresas usadas en el Modelo de Panel Balanceado</i>	<i>54</i>



LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Número de Autoridades que han finalizado las diferentes fases a diciembre de 2005.....	34
<i>Tabla 2</i> Total empresas reportadas CDMB, CORNARE y CVC	42
<i>Tabla 3</i> Empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias.....	43
<i>Tabla 4</i> Estadísticas descriptivas variables utilizadas en el modelo de primeras diferencias	46
<i>Tabla 5</i> Comportamiento de las carga de DBO y SST para todas las empresas utilizadas en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002	48
<i>Tabla 6</i> Comportamiento de las carga de DBO y SST para las empresas industriales utilizadas en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002.....	48
<i>Tabla 7</i> Comportamiento de las carga de DBO y SST para las empresas industriales utilizadas en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002.....	49
<i>Tabla 8</i> Resultados del modelo de primeras diferencias para DDBO	51
<i>Tabla 9</i> Resultados del modelo de primeras dferencias para DSST	51
<i>Tabla 10</i> Número de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceados	54
<i>Tabla 11</i> Total vertimientos de DBO y SST para las firmas utilizadas en los modelos de datos panel balanceado.....	54
<i>Tabla 12</i> Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en los modelos de datos panel	57
<i>Tabla 13</i> Comportamiento de las cargas de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado.....	58
<i>Tabla 14</i> Comportamiento de las cargas de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado.....	59
<i>Tabla 15</i> Resultados del modelo Semi log para LOGDBO.....	60
<i>Tabla 16</i> Resultados del modelo Semi log para LOGSST.....	61



Resumen

Este trabajo presenta una estimación del impacto de la implementación de las tasas retributivas sobre el nivel de contaminación producida por los usuarios sujetos al cobro de dichas tasas.

Para la cuantificación del efecto se utilizaron dos modelos econométricos uno de primeras diferencias y otro de datos panel balanceados. Los resultados evidencian que la implementación de las tasas han generado una reducción de contaminación en el sector industrial para las corporaciones CDMB, CORNARE y CVC, mientras que en el sector municipal no ha generado incentivos para la reducción de la carga contaminante. Adicionalmente se encontró que la eficiencia en el recaudo de las corporaciones incide de forma positiva en la reducción en los vertimientos y que el nivel de producción del sector al cual pertenecen las empresas no es determinante del nivel de emisiones.



1. Introducción

La civilización actual es el resultado de una serie de actividades antrópicas que han modificado la estructura del planeta a través de la transformación de recursos naturales para mejorar la calidad de vida de la sociedad. Con el incremento de individuos y de los estándares de niveles de vida se ha hecho necesario un aumento del consumo de bienes y servicios, que indiscutiblemente generan externalidades sobre el medio ambiente (generalmente negativas). A medida que el proceso de industrialización se ha hecho más intenso los efectos que se han causado sobre el medio ambiente se han empezado a hacer más evidentes y el problema de la contaminación día a día genera un mayor interés en el mundo entero, lo que ha ocasionado un sin número de esfuerzos a todos los niveles para tratar de lograr un equilibrio entre desarrollo y protección del medio ambiente.

La forma tradicional de enfrentar los problemas ambientales en el mundo ha sido mediante el uso de políticas de estándares de emisión de sustancias contaminantes, es decir, políticas de comando y control, donde la autoridad ambiental fija límites máximos, dejando poca libertad para que los agentes tomen decisiones costo-efectivas. Debido a estas limitaciones, en las dos últimas décadas se ha hecho extensivo el uso de incentivos económicos, donde las decisiones de los niveles de contaminación son tomadas por los agentes de acuerdo a las señales de los precios y sus costos de descontaminar. Entre estos instrumentos se encuentran los impuestos directos e indirectos, permisos negociables y los esquemas de responsabilidad social. (Bercovich, 2004).

El presente trabajo tiene como objetivo presentar una descripción de los principios teóricos de los instrumentos de política utilizados en Colombia para el control de la contaminación hídrica y realizar un análisis detallado del marco legal en el cual se dan. En particular se estudia la implementación de la tasa retributiva para el control de la contaminación hídrica a través de un análisis econométrico, en 3 Corporaciones Autónomas Regionales¹ (CAR's), que comprende el período 1998 – 2002.

Adicionalmente se establece una comparación entre la situación actual de Colombia y los diferentes mecanismos de política y económicos contemplados en la legislación ambiental de otros países. Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones de política ambiental en nuestro país y hacia donde deben apuntar los cambios, en caso de que sean necesarios, para lograr una mejor política ambiental desde el punto de vista costo efectivo

¹ Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación autónoma regional Rionegro-Nare (CORNARE) y Corporación autónoma regional del Valle del Cauca (CVC)



El documento se divide en 8 secciones la primera es la parte introductoria del trabajo, en la segunda se analizan las causas por las cuales este trabajo es pertinente. En la tercera se especifican los objetivos que el presente trabajo persigue, en la cuarta sección se plantea el marco teórico y se hace una presentación formal, desde el punto de vista económico, de los diferentes instrumentos de los cuales se ha valido la legislación para intentar controlar la contaminación hídrica en el país. En el quinto capítulo se abordan las experiencias de otros países en el control de la contaminación hídrica, haciendo especial énfasis en los puntos que determinaron el éxito o el fracaso de las políticas implementadas. En la sexta y séptima secciones se describe cómo ha sido la evolución del contexto jurídico de aplicación de las tasas retributivas y se hace un análisis de la implementación a lo largo de estos 9 años de la tasas en Colombia. Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones de política ambiental en nuestro país y hacia dónde deben apuntar los cambios, en caso de que sean necesarios, para lograr una mejor política ambiental desde el punto de vista costo efectivo.



2. Justificación

Desde hace varios años Colombia ha venido implementando mecanismos para el seguimiento y control de los temas ambientales y el impacto social que cada uno de sus panoramas expone. No obstante, el tema es tan complejo que día a día se hace necesario incluir nuevos estudios que profundicen y logren generar estrategias, para tratar de cerca el tema y lograr un beneficio común, responsabilizando a cada agente por las descargas nocivas que hace al medio ambiente. De esta manera y sacando provecho de los instrumentos económicos, se hace posible el recaudo de dineros que son específicamente destinados a proyectos que propenden hacia la calidad del medio ambiente.

¿Existen mecanismos de política consistentes con el problema ambiental colombiano?, ¿El control que se ejerce sobre los focos contaminantes es eficiente?, ¿Cuál es la importancia de incorporar a la tarea ambiental instrumentos económicos? Y ¿Cómo se afecta la salud pública y la calidad de vida de la comunidad? Son algunos de los cuestionamientos que surgen en materia ambiental al observar el panorama colombiano.

Actualmente los mecanismos de política colombianos referentes a la contaminación, específicamente aquellos que tienen que ver con los recursos hídricos, carecen de un impacto importante que genere compatibilidad entre el sistema regulatorio ambiental y las políticas de desarrollo económico. Es decir, pese a que existen programas como el de Producción más Limpia, aún se hace necesario implementar nuevas herramientas eficientes que se encaminen al aumento de la productividad de la mano de la disminución de la contaminación y el costo social y ambiental que la misma genera.

Un control eficiente sobre los focos de contaminación y los agentes que se encuentran en ellos, permitiría además la disminución de la inequidad que actualmente se genera en cuanto las empresas y municipios que se niegan a cumplir con la reglamentación y las que se encuentran cumpliendo las normativas de descontaminación.

A medida que se fueron presentando disminuciones en el presupuesto nacional para los temas ambientales, se hizo necesario implementar el programa de Tasas Retributivas las cuales han demostrado grandes avances y resultados provechosos en los lugares en los que se han aplicado adecuadamente. Sin embargo, municipios y empresas de servicios públicos son los principales agentes que vierten cargas de DBO y SST, las aguas residuales generadas no son tratadas adecuadamente y la efectividad del control ambiental se pierde ante sus actores contaminantes. Las empresas de servicios públicos se resisten a cumplir con los lineamientos ambientales y por lo tanto al pago de las tasas retributivas.



Este trabajo pretende mostrar cómo el país necesita de una normatividad estricta con el tema ambiental y cómo a la fecha las tasas retributivas representan su importancia ante la sostenibilidad de la economía y su capacidad para generar calidad de vida social y ambiental.

“Un sistema de control de contaminación requiere programas de gestión que sistemáticamente controlan las fuentes significativas de vertimientos. Para esto, es necesaria la legislación a través de la entrega de permisos de vertimientos; la medición regular de las descargas; el monitoreo constante de la calidad del recurso y los daños sociales y ambientales causados por la contaminación. En la ausencia de una gestión adecuada, ningún sistema puede controlar la contaminación y los daños asociados.”²

Lo expuesto anteriormente deja claro que mientras no se establezca un mecanismo controlador que exija el cumplimiento de normas claras, estrictas, pero además bien fundamentadas, no se logrará una efectividad en la reducción de contaminación y mucho menos una garantía de compromiso por parte de los agentes contaminantes.

Con el decreto 1594 de 1984 se expuso una penalización por incumplimiento dentro de los objetivos planteados por Tratamientos al final del Tubo, pero pese a su obligatoriedad se hacía necesario obtener mejores resultados ya que luego de años de análisis las aguas territoriales mostraban índices de degradación mucho más altos cada vez. Los esfuerzos del decreto recayeron en altos costos administrativos, ya que para una mayor efectividad se hacía necesario invertir más en entes reguladores, estudios, inspecciones, servicios de información altamente actualizados y coherentes, entre otros, dentro de un presupuesto asignado que en muchos casos debido a la recesión económica fueron recortados y no permitían que Comando y Control fuese altamente eficiente. El costo de este programa superaba lo que se podía hacer por intermedio de los instrumentos económicos.

El panorama para los entes contaminantes tampoco era llamativo, pues los altos costos en la inversión de los Tratamientos al Final del Tubo así como la construcción de plantas de tratamiento, generaron una gran evasión y el incumplimiento de las normas establecidas, basados en disminución de la productividad y competitividad de las empresas, ya que el dinero invertido no podría ser utilizado en reconversión tecnológica o algún tipo de inversión productiva. Así mismo, tampoco existían incentivos para la búsqueda de mayor productividad, basada en tecnologías más limpias.

Se puede deducir entonces que las empresas evadían e incumplían por altos costos y las autoridades no contaban con recursos suficientes para vigilar,

² CASTRO^B, 2002



monitorear y controlar, lo que no permitió eficientemente aplicar sanciones y por tanto no hubo control sobre los vertimientos. “Esto llevó a que las actividades económicas río abajo, los ecosistemas tropicales sensibles y el bienestar social sufrieran costos externos altos y crecientes producto de la contaminación”.(CEPAL, 2001)

Bajo este contexto en 1997 se introdujo el programa de Tasas Retributivas para vertimientos puntuales, con el fin de lograr las metas de reducción establecidas en el tema de contaminación hídrica, además de una herramienta ingresos que serían invertidos en programas de control referentes al tema.

Los primeros estudios arrojaron resultados importantes en cuanto a la aplicación de las tasas, mostrando una reducción en un porcentaje mayor la carga contaminante entre el nuevo sistema y el de Comando y Control. Además los incentivos lograron que las empresas fueran más receptivas al tema e implementaran soluciones de producción más limpia. Finalmente, con la búsqueda de eficiencias en los procesos productivos, muchas de las empresas no solo lograron una disminución de los vertimientos, sino además un aumento en su productividad.

A nivel gubernamental, se logró una disminución de las crisis financieras ya que al no depender únicamente del presupuesto Nacional se logró adoptar programas de mejoras ambientales y financiar de alguna manera los programas administrativos del ente regulador.

Según la CEPAL (2001) “Los resultados del estudio indican que la tasa retributiva: i) es una fuente efectiva de financiamiento de las autoridades ambientales, tanto para la realización de sus programas hacia la comunidad, como para el mantenimiento de su planta de personal; ii) permite lograr estabilidad económica para las autoridades ambientales aún a pesar de los recortes presupuestales del gobierno central; iii) garantizar mayor continuidad a los programas de administración, control y vigilancia del recurso hídrico; y iv) se convierte en motor de nuevos proyectos”

Se han realizado estudios para algunas Corporaciones que permiten ver la manera en la que se han venido disminuyendo las cargas de DBO y SST desde la adopción de las Tasas Retributivas. En el caso específico de CORNARE se presentó una disminución de 4.085 toneladas de DBO y 5.602 toneladas de SST entre 1997 y 2000 a un costo estimado de 338 millones de pesos³. Bajo el anterior esquema de Comando y Control se había alcanzado una reducción de 2.858.4 toneladas en DBO y 875.9 de SST para los años comprendidos entre 1993 y 1996

³ Precios constantes 1998



a un costo de 615.2 millones de pesos⁴. Adicionalmente permitió que el costo administrativo por kg de carga contaminante reducido disminuyera, pasando de un valor de \$165 por Kg de carga removida en 1997 a \$35 por Kilogramo de carga removida en el 2001, lo que corresponde a un ahorro del 79% de los costos. Esto quiere decir que la introducción de las tasas retributiva en CORNARE permitió el control de la contaminación hídrica de manera más costo efectiva (Castro^a, 2002)

Pese a que se han obtenido grandes avances con el tema ambiental y la mejora de algunos de los recursos hídricos, aún persisten algunas fallas que afectan directamente la efectividad del programa. Tales fallas hacen referencia al no cobro de la tasa por toda la contaminación; la falta de formalización de los permisos por vertimientos que han generado la evasión y demoran el cobro de la tasa; la resistencia de municipios y empresas de servicios públicos al pago de la tasa, es decir, no hacen inversión en descontaminación y tampoco pagan por la que generan. En muchas regiones se ha logrado la creación de Fondos Regionales de Inversión Ambiental en donde se plantea una co-financiación de plantas de tratamiento, sin embargo, existen otras regiones en las que tales fondos no sirven ya que se han pactado conjuntamente las metas para el sector industrial y el doméstico, lo cual genera una inequidad ya que el sector industrial paga por lo que el doméstico no. Por último, se hace referencia a la ineficiencia de la administración y gestión de las autoridades ambientales. (Castro^a, 2002)

La eficiencia de los instrumentos económicos debe ser medida en términos de costo en su aplicación, es decir, alcanzar las metas propuestas al menor costo económico y social. Esto implica la valoración de las reducciones en los vertimientos contaminantes por procesos de producción limpios y no por plantas de tratamiento. Así mismo, la eficiencia ambiental depende en gran medida de los incentivos que el cumplimiento de las metas otorgue a los entes regulados, permitiendo además que los industriales decidan por si mismos la cantidad de emisión y por ende los montos a cancelar por contaminación. Esto pone ante su gestión cifras claras en los presupuestos para cubrir los cargos correspondientes al costo social de contaminar, lo cual da vía para una adecuada destinación de los recursos para obtener una producción limpia, haciéndolos más productivos y competitivos.

Es importante mencionar que la aplicación de las tasas no solo benefician a nivel económico tantos entes contaminantes y reguladores, sino además a la comunidad en general ya que los daños asociados a la contaminación también disminuyen. La salud pública es uno de los factores que hacen parte de la calidad de vida de cada individuo, y si este factor falla, posiblemente la sociedad y sus estructuras económicas también fallen en un momento determinado. Uno de los factores más preocupantes de la contaminación hídrica es el impacto en la salud

⁴ Precios constantes 1998



de la comunidad, especialmente sobre el grupo de niños entre 1 y 5 años, lo que convierte la actividad económica del país en un costo social.

Dentro de los vertimientos domésticos se tienen grandes volúmenes de heces humanas que junto con malas prácticas de sanitarias producen enfermedades mortales que se contraen por intermedio del consumo y utilización del agua. Algunas de estas enfermedades son: Cólera, Gastritis infecciosa, Diarreas, entre otras. Se han efectuado diferentes estudios que arrojan resultados alarmantes sobre la cantidad de enfermedades que se presentan en las cercanías de los ríos, por ejemplo, en el caso de Río Bogotá se realizó un estudio que permite ver que no existe autodepuración y por lo tanto, a la llegada del río al Río Magdalena parece agua sin tratamiento residual, y para el caso de Antioquia muestra que la mortalidad por enfermedad diarreica aguda ha aumentado durante los últimos años entre menores de 5 años, población que representa el 60% de las muertes por esta enfermedad (Castro^b, 2002)

Por lo tanto el problema de contaminación hídrica impone altos costos a la sociedad y no solamente en aspectos de salud, puesto también genera pérdidas del valor de tierras, aumento de costos por tratamiento de agua, disminución de la actividad pesquera, impactos en áreas recreacionales y turísticas entre otros. (MAVDT, 1998). El costo por tratamientos de enfermedades que tiene que ver con el agua es muy alto y afecta directamente la inversión social.

Con la implementación de las tasas y la reducción de las cargas, se hace mucho más efectivo el seguimiento a la salud pública, es decir, no solo se obtienen beneficios ambientales y económicos, sino que además se generan proyectos que se enfocan hacia la mejora del medio ambiente, por lo tanto existe un beneficio social a todo nivel.



3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Analizar el impacto de la aplicación de la tasa retributiva para el período 1997-2005 sobre el control de la contaminación hídrica en Colombia.

3.2. Objetivos específicos

- 1.) Analizar la evolución del marco regulatorio e institucional de las tasas retributivas en el país.
- 2.) Establecer cuál es el estado de implementación de las tasas, Identificando debilidades y fortalezas que se han dado en dicho proceso.
- 3.) Desarrollar un modelo econométrico para establecer si existe alguna relación entre la implementación de la tasa y reducción en la contaminación.
- 4.) Proponer cambios en la política ambiental, en caso de que sean necesarios, para el control de la contaminación hídrica, a partir de la situación actual colombiana y experiencias exitosas de aplicación de instrumentos económicos en otros países.



4. Marco teórico

En la situación inicial donde los agentes contaminadores no pagan por utilizar los servicios del medio ambiente como sumideros de sus emisiones, se da una situación de sobreutilización del recurso natural o tragedia de los comunes⁵. Por lo tanto, el agente contaminante se apropia de los beneficios de utilizar el medio ambiente como receptor de sus desechos, pero externaliza los efectos negativos producidos por su contaminación.

4.1. Teoría de las externalidades

Según Baumol & Oates (1988) existen dos condiciones para que se presente una externalidad. Condición 1: La función de producción o de utilidad de un agente se ve afectada por los niveles de consumo o producción de otro individuo, sin que este último preste atención al cambio del bienestar del primero, y Condición 2: La persona que realiza la actividad generadora de la externalidad no recibe compensación (o realiza pago) por los beneficios (costos) generados al receptor de la externalidad.

La segunda condición, en especial, genera que no se cumplan los postulados de competencia perfecta. La relevancia de este aspecto radica en que bajo condiciones de competencia perfecta, los niveles de bienes y servicios intercambiados en el mercado serán Pareto-eficientes⁶, es decir, el bienestar alcanzado por cada uno de los individuos de la sociedad no se puede mejorar sin empeorar la situación de otro.

El problema de degradación ambiental se debe a fallas de mercado y contaminar el medio ambiente es una externalidad (Ibáñez, 2006), ya que el agente contaminador impone costos a los agentes afectados y este al no tener incentivos para internalizar los costos, la contaminación producida será superior a la cantidad socialmente aceptable.

Por lo tanto, en presencia de externalidades, el mercado por si solo no es capaz de llevar a la economía a una asignación eficiente de recursos y surge la necesidad de regular el mercado para tratar que los productores de la externalidad internalicen los costos.

⁵ La tragedia de los comunes es una parábola social que se hizo famosa por el Biólogo Garret Hardin en un artículo en 1968. En este se refería a que si hay varios dueños de un mismo terreno, cada uno de ellos, por aparte, tendría incentivos para hacer que su ganado pastoree a niveles superiores a los racionales, comparado a los niveles que se obtendrían si los propietarios actuaran como una sola persona.

⁶ En esta situación se logra que el costo de producir una unidad adicional sea igual al beneficio de producirla, haciendo que el mercado logre reflejar, de manera adecuada, el costo de oportunidad de un bien para la sociedad.



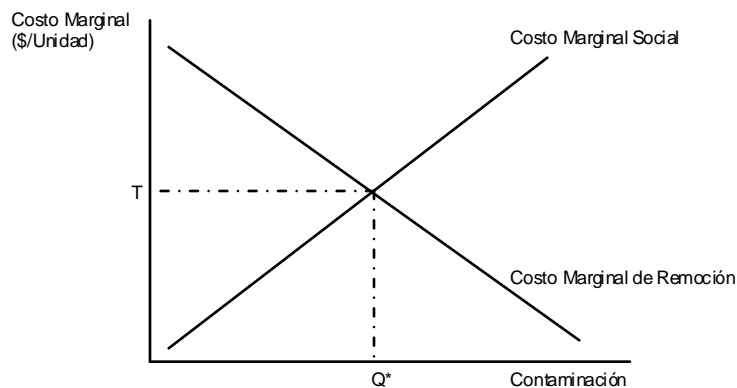
A continuación se expondrán los mecanismos de los que se ha valido la legislación colombiana para controlar los niveles de contaminación hídrica. El primero es el control vía precios, que bien puede basarse en un modelo de optimalidad o en un modelo de eficiencia sin optimalidad, y el segundo es el control de las cantidades mediante el modelo de comando y control.

4.1.1. Contaminación óptima

El nivel de contaminación óptima se da cuando el costo marginal de remoción (CMgR)⁷, por parte del agente contaminador es igual al costo marginal (CMgS)⁸ impuesto a la sociedad por la externalidad. Para alcanzar este nivel óptimo se tiene dos posibilidades, una planteada por Pigou y otra por Coase.

Pigou establece que se debe imponer a los productores un impuesto con base en el valor monetario del daño ambiental generado que permita trasladar dicho costo al precio del bien final, generando una reducción de la cantidad de contaminación hasta un nivel óptimo Q^* (Figura 1). Ante este escenario aparece como evidente la necesidad de intervención del estado para fijar y cobrar el impuesto. El valor de la tasa es aquel que se obtiene de igualar los costos marginales de productores y de los afectados, y por lo tanto para determinar dicha tasa es necesario conocer la función de costos, tanto de la sociedad como de las empresas, lo que genera en la práctica grandes restricciones para los decisores de política, pues no se cuenta con niveles adecuados de información, especialmente en lo referente al daño marginal.

Figura 1 Óptimo de Pigou



⁷ La curva de costo marginal de remoción representa el costo del control de la contaminación del agente contaminador y tiene pendiente negativa porque a medida que contamina más el valor de reducir una unidad adicional es menor.

⁸ La curva de costo marginal representa los costos ocasionados a las personas afectadas por la contaminación y tiene pendiente positiva ya que a medida que aumenta la contaminación hay un mayor daño



Coase establece que se puede alcanzar niveles óptimos sin la necesidad de la intervención del estado si se presentan las siguientes características: un modelo de competencia perfecta, derechos de propiedad bien definidos y un pequeño grupo de afectados, definidos de forma clara temporal y espacialmente, que responden a incentivos económicos. Mediante procesos de negociación afectados y contaminadores, tenderían a converger hacia un nivel óptimo de externalidad y de máximo bienestar social.

En la práctica es muy difícil que se den las condiciones necesarias para lograr un óptimo mediante negociación entre afectados y contaminadores debido a las asimetrías de información que se presentan, costos de negociación, entre otros.

4.1.2. Eficiencia sin optimalidad

Este modelo se basa en el concepto desarrollado por Baumol & Oates (1973), en el cual debido a los problemas anteriormente mencionados para encontrar el nivel óptimo de contaminación, se propone encontrar un segundo mejor que permite obtener metas de calidad ambiental al menor costo posible para la sociedad. Este modelo reconoce que los decisores de política se ven enfrentados a una gran incertidumbre o gran costo para establecer los costos marginales de la sociedad y los beneficios marginales de las empresas.

Para encontrar el segundo óptimo la autoridad ambiental establece una meta de contaminación, sea Q en la Figura 2, y una tasa por contaminar, ante lo cual los agentes tienen la posibilidad de invertir en reducción de la contaminación o pagar las tasas. Si los costos marginales de reducción son mayores que la tasa, el agente preferirá pagar la tasa y no descontaminar y si por el contrario la tasa es mayor, el agente prefiere descontaminar.

Debido a que la autoridad no conoce las funciones de costos marginales de remoción de los agentes no sabe si con dicha tasa se consiga la meta propuesta, por lo tanto por prueba y error ajusta la tasa hasta que se consiga la meta propuesta. Si se establece la tasa T_1 , la cual es inferior al costo marginal de remoción de la meta establecida, originará que los agentes emitan una cantidad superior de contaminación, si por el contrario la tasa fijada es T_3 la reducción será superior a la meta.

A este tipo de instrumentos de política se les reconoce básicamente tres ventajas (Blackman, 2005):

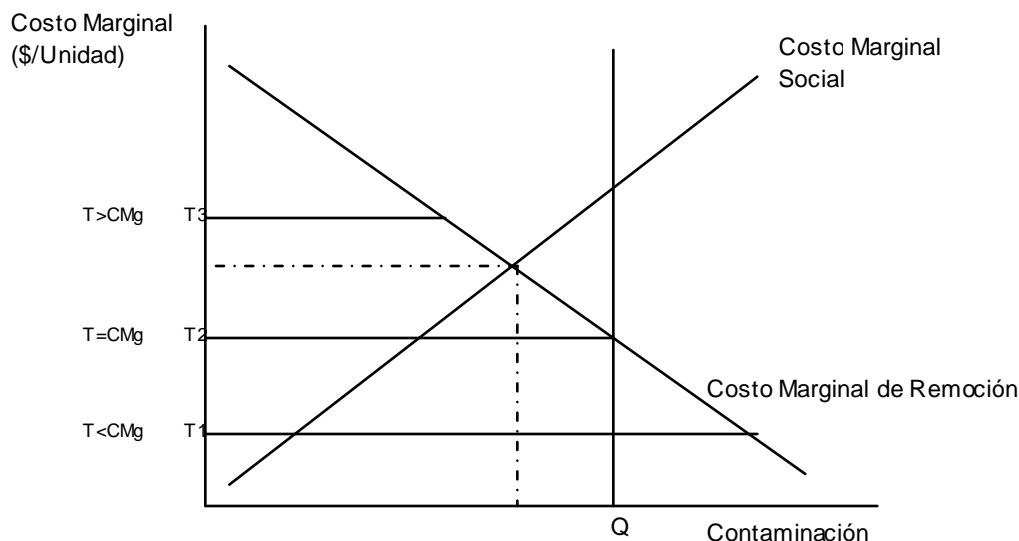
1. Eficiencia: La eficiencia hace referencia al costo de alcanzar una meta ambiental determinada, y puede ser catalogada como estática ó dinámica de acuerdo al horizonte temporal analizado. Cuando se analiza el corto y mediano plazo, donde la tecnología de reducción de



contaminación es fija, se habla de eficiencia estática. Este tipo de instrumento tiene eficiencia estática debido a que permite a los agentes tomen las decisiones, de acuerdo a sus características particulares, minimizadoras de costos, haciendo que se alcance una meta colectiva dada al menor costo posible.

2. La eficiencia dinámica de este tipo de instrumento se debe a que las firmas se ven beneficiadas si encuentran formas más baratas de reducir su contaminación, propiciando la innovación tecnológica.
3. Flexibilidad: Al ser la firma quien toma sus decisiones, en cuanto a que cantidad de contaminación emitir, le permite responder de forma adecuada ante cambios externos.
4. Obtención de recursos: Aunque su finalidad no es la obtención de recursos, puede permitir que se generen ingresos para hacer política ambiental.

Figura 2 Óptimo de Baumol & Oates



4.1.3. Medidas de comando y control

Este tipo de medidas son aquellas donde se le impone a todas las firmas estándares de emisión y/o concentración de contaminantes. Esto se traduce en que las empresas tienen que adoptar niveles de producción que no necesariamente obedezcan a la racionalidad maximizadora de beneficios, y por lo

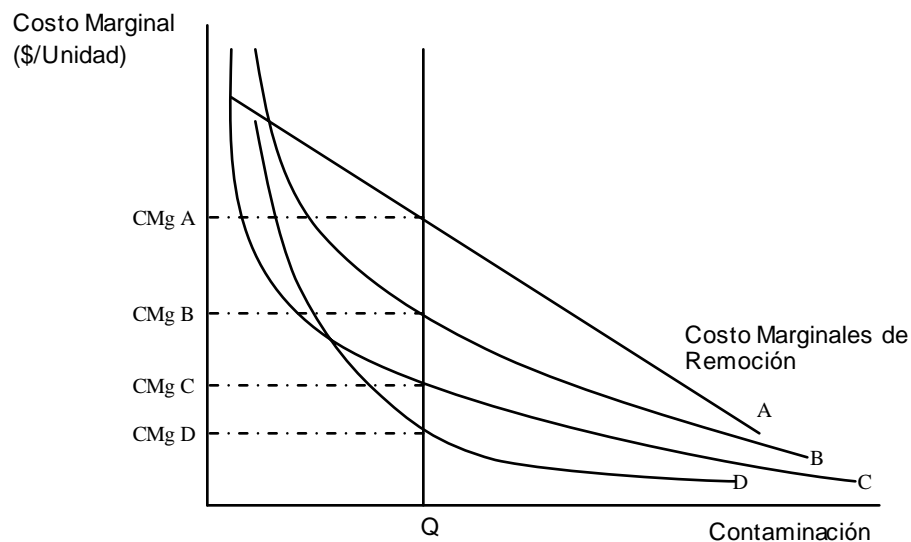


tanto se presenta una situación de no igualdad de los costos marginales. Estos instrumentos buscan asegurar el cumplimiento de la meta ambiental impuesta por los reguladores cualquiera que ésta sea.

Por ejemplo, si se estipula que todas las firmas pueden como máximo emitir Q unidades de contaminación (Figura 3), las firmas que posean mayor costo marginal de remoción, en este caso A y B estarían en desventaja con respecto a las otras firmas.

Por lo tanto las medidas de comando y control se caracterizan por generar mayores costos a la sociedad, en la medida que los diferentes actores no tienen los mismos costos marginales de remoción y, por lo tanto, no se está en un punto eficiente debido a que no se alcanzan situaciones de equimarginalidad.

Figura 3 Gráfico Comando Y Control





5. Experiencia de la aplicación de instrumentos económicos a nivel mundial para el control de la contaminación Hídrica

En la práctica los instrumentos económicos, como tasas o incentivos económicos, son ampliamente utilizados en Europa y Estados Unidos para el control de la contaminación hídrica (UNEP, 2006), y de forma muy incremental han empezado a ser utilizadas en países en desarrollo y en transición apoyados por organismos multilaterales como el Banco Mundial (Kathuria, 2006). La efectividad de la normatividad ambiental en estos países en términos generales es pobre debido a las restricciones de tipo institucional, político, presupuestal, entre otros. Sin embargo, hay evidencia empírica creciente del éxito de la aplicación de instrumentos económicos en países en desarrollo y en transición (Kathuria, 2006; Blackman, 2005; Dasgupta et al, 1996).

A continuación se presentará una descripción de forma muy breve de algunos de los programas de control de polución hídrica en el mundo

5.1. Francia (CERNA, 2001; UNEP, 2006)

En 1969 se creó un sistemas de tasas en el cual cada usuario⁹ paga por cantidad de contaminante emitido a los cuerpos de agua. Los contaminantes sujetos al cobro de la tasa son DBO, DQO, SST, compuestos orgánicos halogenados, Fósforo, nitratos y varios metales pesados. De forma paralela el Ministerio de Ambiente impone restricciones a la emisión de cantidades a algunas fuentes.

Las rentas obtenidas por el cobro de las tasas¹⁰ son de destinación específica y son empleadas en la implementación de programas de saneamiento como la financiación y subsidio para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Este programa no tiene como punto central el envío de señales económicas para cambiar el comportamiento de los contaminadores, ya que las tasas son muy bajas, por lo tanto su principal objetivo es servir de fuente de financiamiento a actividades de control y reducción de la contaminación.

Francia ha logrado controlar de manera exitosa la contaminación hídrica, y es difícil establecer la causa exacta de dicho logro, pues el control de la contaminación se da por medio de la combinación de políticas de comando y control, instrumentos económicos, aspectos culturales, presión de la comunidad, etc. Sin embargo, diferentes estudios han demostrado que el sistema de tasas por

⁹ Los usuarios agrícolas están exentos del pago de la tasa por política pública en Francia

¹⁰ El cobro de las tasas es efectuado por seis agencias en todo el país, las cuales dependen del gobierno central, más sin embargo los procesos de negociación de precios de las tasas y metas se hace en los "Comité de cuenca" en los cuales el 80% de los votos pertenecen a los industriales, granjeros y municipalidades, los cuales tienen grandes incentivos para obtener las tasas más bajas posibles.



contaminación no ha sido eficiente por problemas institucionales y políticos, tales como gran debilidad y dispersión de obligaciones en la aplicación de la regulación, gran poder de negociación de los contaminadores (votantes), conflictos entre las agencias y el Ministerio de Ambiente, entre otros.

5.2. Alemania (UNEP, 2006; Ortiz, 2005; OECD, 1997)

Las tasas fueron creadas en Alemania en 1981 bajo el Acta de Tasas de Aguas Residuales (Abwasserabgagngesetz). Las tasas son cobradas por las descargas directas sobre cuerpos de agua. Las descargas indirectas realizadas al sistema de alcantarillado no son susceptibles del cobro de tasa directamente, pero el operador del sistema de alcantarillado es responsable del pago de la tasa cuando vierte a los cuerpos de agua y puede trasladar dichos costos a sus usuarios. El sistema de control de la contaminación hídrica es una mezcla entre estándares fijados por Ministerio Federal de Medio Ambiente, de acuerdo a la mejor tecnología disponible en cada sector, y tasas calculadas a partir del daño ocasionado por el vertimiento. El daño se calcula a partir de “Unidades de daño” las cuales corresponde al impacto que tiene el agua residual vertida por un consumidor tipo¹¹ durante un año.

Según la legislación todos los recursos que se obtengan por el cobro de las tasas debe ser destinados a mejorar o mantener la calidad de agua. Aunque inicialmente este mecanismo fue concebido para la obtención de recursos, ha logrado generar un cambio de comportamiento en los contaminadores, debido básicamente a dos factores. Primero se hace una reducción de la tarifa a cobrar si las firmas emiten por debajo del límite permitido. Segundo, se le ha permitido a las firmas descontar del pago de las tasas las inversiones realizadas en reducción de la contaminación y ante la política de incremento progresivo de las tasas muchos contaminadores han preferido invertir en tecnologías más limpias o tratamientos a final de tubo para la reducción de la contaminación. Aunque en este caso las tasas han incentivado la adopción de nuevas tecnologías y ha permitido la reducción de la contaminación, ésta no se ha hecho al mínimo costo, pues las firmas no son totalmente libres de elegir la forma en que llevarán a cabo el control de la contaminación en la medida que siguen operando medidas de comando y control.

5.3. Holanda (UNEP, 2006; Ortiz, 2005; WBG, 1998)

Las tasas fueron creadas en 1969 para dar a solución a los grandes problemas de polución que presentaba Holanda debido a su desarrollo industrial, consiste en un cobro por unidad de concentración y carga contaminante por descargas directas sobre cuerpos de agua y por descargas indirectas tales como el uso del

¹¹ La descarga de un consumidor tipo son: 50 Kg de DQO, 25 Kg de N, 3 Kg de P, 2 Kg de halógenos orgánicos, 20 gr de Hg, 100 gr de Cd, 500 gr de Cr, 500 gr de Ni, 500 g de Pb o 1000 gr de Zn por año.



alcantarillado. Adicionalmente las firmas y los hogares que efectúan descargas directas deben tramitar licencias ante las autoridades ambientales y en algunos casos las firmas que viertan al alcantarillado deben tramitar licencia cuando sus aguas residuales contengan residuos peligrosos o muy contaminantes. El cobro solo se hace sobre mediciones a las grandes fuentes, mientras a las pequeñas y medianas firmas, al igual que a los hogares, se hace a través de cargas presuntivas, en el caso de la firma de acuerdo al sector productivo que pertenece y número de empleados y en el de los hogares de acuerdo al número de habitantes.

Las tasas son impuestas en el orden nacional por la autoridad nacional del agua, pero la responsabilidad de hacer el cobro de las tasas recae sobre las juntas del agua "Water Board", que son 37 entidades no gubernamentales, localizadas a través de todo el país, sin ánimo de lucro encargadas de manejar el tratamiento de las aguas residuales, quienes además fijan las tasas autónomamente de acuerdo a criterios de recuperación de los costos para el control de la contaminación, por lo tanto estos costos varían de una zona a otra. Los recursos obtenidos de esta actividad son destinados en su totalidad al control de la contaminación del agua.

Aunque inicialmente las tasas solo era un instrumento financiero para obtener recursos para el control de la contaminación, con el paso del tiempo generaron un cambio de actitud en los contaminadores. Según WBG (1998); las tasas han funcionado exitosamente debido a tres factores: a) los altos precios de las tasas incentiva a los contaminadores a implementar medidas de prevención, toda vez que estos costos pueden ser descontados del pago que deben hacer de tasas, b) El monto que deben pagar los contaminadores está directamente relacionado con la carga de contaminación vertida (por lo menos para las grandes fuentes) y c) El programa de tasas es descentralizado y transparente para los usuarios de agua.

5.4. Estados Unidos (Harrington, 2003; Anderson & Lohof, 1997)

En 1972 con la promulgación del "Water Pollution Control Act", la Agencia de Protección ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) establece los límites permisibles para el vertimiento de sustancias contaminantes. Cada una de las fuentes puntuales debe obtener un permiso del Sistema Nacional de Eliminación de descargas de contaminación (NADES, por sus siglas en inglés) y son las oficinas regionales de la EPA quienes emiten dichos permisos. Las tasas son cobradas a los hogares y firmas por la descarga de agua residual en el sistema de alcantarillado, normalmente el cobro se hace sobre niveles presuntivos de concentraciones de los contaminantes y del agua consumida. Solo en algunos



Estados¹², y en los casos de que las firmas tengan efluentes tóxicos, las tasas son cobradas sobre la carga contaminante y el nivel de toxicidad de las aguas residuales.

Las tasas fueron creadas con criterios financieros, en la medida que fueron establecidas para financiar la construcción masiva de plantas de tratamiento, las cuales eran subsidiadas por el gobierno y operadas por las municipalidades.

Los mecanismos de comando y control siguen siendo el pilar del control de la contaminación, ya que en un tiempo se intentó virar hacia la utilización de instrumentos económicos, pero se encontraron con una gran resistencia de grupos ecologistas a los cuales se les hacía éticamente no correcto que las personas al pagar tuvieran el derecho de contaminar, es decir que adquirieran derechos de propiedad sobre bienes públicos, por lo tanto el uso de tasas para el control de la contaminación hídrica en Estados Unidos no es efectivo ya que las tasas tienen valores muy bajos y generalmente no hay relación entre la carga efectivamente vertida y el valor a pagar por concepto de la tasa.

En los casos anteriores se puede observar que en estos países la inclusión de las tasas dentro de la legislación ambiental se debe a fines netamente financieros, en los cuales se busca conseguir recursos para el control de la contaminación hídrica a través de la implementación de plantas de tratamiento.

Debido a restricciones de tipo político o social estos países, a excepción de Holanda, no han implementado sistemas de instrumentos económicos eficientes en el control de la contaminación hídrica que les permita hacer una regulación costo efectiva, pero en vista de que son países industrializados con muy altos niveles de ingreso, su restricción presupuestal no es tan notoria como lo puede ser en países en transición o en vía de desarrollo. A continuación se analiza aspectos que han sido determinantes en la implementación de tasas por contaminación en países en vía de desarrollo o en transición

5.5. Polonia (Kathuria, 2006)

Las tasas fueron introducidas en la década de los 70's, pero empezaron a funcionar a principio de los 80's cuando el régimen político de este país era socialista, por lo tanto todas las empresas pertenecían al estado, lo cual no generaba incentivos para cambios en la conducta de las firmas porque el monto pagado por tasas ambientales era repuesta por el gobierno. A finales de los 80's con el cambio de régimen político, la política ambiental se "independizó" y los

¹² En Estados Unidos existen tres modalidades de la tasa, en la primera la tasas son cobradas iguales a todos dependiendo solo del tamaño del la industria o los permisos que tenga, la segunda es un cobro de acuerdo al volumen vertido y tercero varía de acuerdo al volumen y toxicidad de la descarga.



precios de las tasas se incrementaron de manera tal que estas fueran realmente un incentivo para el cambio del comportamiento de los contaminadores.

La política ambiental respecto a la contaminación hídrica es un híbrido entre tasas por contaminar y permisos de contaminación. En estos últimos se establece la cantidad de vertimiento, la máxima concentración de contaminantes y algunos aspectos técnicos. Las tasas son cobradas sobre el volumen de descarga de seis sustancias contaminantes¹³ que autoreportan las empresas, y las tasas son ajustadas anualmente con la inflación. Para el cálculo del valor de la tasa, se tiene en cuenta los costos de abatimiento, características económicas del sector contaminante, dando como resultado tarifas diferenciadas geográficamente y por sector productivo.

Se estableció un sistemas de multas para aquellos vertimientos que superen la carga permitida por la norma; estos límites son fijados en conjunto con las empresas lo que ha generado sentido de compromiso.

La vigilancia y supervisión se hace mediante inspectores, los cuales hacen seguimiento especial a aquellas empresas que están por fuera de los límites establecidos y tienen la potestad de cerrar las empresas que hallan sido persistentes en violar la norma.

Los costos en los cuales incurre una firma para el tratamiento de contaminación son tratados como costos normales de producción, por lo tanto son excluidos de la base gravable.

Los datos reportados por la autoridad ambiental y por algunos estudios demuestran que la aplicación de las tasas ha sido muy satisfactoria a partir de la década de los 90's ya que el nivel de emisiones no ha aumentado, mientras el PIB real de Polonia ha crecido a tasas anuales superiores al 5.5% en promedio; además, se ha incentivado la adopción de tecnologías más limpias. A pesar del éxito la aplicación de este instrumento ha presentado algunos problemas como la falta de personal para hacer las inspecciones, lo cual es crítico ya que el pago de la tasa se hace de acuerdo a autoreportes, generando grandes incentivos para reportar cantidades subvaloradas, de igual forma la metodología para la diferenciación de tarifas ha sido muy cuestionada ya que los criterios con los cuales se hace no son muy claros.

5.6. Malasia (Kathuria, 2006)

Un gran porcentaje de su economía se sustenta en la producción de aceite de palma, que es intensiva en el uso del agua. Esta industria se empezó a desarrollar

¹³ DBO, DQO, Sólidos suspendidos, metales pesados, ión clorato y sulfato y fenoles volátiles.



a finales de los 60's ya en los 70's. Malasia tenía un gran problema de contaminación hídrica, agravado además porque en dicha época no existía tecnología disponible para tratar este problema, y la enorme cantidad de contaminantes vertidos a los cuerpos de agua generó la muerte de la ictiofauna, una de las principales fuentes de alimentos de la población, ante este panorama se hacía urgente adoptar medidas de mitigación de la contaminación.

En 1977 se diseñó un sistema de estándares sobre varios parámetros, pero especialmente sobre DBO, posteriormente se creó un sistemas de tasas que consistía en una tarifa plana y otra parte en una tarifa relacionada con el efluente. Además se estableció una multa en la cual la cantidad que estuviera por encima de los límites debía ser pagada a una tasa 10 veces superior, lo cual generó incentivos para que se cumplieran las metas propuestas.

Con el paso del tiempo las tasas se fueron incrementando lo que causó que las firmas encaminaran esfuerzos para el desarrollo de tecnologías más limpias, a lo cual el gobierno respondió con la creación del Instituto de Desarrollo del Aceite de Palma de Malasia en el cual se desarrollaron productos comercializables a partir de los desechos de esta industria.

El Departamento de Ambiente (máxima autoridad ambiental) de Malasia pudo desarrollar un sistemas de políticas ambientales ampliamente apoyadas en el cobro de tasas que tuvo un gran éxito, debido en gran medida a su gran capacidad institucional de vigilancia, aunada a una política de desarrollo e investigación que permitió encontrar formas más "limpias" de llevar a cabo sus procesos. Con este caso, se demuestra que es posible hacer política ambiental eficiente en los países en vía de desarrollo, y que crecimiento económico y control de la contaminación no son situaciones mutuamente excluyentes.



6. Análisis de la evolución del marco legal colombiano sobre tasas retributivas

En la legislación colombiana el concepto de tasa retributiva nace con el Decreto 2811 de 1974, y se expresa del siguiente modo *“La utilización directa o indirecta de la atmósfera, de los ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas, y de la tierra y el suelo, para introducir o arrojar desechos o desperdicios agrícolas, mineros o industriales, aguas negras o servidas de cualquier origen, humos, vapores y sustancias nocivas que sean resultado de actividades lucrativas, podrá sujetarse al pago de tasas retributivas del servicio de eliminación o control de las consecuencias de las actividades nocivas expresadas”*¹⁴, en esta concepción se destacan básicamente dos aspectos relevantes para el análisis económico:

- a) Que el valor de la tasa sea calculado a partir de los costos asociados a la eliminación o control de las consecuencias de la contaminación producida
- b) Que el cobro de la tasa se condiciona al hecho de que la contaminación sea producida a partir de una actividad lucrativa

El primer aspecto implica que se puede presentar una tasa por unidad de contaminación inferior al daño marginal total ya que no se tienen en cuenta los costos de depreciación del recurso, lo que origina una mayor cantidad de contaminación, con la respectiva pérdida de bienestar por parte de la sociedad.

El segundo aspecto, el hecho de que la tasa sea cobrada únicamente a actividades lucrativas, genera igualmente una situación ineficiente, en la medida que las personas que están vertiendo contaminantes a los cuerpos de agua o a los alcantarillados están haciendo un uso “privado” de un bien común¹⁵, sin pagar por ello y están imponiendo costos superiores a la sociedad

En 1984 aparece el decreto 1594 que en sus capítulos IV, VI y XII reglamentó todo lo relacionado con los usos del agua, límites de vertimientos y el cobro de las tasas retributivas respectivamente. Este decreto, al fijar los límites máximos de vertimientos como se plantea en los artículos 72 y 73, está implementando políticas de comando y control en conjunto con las tasas retributivas. Por lo tanto, los usuarios pagarán el valor de la tasa por los vertimientos que van de cero hasta los límites establecidos, y si el usuario excede estos estándares será sancionado.

Al implementar políticas de comando y control se está incurriendo en un elevado costo para la sociedad, ya que como se explicó anteriormente se generan

¹⁴ Artículo 18, Decreto 2811 de 1974

¹⁵ Se contempla como bien común tanto los cuerpos de agua como los alcantarillados, ya que se supone que estos últimos en algún momento hacen su descarga a un cuerpo de agua.



problemas de no igualdad en los costos marginales de remoción que deben asumir las diferentes firmas.

Adicionalmente los límites establecidos por el Decreto 1594 envían señales económicas perversas a los agentes, en la medida que se establecen los toques de vertimiento, como porcentaje de remoción de la carga contaminante del proceso productivo¹⁶, incentivando solo tratamientos al final del tubo y no cambios tecnológicos hacia la adopción de procesos de producción más limpios. Lo anterior se debe a que, para alcanzar los mismos porcentajes de remoción, aquellas firmas que generen menos contaminantes puedan verse enfrentados a una norma que les exige niveles de remoción técnicamente imposibles de cumplir o inviables desde el punto de vista económico, debido a que los costos marginales y la viabilidad técnica de remoción varían de forma inversamente proporcional a la concentración inicial de la sustancia contaminante.

De este modo, para alcanzar un mismo porcentaje de remoción las firmas con procesos productivos “sucios”, incurrirán en menores costos marginales para la remoción de contaminación. Por lo tanto, este tipo de norma donde se controla los porcentajes de remoción independientemente del nivel de contaminación inicial, desincentiva la adopción de procesos productivos y tecnologías más limpias.

La aplicación de las tasas bajo este Decreto no tuvo mucho éxito debido a que el cobro solo se podía hacer efectivo en la medida que las autoridades ambientales hubiesen llevado a cabo las actividades de eliminación y control de la contaminación, adicionalmente no es claro el objetivo de calidad que perseguía esta norma, lo que le restó importancia como instrumento económico y lo convirtió en un instrumento financiero (Cruz, 2001).

Una vez es expedida la Ley 99 de 1993, se hace evidente un enfoque más directo de la tasa retributiva al concepto de óptimo pigoviano, pues en este caso cualquier persona que vierta residuos o desechos tendrá que pagar la tasa retributiva, independientemente si desempeña una actividad lucrativa o no. Para la fijación de los precios de la tasa retributiva, al amparo de lo descrito en el artículo 338 de la Constitución Nacional “La ley, las ordenanzas y los acuerdos pueden permitir que las autoridades fijen la tarifa de las tasas y contribuciones que cobren a los contribuyentes, como recuperación de los costos por servicios que les presten o participación en los beneficios que les proporcionen...”, el Ministerio de Medio Ambiente (Hoy en día Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT) teniendo en cuenta los costos sociales, ambientales y la tasa de depreciación del recurso afectado fijaría la tasa, previa autorización del poder legislativo, ya que por norma constitucional dicho poder es quien tiene la potestad

¹⁶ 80% para grasas, 50 a 80% para sólidos suspendidos totales SST y 20 a 80% para materia orgánica medida como DBO



de fijar la tasa pero puede permitir que las autoridades, en este caso ambientales, fijen estos valores.

En 1997 se expide el Decreto 901 reglamentando las tasas retributivas creadas en la Ley 99. En esta norma se introducen mecanismos que apuntan claramente hacia la eficiencia sin optimalidad. Aunque se trata de dejar de un lado el control de la contaminación por fuente y de los porcentajes de remoción en ésta y avanzar en la dirección de descontaminación a partir de racionalidad económica aún se mantiene vigente el Decreto 1594 de 1984 donde se establecen los límites máximos por sustancia contaminante y los porcentajes de remoción, dando como resultado una legislación híbrida y en cierta medida confusa, entre medidas de comando y control e instrumentos económicos.

El espíritu del Decreto 901 se basa en que, debido a la asimetría de información, problemas en la definición de los derechos de propiedad y a los costos de transacción no es posible determinar el óptimo económico donde $CMg=BMg$, por lo tanto el valor del impuesto y el nivel de contaminación "ideales" no se conoce y es necesario recurrir a un segundo óptimo.

Este decreto establecía el siguiente procedimiento para el cobro mensual de la tasa retributiva:

$$\text{MontoTrj} = (Tm * Fr) * Ccj * T$$

Donde

MontoTrj = Es el monto a cobrar por el vertimiento de la sustancia contaminante j

Tm = Tarifa mínima

Fr = Factor regional

Ccj = Carga en Kilogramos por día de la sustancia j sujeta a cobro de tasa retributiva

T = Número de días en el mes en los cuales se realiza descarga

Una vez la autoridad ambiental en conjunto con la comunidad (o sus representantes)¹⁷, fijan una estándar de calidad ambiental como meta para los cuerpos de agua para un período de 5 años, se inicia el cobro de la tasa retributiva partiendo de un factor regional igual a 1, transcurrido 1 semestre se evalúa la meta, en caso de no cumplirse se incrementa el factor regional y se continua con este proceso de revisión y ajuste del factor regional hasta que se alcance la meta. Cuando la meta es alcanzada o superada, el factor regional se mantiene constante, hasta que en el próximo quinquenio se pacta un nuevo estándar.

¹⁷ La participación de la comunidad o sus representantes en la definición de la tasa es muy importante ya que se está tratando de representar adecuadamente las preferencias sociales. Aunque este método no sea exacto, debido a que la preferencia de algunos no pueden ser interpretadas con total certeza como las preferencias sociales, puede representar una buena aproximación. Pero en estricto sentido el modelo de eficiencia sin optimalidad no requiere que las metas fijadas respondan a la cantidad deseada socialmente.



Si la tasa establecida es menor que el costo marginal de remoción para llegar a la meta fijada, los agentes económicos prefieren pagar la tasa y se encontraran niveles de contaminación superiores a la meta. Ante este escenario el factor de ajuste se incrementa hasta el momento en el cual los costos de remoción son inferiores a la tasa retributiva y los agentes prefieren disminuir sus niveles de emisión y se alcanza la meta de descontaminación. Este tipo de técnicas permite alcanzar metas ambientales a un costo mínimo, pues garantiza igualdad en costos marginales de las firmas y no requiere de grandes cantidades de datos comparado con los mecanismos de comando y control.

La tasa mínima de la que se ha hablado en los párrafos anteriores fue establecida mediante Resolución 273 de 1997 del Ministerio del Medio Ambiente, teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 4 de la Ley 99 de 1993 *“El Ministerio del Medio Ambiente establecerá anualmente, mediante resolución, el valor de la tarifa mínima de la tasa retributiva para cada una de las sustancias contaminantes sobre las cuales se cobrará dicha tasa, basado en los costos directos de remoción de las sustancias nocivas presentes en los vertimientos de agua, los cuales forman parte de los costos de recuperación del recurso afectado”*. Para la DBO se fijo una tasa de \$ 39.5 por kilogramo y para SST \$16.90 por Kilogramo. En 1998 mediante la Resolución 372 del Ministerio Ambiente se incrementaron las tasas retributivas en aproximadamente un 17.7%, quedando las tarifas del siguiente modo: DBO \$46.50/Kg. y SST \$19.90/Kg.

Un problema al que se pueden ver enfrentadas las tasas es que debido a la inflación pierdan su valor en el tiempo, y para tal fin la Resolución 372 estable en el artículo 3º que los valores para la tarifa mínima deberán ser indexados, teniendo en cuenta el valor del IPC del año inmediatamente anterior.

En virtud de lo previsto en el artículo 25 del Decreto 901, el Ministerio de Medio Ambiente expidió la resolución 081 del 2001, para estandarizar la información de los reportes semestrales que las CAR's tenían que hacer llegar al Ministerio mediante la implementación de un formato donde se consignara la información referente a los usuarios y al estado del recurso.

En el 2003 se expidió el Decreto 3100, por medio del cual se reglamentaba las tasas retributivas y se derogaba el decreto 901 de 1997. Mediante este acto administrativo se implementa el esquema de priorización de cuencas de acuerdo a lo establecido en los planes de ordenamiento territorial (POT) y se sujeta el cobro de la tasa a aquellas cuencas que las autoridades ambientales competentes consideren prioritarias, lo cual generaría pérdida de uno de los principios de los instrumentos económicos “El que contamina paga”, haciendo referencia a que la utilización del recurso como receptor de contaminación implica un servicio, el cual genera un costo a la sociedad y el contaminador lo debe asumir. El enfoque de



cuenca tiene como ventaja que permite establecer metas que tengan en cuenta características físicas, químicas, económicas, etc., específicas de cada cuenca logrando armonizar, en teoría, los estándares de calidad del recurso con los usos actuales y prospectivos. Otro de los aspectos importantes que incluye este decreto es que obliga a los operadores de sistemas de alcantarillado a presentar un Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) en el cual los prestadores del servicio establecen las metas de reducción de contaminación, con lo cual se trata de mejorar el pobre desempeño en cuanto a reducción de contaminación que han evidenciado los prestadores del servicio de alcantarillado¹⁸, ya que aunque estos están sujetos al cobro de las tasas retributivas, no hay incentivos para la reducción de la contaminación, pues los costos generados por la tasa retributiva son mucho menores que los requeridos para la implementación de plantas de tratamiento.

De manera explícita se establece que los recaudos provenientes de tasas retributiva deben tener destinación específica a proyectos de descontaminación hídrica y monitoreo de la calidad. Estas medidas, aunque pueden generar ciertas restricciones administrativas al interior de las autoridades ambientales, han demostrado a nivel mundial tener ventajas para el control de contaminación hídrica.

En este decreto se modifica la periodicidad del seguimiento ya que ahora se hace anualmente y la regla para el incremento de la tasa se hace un poco más complicada pero no amerita una explicación en este trabajo.

A continuación se expide el Decreto 3440 de 2004, en el cual se hacen algunas modificaciones al Decreto 3100 de 2003, especialmente en lo referente a realizar el cobro de las tasas por el vertimiento a cualquier cuerpo de agua y destinar parte de los recursos obtenidos por el recaudo de la tasa retributiva para emprender proyectos conjuntos entre la autoridad ambiental y las municipalidades para los planes de ordenamiento del recurso hídrico o planes de saneamiento.

En términos generales la legislación ambiental en cuanto a tasas retributivas ha tratado de evolucionar para crear un marco jurídico consistente, que permita una adecuada implementación de las tasas. Sin embargo, persisten algunos problemas serios como los límites de algunos contaminantes y las plantas de tratamiento a final de tubo que establece el Decreto 1594 que no permite que las empresas tomen decisiones minimizadoras de costos.

¹⁸ En la evaluación del primer quinquenio (1997-2002) de la implementación de las tasas retributivas hecha por el MMA (Castro^b, 2002) se estableció que el sector municipal, que son los operadores de los sistemas de alcantarillado son los responsables del 70% de la contaminación que se vierte sin tratamiento a las aguas.



7. Situación actual de la implementación de las tasas retributivas en Colombia

Con la expedición de la Ley 99 de 1993 se creó en el país un sistema de gestión ambiental descentralizado, donde la máxima autoridad ambiental a nivel nacional es el Ministerio del Medio Ambiente (MMA). A nivel regional las entidades encargadas de la ejecución de la política ambiental, siguiendo los lineamientos nacionales, son las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y las Autoridades Ambientales Urbanas (AAU). En esta sección se presentará una descripción de la información disponible para evaluar el comportamiento de las tasas, y cómo se han comportado las cargas contaminantes, la facturación, el recaudo, e inversión ambiental durante el período 1997 – 2005. Se examinan las relaciones entre la carga de contaminación y la tasa cobrada, y la de esta última con la calidad sobre los cuerpos de agua. Adicionalmente se presenta un modelo econométrico con información de 3 corporaciones, CDMB, CORNARE, CVC.

7.1. Información disponible para la evaluación del comportamiento de las tasas retributivas

Para hacer un seguimiento de la implementación de las Tasas Retributivas en las diferentes Autoridades Ambientales, el Ministerio del Medio Ambiente, expidió en el 2001 la Resolución 081, con la cual se adoptaba un formato denominado "Formulario de información relacionado con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos".

El formato está conformado por seis secciones: Información general, información semestral sobre vertimientos, información semestral de recaudos, información sobre uso del recaudo, información semestral sobre calidad del recurso e información semestral sobre el impacto. Con la información solicitada en este formato se podría lograr una evaluación detallada del impacto de la implementación de las Tasas Retributivas en cada una de las Corporaciones y Autoridades ambientales, pero esto no se ha logrado debido a que los formatos no son diligenciados en su totalidad debido a limitaciones de tipo técnico¹⁹ y económico.

¹⁹ Según Blackman et al (2006) las corporaciones, en términos generales, se enfrentan a grandes restricciones para la consecución de información, por ejemplo 40% de las CARs no tienen laboratorios ambientales o estos no funcionan adecuadamente, la información cartográfica que manejan algunas CARs tiene más de diez años de no ser actualizada. Solamente el 20% de las Corporaciones tienen alguna estación de medición. Este tipo de situaciones hace que la capacidad de establecer información real sobre variables ambientales no sea posible.



Desde su creación este formato ha contado con los siguientes problemas²⁰

- El diligenciamiento es efectuado por las autoridades de forma distinta, omitiendo información importante
- Diseño del formato no está acorde con la información que se requiere suministrar.
- El formato puede ser fácilmente manipulable y cambiado por el usuario. Esto propicia que al Ministerio llegue, por cada autoridad ambiental, un diseño de formato distinto.
- No existió el acompañamiento necesario por parte del Ministerio y tampoco se pronunció al detectar errores en la utilización del formato. Lo cual generó que no existiera un proceso de retroalimentación que permitiera hacer los ajustes necesarios.
- No todos los reportes han sido enviados al Ministerio por parte de las Autoridades Ambientales

Estos problemas se superaron parcialmente con la conformación de una base de datos, por parte del grupo de análisis económico del MAVDT, con una muy pequeña cantidad de variables y con periodicidad anual. La base de datos fue enviada a cada una de las Autoridades para que verificaran si la información allí consignada correspondía a la realidad.

La falta de un sistema de información unificado y un seguimiento activo por parte del Ministerio, ha generado que no se tenga disponible información muy valiosa a la hora de evaluar los resultados de la implementación de las TR a nivel Nacional.²¹

Una posible forma de solucionar este problema es: generar espacios de acercamiento con las diferentes Autoridades, donde se discuta, elabore y se apruebe un formato para el seguimiento de la implementación de las tasas. El formato tendría la ventaja de ser elaborado por quienes realmente lo van a usar, generando sentido de pertenencia y adecuándose a las necesidades identificadas. Una vez se cuente con este formato, las Autoridades Ambientales harían el

²⁰ Entrevista con el Sr Henry Alterio. Empleado del MAVDT responsable por la conformación y administración de las bases de datos del grupo de Análisis Económico. Bogotá. Noviembre 2006

²¹ En el informe de los Recursos Naturales y del Ambiente 2005-2006 (Contraloría, 2006) se establece que una de las principales causas que impide una gestión ambiental eficaz, es que no se ha podido avanzar hacia la consolidación de un sistema de información ambiental que permita establecer una línea base para la toma de decisiones, priorización y evaluación de las diferentes políticas. Esto hace que en la mayoría de corporaciones no sepan cuál es la magnitud y calidad de la oferta ambiental en su jurisdicción



reporte a través del portal web del Ministerio. Esta modalidad evitaría que se pueda omitir información valiosa, que se modifique el formulario y el trabajo adicional de procesamiento de información por parte del Ministerio. Adicionalmente se debe delegar una persona que verifique dicho proceso.

7.2. Estado de implementación

En Colombia existen un total de 39 autoridades ambientales que reportan al MAVDT los resultados de la implementación de las tasas Retributivas (TR) en su zona de jurisdicción.

A partir del Decreto 3100 de 2003 se establecieron 4 etapas²² para la implementación de las TR, que son:

- a). Fase I: Línea base (Identificación de cuencas y vertimientos)
- b). Fase II: Perfil de Calidad del Agua (Inventario de información disponible, lista de criterios de calidad, Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos)
- c). Fase III: Establecimiento de objetivos de Calidad (Evaluación planes de cumplimiento. Modelos de calidad)
- d) Fase IV: Establecimiento de metas de reducción (Convocatoria y desarrollo de proceso de consulta, Aprobación metas).

La siguiente tabla muestra el número y porcentaje de autoridades que han finalizado las diferentes etapas

Tabla 1 Número de Autoridades que han finalizado las diferentes fases a diciembre de 2005

Fase	Autoridades que finalizaron proceso	Porcentaje
I Línea Base	23	59.0%
II Perfil de Calidad del Agua	9	23.1%
III Establecimiento de objetivos de Calidad	6	15.4%
IV Establecimiento de metas de reducción	0	0%

Fuente: MAVDT 2005

Como se aprecia en la Tabla 1 más del 40% de las corporaciones no han finalizado la identificación de usuarios y cuencas²³. Este hecho deja entrever que

²² En el Anexo A se establecen todas las etapas de las diferentes fases, que las autoridades deben adelantar para la implementación de las TR



los problemas identificados por Castro (2002) y Blackman (2005), con información del período 1997-2002, respecto a la implementación lenta e incompleta en algunas autoridades ambientales se mantienen en el 2005.

Siendo que el programa de TR se ha implementado a lo largo de casi 10 años, se esperaría que todas las autoridades ambientales se fueran fortaleciendo²⁴. Pero la información demuestra que no ha sido así, esto se puede deber básicamente a 3 factores:

1. El cambio de legislación, ya que en el entre el 2003 y 2004 se expidieron dos (2) nuevos decretos, haciendo que la política no sea clara y pierda credibilidad. Por ejemplo, la corporación del Valle del Cauca había implementado, aún antes de la expedición del Decreto 901 de 1997, de manera exitosa las Tasas Retributivas, pero suspendió el cobro de la tasa entre 2003 y primer semestre del 2005.
2. Debilidad institucional de algunas de las corporaciones ambientales y falta de personal técnicamente formada. Estas dos características asociadas básicamente al alto poder de negociación de algunos grupos de interés sobre la corporaciones, distribución inequitativa de los recursos financieros entre diferentes corporaciones y prácticas muy arraigadas de clientelismo (Blackman, 2006).
3. Debilitamiento institucional en el aspecto ambiental del MAVDT. La reestructuración del Sistema Ambiental Nacional, consignada en el documento Conpes 3343 de 2005, en la cual se le da prioridad a la agenda gris sobre la verde²⁵. Esto condujo a la creación del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el cual presenta conflicto de intereses, ya que por un lado es regulador y por otro regulado ambientalmente hablando. Debido a que tiene entre sus funciones la promoción y ejecución de infraestructura de agua y vivienda, actividades que generan impactos sobre el medio ambiente.

Este último aspecto ha restado posibilidad de gestión ambiental en el Ministerio, dificultando su papel de facilitador y garante de la implementación de la política ambiental nacional.

²³ En el Anexo B se presenta el comportamiento de cada una de las Autoridades Ambientales

²⁴ Según la Contraloría (2006) se ha presentado un fortalecimiento de las corporaciones con mayores recursos, y la brecha entre corporaciones de altos y bajos ingresos cada vez se ahonda más.

²⁵ La agenda verde es definida en el documento Conpes 3343 como aquella que se enfoca en el manejo sostenible de los recursos naturales, reduciendo el impacto de la humanidad sobre los recursos naturales a escala regional y global, mientras la agenda gris se enfoca en atender las amenazas del medio ambiente sobre los humanos, relacionado con la insuficiencia de provisión de agua potable y servicios de saneamiento.



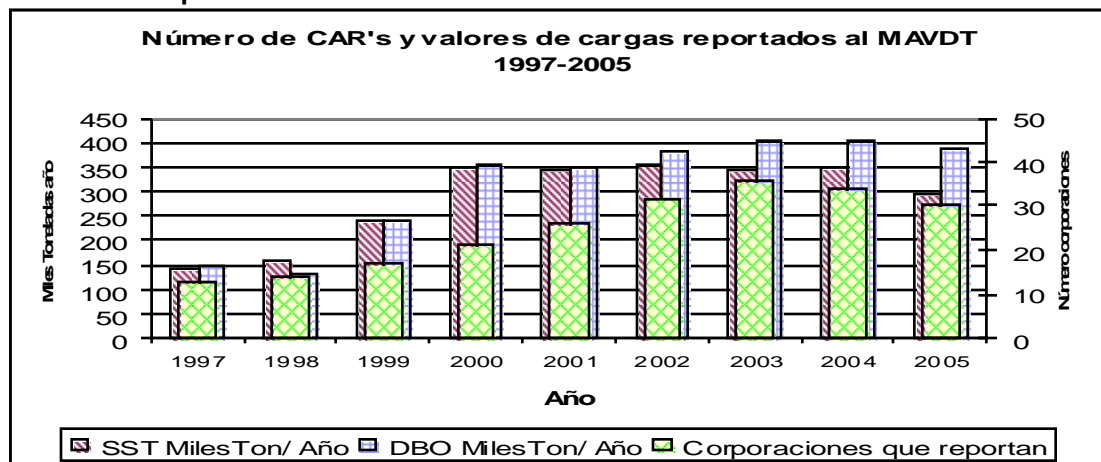
En cuanto a las corporaciones regionales, se debe adelantar un proceso de fortalecimiento institucional, que propicie la rendición de cuentas ante la sociedad permitiendo una mejora en la gestión regional. De igual forma se debe propender por grupos de trabajos mejor capacitados²⁶. En lo referente a la parte financiera se podría pensar que el MAVDT estableciera criterios, asociados al desempeño, para la reasignación de recursos financieros.

7.3. Comportamiento de las cargas contaminantes de DBO y SST

Aunque el tiempo transcurrido entre la entrada en vigencia del Decreto (3100 de 2003) a la fecha de cierre del informe (2005) es corto, es evidente que hay un gran rezago en algunas autoridades ambientales, en la medida que las actividades necesarias para cumplir con la normativa, no son del todo nuevas, ya que muchas de ellas se tendrían que venir realizando desde la entrada en vigencia de las tasas retributivas (Decreto 901 de 1997).

En la Figura 4 se muestra la evolución de las cargas contaminantes de DBO y SST reportadas por las diferentes corporaciones al MAVDT para el período 1997 – 2005, además se muestra el número de CAR's que reportan información²⁷.

Figura 4 Comportamiento carga contaminante reportada para el período 1997-2005 por las diferentes corporaciones



Fuente: El autor (MAVDT, 2005)

²⁶ Una de las estrategias a nivel nacional para superar este problema ha sido la expedición de los Decretos 3345 de 2003 y 1200 de 2004. En el primero se establecen las condiciones para llevar a cabo un concurso público para la elección del director de la corporación. El segundo, establece un sistema de monitoreo y rendición de cuentas, con base en los resultados obtenidos.

²⁷ La información reportada por la Corporación Regional de Santander (CAS) al MAVDT no fue considerada para la elaboración de la Figura 4, 5 y 6 debido a que presentaba grandes inconsistencias al pasar de 210.8 Miles de Toneladas reportadas en el período 1998 -2003 a 17.8 Miles de Toneladas reportadas en el 2004. Además en las observaciones a la información reportada, la CAS señala que “No se encuentran registros históricos desde el año 1998 al 2003” (MAVDT, 2005)



En el período 1997 – 2003 se presenta, en promedio, un tendencia incremental de las cargas reportadas por las corporaciones, acorde con el aumento del número de CAR's que reportaron información al MAVDT.

Vale la pena resaltar que a partir del año 2001 se empieza a observar que el comportamiento de DBO y SST empieza a ser diferente en la medida que este último entre el 2001 y 2004 presenta tasas de crecimiento inferiores a las experimentadas por la DBO y del 2004 a 2005 los sólidos a una mayor tasa que a la que lo hace la DBO²⁸

En el período 2003-2005 se presentó una reducción en los niveles de contaminación por DBO y SST, en el primero la reducción fue igual al 4%, y en el segundo fue de 14%.

Las causas de este comportamiento se pueden deber a:

- Ocho²⁹ corporaciones no reportaron cargas de DBO y SST para el 2005. Pero esto no explicaría el total de la reducción ya que las cargas reportadas por estas en el 2002, representaban el 2.7% del total de la carga de DBO y 3.7% del total de SST, y la tendencia se ha mantenido relativamente constante.
- Como se observa en la Figura 5, en promedio, a partir del 2002 se ha dado un aumento de los porcentajes de recaudo³⁰, que implica una mayor gestión de las autoridades ambientales en las zonas que se ha implementado las tasas. Esto genera incentivos para que las firmas reduzcan sus niveles de emisiones.
- Como se observa en la Figura 6 a partir del año 2003 se incrementó la inversión en el control de la contaminación hídrica, lo cual puede redundar en una menor cantidad de emisiones.
- Otro tipo de factores no considerados como la adopción de nueva tecnología por presiones del mercado, cambio de cultura en las firmas, reducciones por la implementación de políticas de comando y control, entre otros.
- La implementación de las tasas ha cumplido su objetivo y en algunas corporaciones se logró que los niveles de emisión disminuyeran.

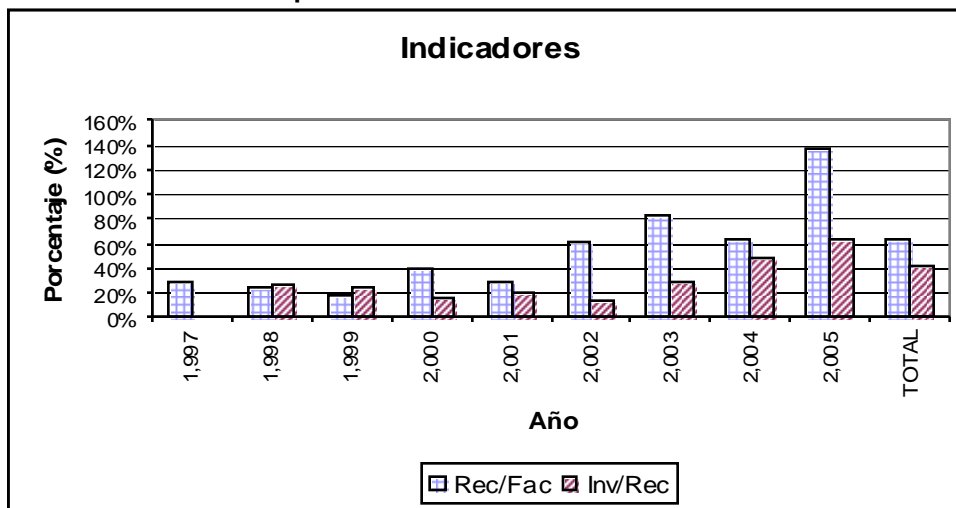
²⁸ Una discusión más extensa sobre este tipo de comportamiento se da en la sección 7.7.3

²⁹ Las corporaciones son: CARDER, CDA, CODECHOCO, CORALINA, CORPOGUAVIO, CORPONARIÑO, CRC Y CSB

³⁰ En el Anexo B se puede ver al evolución de este porcentaje para cada una de las corporaciones

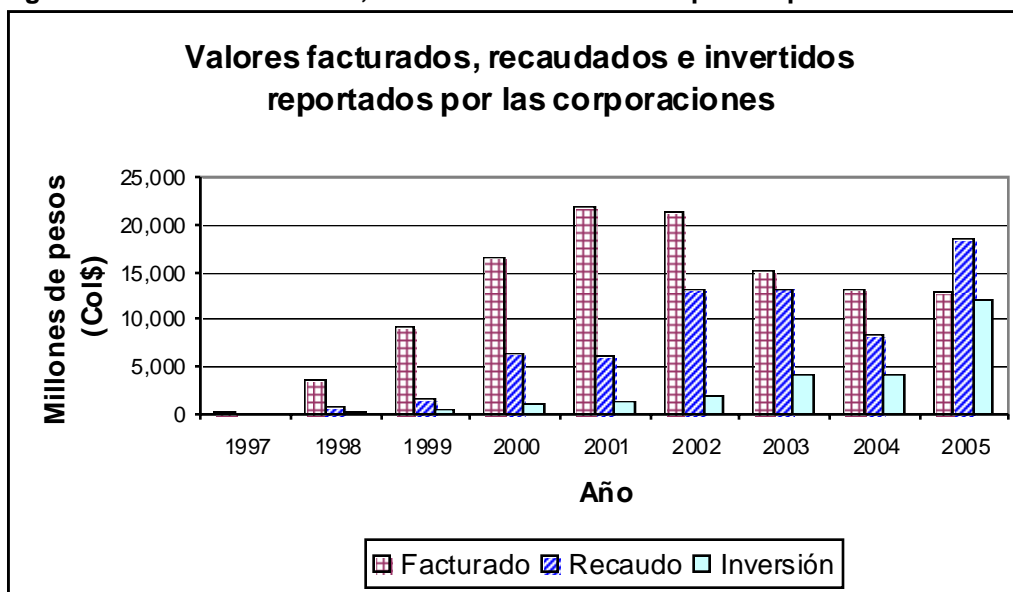


Figura 5 Recaudo como un porcentaje de lo facturado e Inversión como porcentaje del recaudo. Todas las corporaciones



Fuente: MAVDT 2005

Figura 6 Valores Facturados, recaudados e Invertidos por Corporación



Fuente: El autor. Pesos constantes 1994

7.4. Comportamientos de la facturación, el recaudo y la inversión ambiental

En términos reales la facturación ha disminuido a partir del año 2001. Este comportamiento es un poco inesperado para el año 2002 porque se esperaría que en este lapso de tiempo aumentara el valor facturado, debido a que: las cargas contaminantes en este período se incrementaron (Figura 4), el valor de la tarifa



mínima se indexa cada año manteniendo constante su valor real y solo a partir del 2003 el factor regional podría tomar un valor menor, porque en este año se pactaba una nueva meta de reducción.

A excepción del 2004 el recaudo muestra una tendencia creciente, hecho de esperar, ya que las corporaciones en donde se ha implementado las tasas, que corresponden a las más eficientes, han logrado mejorar la gestión. Además el no pago de las tasas es cada vez menos frecuente entre las firmas en la jurisdicción de dichas corporaciones.

El aumento de la inversión en proyectos de descontaminación hídrica que muestra la Figura 6 entre los años 1997 – 2002 es baja comparada con la facturación de ese mismo período. A partir del 2003 su participación cada vez es mayor. Este comportamiento es el resultado de la concepción de Inversión planteada antes del año 2003 por el Decreto 901 de 1997, en la cual las inversiones eran consideradas como “... todas aquellas inversiones cuya finalidad exclusiva sea mejorar la calidad físico-química y bacteriológica de los vertimientos o aguas servidas” y la que se plantea en el 2003 por el Decreto 3100 de este mismo año en la cual entra a hacer parte del concepto de inversión los interceptores, emisarios, sistemas de tratamiento y estudios y diseños asociados a estos. Por lo tanto los datos presentados a partir del 2003 no son comparables con los datos anteriores a este año, pero en definitiva las inversiones realizadas en el 2004 y 2005 son superiores a las que se presentaron en el 2003.

7.5. Relación entre la carga vertida y la tasa cobrada

Uno de los aspectos más relevantes para que las TR funcionen adecuadamente, es que su cobro se haga proporcional a la cantidad de sustancia contaminante vertida. De este modo se generan incentivos para que las firmas reduzcan emisiones, porque dichas reducciones implican ahorros por pago de tasa.

Para poder llevar a cabo esta actividad, las Autoridades Ambientales deben, por lo menos, haber finalizado la primera fase de implementación (Tabla1). Por lo tanto solo el 59% de las Autoridades Ambientales estaría, teóricamente, en capacidad de establecer el valor a pagar por tasas basados en las emisiones reales. A esto se le suman casos como el de la Autoridad Ambiental de Bogotá (Secretaría Distrital de Ambiente³¹ (SDA)), que aunque terminó la primera fase y concentra gran parte de la industria del país, hace el cobro basándose en cargas presuntivas. Esto se debe básicamente a la interacción Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB ESP y La SDA como se explica en el Anexo C.

³¹ A partir del Acuerdo 257 de 2006, en la que se consagra las reformas de carácter administrativo del Distrito se crea la Secretaría Distrital de Ambiente en reemplazo del Departamento Administrativo del Medio Ambiente.



Al final se obtiene un instrumento económico incapaz de enviar señales económicas que incentiven reducciones de la contaminación y termina convertido en un instrumento netamente financiero para la Autoridad Ambiental.

7.6. Impacto de la implementación de las tasas retributivas en la calidad del Agua

La información que existe en tomo a este tema es poca y contradictoria. Por ejemplo, la Contraloría (2006) cita un reporte del MAVDT en el cual éste reporta que debido a la implementación de las TR entre 1998 y 2002 se produjo una reducción de un 27% de DBO y un 45% de SST. Castro^b (2002) registra en su estudio experiencias exitosas en la reducción de la contaminación hídrica por la implementación de las TR en algunas corporaciones (DADIMA; CVC y CORNARE) para el período 1997-2002. Según el IDEAM (2004), en el 2003 el grado de deterioro de los cuerpos de agua está directamente relacionado con la cercanía a centros urbanos. Aspecto que pone en evidencia, en términos generales, que las labores adelantadas para el control de la contaminación hídrica en las áreas pobladas no están surgiendo el efecto deseado.

A parte de la falta de recursos técnicos e infraestructura para la medición de parámetros de calidad del agua, los indicadores que utilizan las CARs para evaluar su gestión en su mayoría no están relacionados directamente con el impacto sobre el nivel de contaminación, y normalmente están más relacionados con procesos administrativos (Blackman, 2006)

7.7. Análisis de la efectividad de las tasas retributivas. Modelo Econométrico

7.7.1. Modelo de primeras diferencias para datos panel³²

La aplicación de instrumentos económicos para el control de la contaminación tiene como objetivo generar incentivos para que los agentes contaminadores cambien su comportamiento y se reduzcan los niveles de contaminación. Con la implementación de la Tasa Retributiva en Colombia, se pretende disminuir los niveles de vertimientos de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua.

Para evaluar la efectividad de las tasas, en cuanto al cumplimiento de su objetivo, en el presente trabajo se presenta un modelo de datos panel de primeras diferencias, el cual es utilizado ampliamente en la literatura para la evaluación de programas de política (Wooldridge, 2003).

³² También es conocido como diferencias en diferencia.



Se parte de dos observaciones de un individuo en diferentes períodos (1 y 2), para los cuales se estable una regresión lineal del siguiente modo:

$$\text{Período 1: } Y_{i1} = \beta_0 + \delta d_2 + \beta_1 \chi_{i1} + a_i + u_{i1}$$

$$\text{Período 2: } Y_{i2} = \beta_0 + \delta d_2 + \beta_1 \chi_{i2} + a_i + u_{i2}$$

Donde Y_{i1} , Y_{i2} son las observaciones de las variables a explicar para el individuo i en el primer y segundo período respectivamente. La variable d_2 es una dummy que toma valores de 0 en el primer período y 1 en el segundo, esto genera que el intercepto para el primer período sea β_0 y para el segundo $\beta_0 + \delta$. χ_{i1} y χ_{i2} son las observaciones de la variable explicativa³³ para el individuo i en el primer y segundo período respectivamente. La variable a_i recoge todos los efectos no observables que permanecen fijos a lo largo del tiempo, tales como heterogeneidad de las firmas, características climáticas, propiedades de los cuerpos de agua receptores, etc. El error u_i , puede variar en el tiempo ya que en este pueden estar contenidos factores no observables y no constantes que afectan la variable explicada, algunos ejemplos son: actitud de la comunidad hacia la contaminación, presión de la Autoridad Ambiental, entre otros.

Para efectos del presente trabajo se considerará que en el período evaluado 1998-2002, todos los efectos no observados permanecen constantes. Este supuesto es racional en la medida que los factores no observables son típicamente lentos en cambiar (Wooldridge, 2003).

Si se resta la ecuación del primer período a la del segundo se tendría:

$$Y_{i2} - Y_{i1} = \delta + \beta_1 (\chi_{i2} - \chi_{i1}) + (u_{i2} - u_{i1})$$

Reexpresando

$$\Delta Y_i = \delta + \beta_1 \Delta \chi_i + \Delta u_i$$

Donde Δ denota el cambio ocurrido del primer al segundo período.

La ventaja de este tipo de planteamientos es que, bajo el supuesto de que los efectos no observables se mantienen constantes, no va a presentar el problema de variable omitida y adicionalmente va a lograr que el error no esté correlacionado con las variables explicativas. Para que los resultados de este modelo sean válidos es necesario que se cumplan dos condiciones: 1) las diferencias de las variables explicativas no pueden ser estacionarias y 2) Si el modelo es resuelto por Mínimos Cuadrados Ordinarios MCO es necesario que no

³³ Sin pérdida de generalidad se supone, por facilidad, que solo hay una variable explicativa



se presente heterocedasticidad. Pero en caso de que ésta se presente puede ser resuelta mediante la aplicación de algún tipo de test, como el de White. Si no se corrige por heterocedasticidad los estadísticos en determinados rangos de confianza podrían no ser válidos ya que el estadístico t calculado por mínimos cuadrados ordinarios no tienen distribución t.

7.7.1.1. Fuentes de información y construcción de variables

La fuente principal de información para la construcción del modelo econométrico fue la Resolución 081³⁴ de 2001 del MAVDT, reportada por las Corporaciones CDMB, CORNARE y CVC. Para la selección de las corporaciones se tuvo en cuenta el número de actividades de implementación de la tasa retributiva finalizadas (MAVDT, 2005) y el número de reportes disponibles en el Ministerio.

Se realizó una depuración de la información mediante un análisis de la consistencia de los reportes de la Corporaciones y se dio inicio a una etapa de verificación, en las Corporaciones que así lo ameritarán, con las personas responsables del manejo de la información de tasas retributivas en cada una de las Autoridades ambientales.

Se obtuvo información sobre 806 Empresas en total para el período 1998 – 2002, como se observa en la tabla 2, y para la estimación del modelo se utilizaron un total de 422 Empresas, que representan un 52,4% de los usuarios con información, reportada por las 3 Corporaciones.

La muestra se dividió en empresas industriales y municipales (Empresas de Alcantarillado), puesto que la señal económica que envía el cobro de las tasas genera más fácilmente cambios en el nivel de vertimientos en el sector industrial que en el doméstico. Esto se debe a que la contaminación de las empresas municipales proviene de los hogares, los cuales tienen capacidad muy limitada de modificar los vertimientos en función del costo (Rudas, 2005)

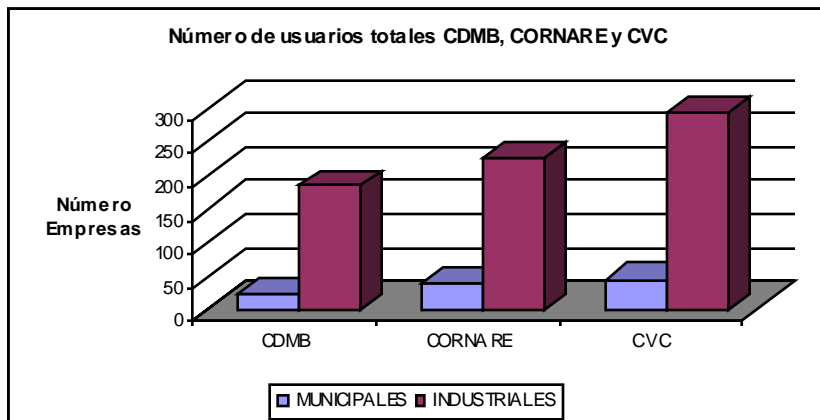
Tabla 2 Total empresas reportadas CDMB, CORNARE y CVC

AUTORIDAD	MUNICIPALES	INDUSTRIALES	TOTAL
CDMB	24	183	207
CORNARE	39	224	263
CVC	45	291	336
TOTAL	108	698	806

³⁴ En el numeral 7.1 se exponen las principales características de dicha Resolución



Figura 7 Número total empresas reportadas por CDMB, CORNARE y CVC 1998-2002

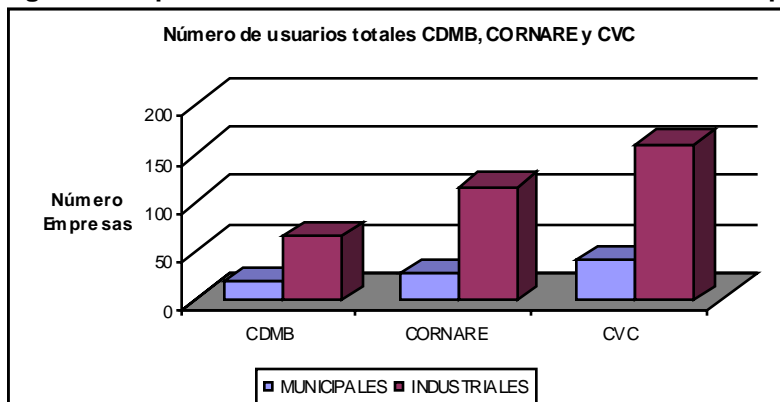


Para la elaboración del modelo se seleccionaron las empresas que tuviesen registros de cargas de DBO, cargas de SST, facturación y recaudo para el primer y/o segundo semestre de 1998 y primer y/o segundo semestre de 2002. La distribución por tipo de usuario, industrial o municipal, y por corporación se especifica en la Tabla 3

Tabla 3 Empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias

AUTORIDAD	MUNICIPALES	INDUSTRIALES	TOTAL
CDMB	18	64	82
CORNARE	26	116	142
CVC	39	159	198
TOTAL	83	339	422

Figura 8 Empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias





Se utilizó el Producto Interno Bruto (PIB) para la elaboración de una variable, el cual se obtuvo de las cuentas nacionales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE- disponibles en su página Web³⁵.

En el modelo utilizado la variable dependiente es el cambio en la cantidad de emitida de DBO y SST, y las variables explicativas son el cambio del porcentaje del valor agregado de la actividad económica de la firma, la variación del valor del factor regional de cada una de las firmas y la variación del porcentaje del valor total acumulado de la cartera por cobrar sobre el valor total acumulado facturado por cada una de las corporaciones por año.

El modelo utilizado y la descripción detallada de las variables se muestra a continuación

$$DDBO_i = c + \beta_1 DPPIB_i + \beta_2 DFRDBO_i + \beta_3 DCART_i + Du_i$$

$$DSST_i = c + \beta_1 DPPIB_i + \beta_2 DFRSST_i + \beta_3 DCART_i + Du_i$$

Donde:

DDBO = Es el cambio en la carga de DBO, para cada una de las firmas, entre semestre promedio del año 1998 y del año 2002 (medida en Kg/ semestre). Para la construcción de esta variable se tomó el promedio de los valores de carga para el primer y segundo semestre, y de igual forma se hizo para el noveno y décimo semestre. A continuación se halló la diferencia para los valores de carga promedio entre el año 2002 y 1998.

DSST = Es el cambio en la carga de SST, para cada una de las firmas, entre semestre promedio del año 1998 y del año 2002 (medida en Kg/ semestre). Para la construcción de esta variable se tomó el promedio de los valores de carga para el primer y segundo semestre, y de igual forma se hizo para el noveno y décimo semestre. A continuación se halló la diferencia para los valores de carga promedio entre el año 2002 y 1998.

DPPIB = Cambio porcentual en el producto interno bruto de la rama de actividad económica de cada una de las empresas. Para ello se tomó la clasificación de código Ciiu a 4 dígitos y se estableció el valor de la producción (a precios constantes de 1994) en la matriz de equilibrio, previa identificación de la cuenta nacional del Dane a la cual correspondía.

Para cada firma se tomó el valor promedio de producción semestral para el primer y último año, medido en millones de pesos por semestre

³⁵ www.dane.gov.co



DFRDBO = Cambio en el factor regional de DBO al que se vio enfrentado cada uno de los diferentes usuarios. Para la construcción de esta variable se utilizaron los valores reportados de facturación, tarifa mínima vigente y carga reportados por cada una de las Corporaciones, a excepción de CORNARE, la cual suministró el valor del factor regional utilizado para cada cuenca directamente.

DFRSST = Cambio en el factor regional de SST al que se vio enfrentado cada uno de los diferentes usuarios. Para la construcción de esta variable se utilizaron los valores reportados de facturación, tarifa mínima y carga reportados por cada una de las Corporaciones, a excepción de CORNARE, la cual suministró el valor del factor regional utilizado para cada cuenca directamente.

DRECFAC = Cambio en la proporción del valor total recaudado sobre el valor total facturado del año 1998 con respecto al 2002, por autoridad ambiental.

DCART = Cambio en proporción de la cartera no cobrada con respecto al total facturado. Para calcular esta variable se tomó el valor acumulado de facturación sobre el valor acumulado de cartera por recaudar. Para el cálculo de este variable se tomó la información de la "Base de datos para la consulta de información histórica de la tasa retributiva. 1997-2005". En primera instancia se había utilizado la variable RECFAC, cambio en la proporción del valor total recaudado sobre el valor total facturado del año 1998 con respecto al 2002 por autoridad ambiental, pero debido a que los períodos de facturación y recaudo no necesariamente coincidían, lo que generaría distorsiones, por lo tanto se optó por tomar como indicador de gestión la variable DCART.

Los valores esperados para los estimadores son los siguientes:

$\beta_1 > 0$, ya que a mayor nivel de actividad económica se espera un incremento en las emisiones.

$\beta_2 < 0$ Incrementos en el factor regional generan mayores costos a las empresas por contaminar, debido a esto se generan mayores incentivos para que se de una reducción en el nivel de emisiones.

$\beta_3 > 0$. Si la cartera por cobrar disminuye, el grado de gestión de la Corporación, referente a las tasas retributivas, podría haber mejorado, por lo tanto se espera que el nivel de emisiones de las empresas disminuya.

Las estadísticas descriptivas se presentan en la Tabla 4



Tabla 4 Estadísticas descriptivas variables utilizadas en el modelo de primeras diferencias

Empresas Industriales y Municipales (422 Empresas)								
Variable	Municipal (83 Empresas)				Industrial (339 Empresas)			
	Med	Máy	Mín	Desv. Est	Med	Máy	Mín	Desv. Est
DDBO	2,206.93	471,849.18	-412,059.40	102,715.82	-7,442.60	429,075.78	-879,438.02	64,646.57
DSST	-11,764.17	402,756.30	-490,891.85	111,735.32	-6,979.30	137,121.78	-335,496.47	38,322.18
DFRDBO	3.15	4.25	0.00	1.28	1.60	4.25	0.00	1.59
DFRSST	3.22	4.25	0.00	1.26	1.80	4.00	0.00	1.46
DCART	0.01	0.16	-0.11	0.12	0.52	90.64	-1.00	7.11
DPPIB	0.04	0.06	-0.21	0.03	3.03	15.46	-0.12	6.01
CDBM (82 Empresas)								
Variable	Municipal (18 Empresas)				Industrial (64 Empresas)			
	Med	Máy	Mín	Desv. Est	Med	Máy	Mín	Desv. Est
DDBO	11,220.02	353,426.56	-272,357.13	133,151.06	-4,413.96	22,758.34	-163,563.56	22,656.18
DSST	-27,716.47	385,380.34	-482,963.12	162,838.01	-3,935.79	5,865.59	-119,032.07	15,487.84
DFRDBO	3.53	4.25	0.50	1.11	3.30	4.25	0.50	1.25
DFRSST	3.51	4.00	0.50	1.06	3.29	4.00	0.50	1.25
DCART	0.03	0.03	0.03	0.00	-0.21	11.87	-0.99	1.80
DPPIB	0.03	0.06	0.02	0.01	15.46	15.46	15.46	0.00
CORNARE (142 Empresas)								
Variable	Municipal (26 Empresas)				Industrial (116 Empresas)			
	Med	Máy	Mín	Desv. Est	Med	Máy	Mín	Desv. Est
DDBO	-4,398.84	192,249.00	-243,630.00	72,156.44	-2,731.85	9,492.51	-113,143.01	13,344.74
DSST	-7,794.04	184,552.00	-212,496.00	64,119.03	-1,586.21	5,762.62	-86,429.51	8,868.41
DFRDBO	2.77	3.00	2.75	0.07	2.83	3.50	2.50	0.19
DFRSST	2.97	3.50	2.75	0.27	2.92	3.75	2.50	0.30
DCART	0.16	0.16	0.03	0.03	0.48	84.30	-1.00	7.98
DPPIB	0.02	0.06	-0.02	0.01	0.48	0.48	0.48	0.00
CVC (198 Empresas)								
Variable	Municipal (39 Empresas)				Industrial (159 Empresas)			
	Med	Máy	Mín	Desv. Est	Med	Máy	Mín	Desv. Est
DDBO	2,450.88	471,849.18	-412,059.40	106,497.46	-2,731.85	9,492.51	-113,143.01	13,344.74
DSST	-7,048.33	402,756.30	-490,891.85	110,541.43	-1,586.21	5,762.62	-86,429.51	8,868.41
DFRDBO	3.22	4.25	0.00	1.67	2.83	3.50	2.50	0.19
DFRSST	3.26	4.25	0.00	1.67	2.92	3.75	2.50	0.30
DCART	-0.10	0.16	-0.11	0.04	0.48	84.30	-1.00	7.98
DPPIB	0.05	0.06	-0.21	0.04	0.48	0.48	0.48	0.00

7.7.1.2. Comportamiento de las cargas contaminantes (Primeras diferencias)

Como se puede observar en la Figura 9, tanto las cargas de DBO y SST, a nivel agregado, han disminuido en las 3 Corporaciones en el período 1998 – 2002. Al analizar el comportamiento de cada una de las corporaciones (Tabla 5 y Figura 10) se observa que todas disminuyeron sus niveles de emisiones, siendo, en



términos absolutos, las más significativas las que se presentan en CVC tanto para DBO como para SST. En términos relativos las mayores reducciones de DBO y SST se presentan en CORNARE (24%) y CDMB (19%) respectivamente.

Figura 9 Cargas contaminantes de las empresas utilizadas en el modelo de primeras diferencias

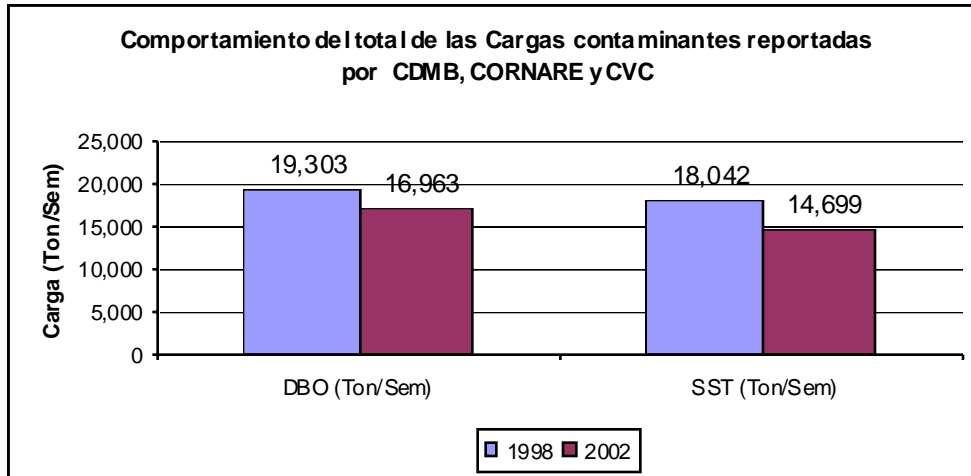


Figura 10 Comportamiento de las cargas de las empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias

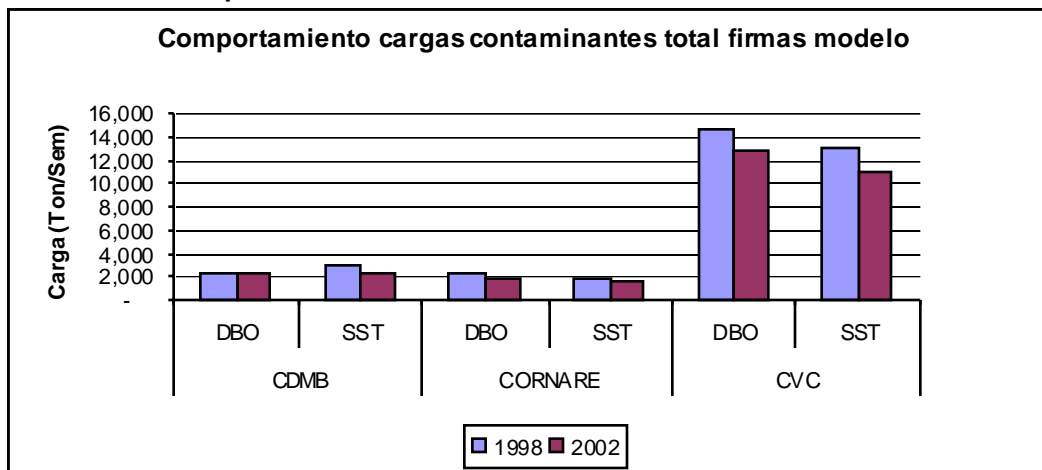




Tabla 5 Comportamiento de las carga de DBO y SST para todas las empresas utilizadas en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002

Industrias y Municipios								
Año	TOTAL (N=422)		CDMB (N=86)		CORNARE (N=142)		CVC (N=198)	
	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)
1998	19,303	18,042	2,448	3,123	2,275	1,838	14,580	13,081
2002	16,963	14,699	2,367	2,373	1,844	1,451	12,752	10,876
Variación Abs	-2,340	-3,342	-81	-751	-431	-387	-1,828	-2,205
Variación (%)	-12.1%	-18.5%	-3.3%	-24.0%	-19.0%	-21.0%	-12.5%	-16.9%

N= Número de Empresas

A nivel industrial, como se observa en la Figura 11 y Tabla 5, en todas las corporaciones se presenta reducción de las cargas, siendo en términos absolutos mayores las presentadas en la CVC. En términos relativos el descenso en el nivel de emisiones más prominente fue en CORNARE, con una reducción del 70.6% para SST y 54.8% para DBO.

Figura 11 Comportamiento de las empresas industriales utilizadas en el modelo econométrico.

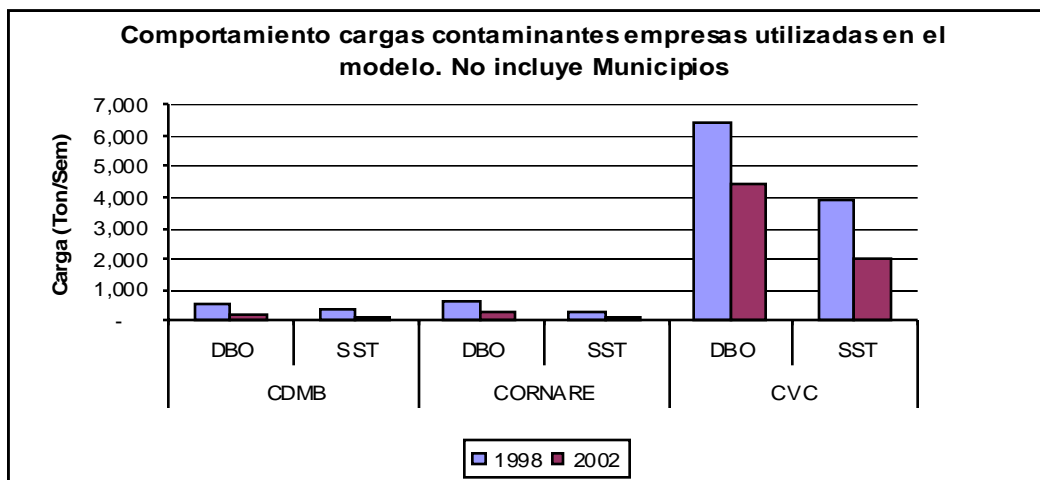


Tabla 6 Comportamiento de las carga de DBO y SST para las empresas industriales utilizadas en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002

Industrias								
Año	TOTAL (N=339)		CDMB (N=64)		CORNARE (N=116)		CVC (N=159)	
	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)
1998	7,525.9	4,594.3	515	357	608	282	6,402	3,956
2002	5,002.8	2,228.3	233	105	291	98	4,479	2,026
Variación Abs	-2,523	-2,366	-282	-252	-317	-184	-1,924	-1,930
Variación (%)	-33.5%	-51.5%	-54.8%	-70.6%	-52.1%	-65.3%	-30.0%	-48.8%

N= Número de Empresas



El nivel de emisiones de DBO de los municipios en las corporaciones de CDMB y CVC se incrementaron (Figura 12 y Tabla 7), mientras que en CORNARE hubo una disminución, dando como resultado total un incremento de 183 Toneladas, equivalentes a un aumento del 1.6%. En cuanto a SST se observa una disminución de 976 Toneladas por Semestre, equivalente a un 7.3% en los Municipios de las tres corporaciones. La disminución en términos absolutos y relativos más grande se dio en CDMB.

Figura 12 Comportamiento de las empresas Municipales utilizadas en el modelo econométrico.

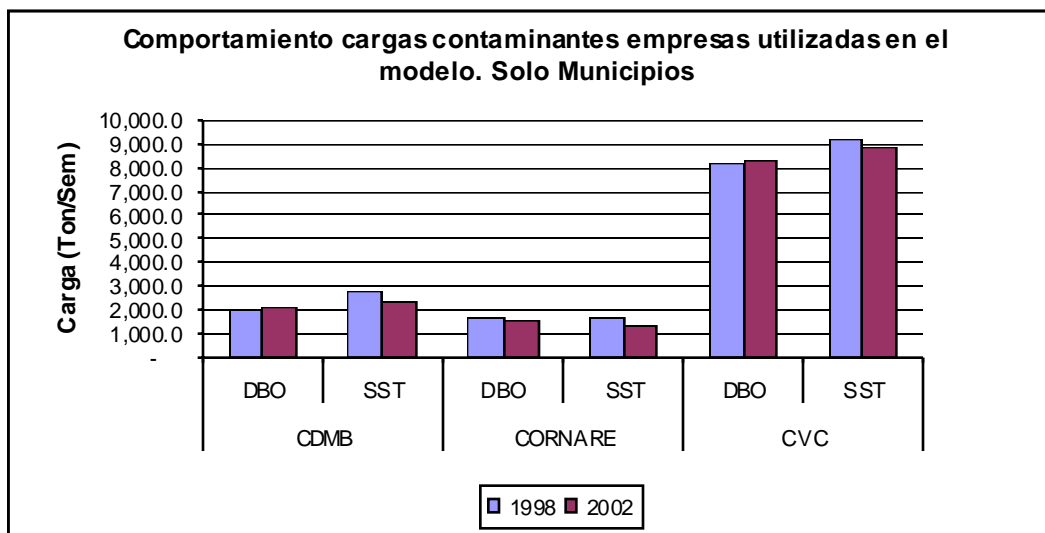


Tabla 7 Comportamiento de las carga de DBO y SST para las empresas industriales utilizadas en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002

Año	Municipios							
	TOTAL (N=83)		CDMB (N=18)		CORNARE (N=26)		CVC (N=39)	
	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)	DBO (Ton/Sem)	SST (Ton/Sem)
1998	11,777.4	13,447.5	1,932.9	2,766.7	1,666.4	1,556.0	8,178.1	9,124.8
2002	11,960.5	12,471.0	2,134.8	2,267.8	1,552.0	1,353.3	8,273.7	8,849.9
Variación Abs	183	-976	202	-499	-114	-203	96	-275
Variación (%)	1.6%	-7.3%	10.4%	-18.0%	-6.9%	-13.0%	1.2%	-3.0%

N= Número de Empresas

El comportamiento de las cargas contaminantes anteriormente descrito, aumento de DBO y disminución de SST, no se ajusta a un comportamiento esperado debido a que los factores que afectan el aumento o disminución de las cargas en



aguas residuales domésticas son básicamente los mismos para DBO y SST³⁶. Por lo tanto se esperaría que la variación de las cargas contaminantes se de en el mismo sentido³⁷.

Una posible explicación a este comportamiento es que durante el lapso de tiempo evaluado se halla dado la conexión al sistema de alcantarillado de industrias que sean intensivas en producción de DBO³⁸ y se hallan instalado plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), dando como resultado final un incremento en la cantidad de DBO y una disminución de SST. En teoría este tipo de situaciones no se pueden dar ya que las empresas de alcantarillado solo tienen aportes del sector doméstico.

Otro factor que debe ser considerado al evaluar el comportamiento de las cargas es la forma en que se realiza la medición de cargas contaminantes y si esta varió en el tiempo, ya que la utilización de diferentes métodos de muestreo pueden alterar sustancialmente los resultados obtenidos.

Este tipo de situaciones pone de manifiesto la necesidad de que las diferentes corporaciones generen información adicional, a la hora de hacer reportes al MAVDT, indicando porque se generan estos cambios de comportamiento, aumento de suscriptores, instalación o adecuación de PTAR, etc. Contar con este tipo de información permite realizar un análisis exhaustivo de los efectos de la implementación de cada una de las diferentes políticas para el control de la contaminación hídrica

7.7.1.3. Resultados del modelo econométrico de primeras diferencias

En las tablas 8 y 9 se resumen las salidas econométricas del modelo

³⁶ Según Metcal & Eddy (1998, pág 177) “Los principales factores responsables de las variaciones de las cargas son: 1) costumbres de los residentes, que producen variaciones a corto plazo; 2) Condiciones de carácter estacional, y 3) Actividades industriales”. Así mismo señala, refiriéndose al agua residual doméstica que “... la masa total de DBO y SS del agua residual aumenta directa con la población a la que sirve al red”. Bajo el supuesto, bastante razonable, que los hábitos se mantuvieron constantes a lo largo de 5 años (1998-2002) no habría razón para suponer que se recompusieron de forma considerable la participación de DBO y SST por este motivo. Las variaciones de carácter estacional se refiere al ingreso de aguas lluvias a la red, las cuales al incrementarse podrían generar un aumento tanto de DBO y SST por efecto de arrastre y erosión de material depositado durante el período seco (primer lavado ó First flush).

³⁷ La disminución de SST en las empresas de Alcantarillado está ligado con la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que también debería generar una reducción de DBO, pues al remover sólidos la fracción sedimentable de la materia orgánica (DBO particulada) también sería removida.

³⁸ Mataderos, industria de alimentos entre otros.



Tabla 8 Resultados del modelo de primeras diferencias para DDBO

Variable dependiente: DDBO									
Variables	Todas (1)			Industrial (2)			Municipios (3)		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-13781.96	-2.087152	0.0375	-7406.167	-1.04267	0.2979	-31158	-0.901068	0.3703
DPIIB	3913.862	0.59279	0.5536	3656.057	0.625656	0.532	40144.91	0.110484	0.9123
DFRDBO	3908.891	1.400581	0.1621	-864.1803	-0.224443	0.8225	10129.16	1.116054	0.2678
DCART	-6430.59	-0.171868	0.8636	45632.68	0.9165	0.3601	-1481.859	-0.014511	0.9885
	R-squared	0.006659		R-squared	0.005766		R-squared	0.015954	
	F-statistic	0.933974		F-statistic	0.647618		F-statistic	0.426926	
	Prob	0.424174		Prob	0.584926		Prob	0.734246	

Tabla 9 Resultados del modelo de primeras diferencias para DSST

Variable dependiente: DSST									
Variable	Todas (1)			Industrial (2)			Municipios (3)		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-16869.06	-2.821236	0.005	-11797.05	-2.473596	0.0139	-51260.11	-1.339261	0.1843
DPIIB	5618.431	1.046566	0.2959	4407.552	1.284587	0.1998	-79586.07	-0.202127	0.8403
DFRSST	3695.748	1.518911	0.1295	1932.99	0.805922	0.4209	13166.76	1.326271	0.1886
DCART	5950.536	0.196597	0.8442	22505.06	0.788348	0.4311	2917.005	0.026501	0.9789
	R-squared	0.040924		R-squared	0.021809		R-squared	0.02282	
	F-statistic	4.491086		F-statistic	2.489581		F-statistic	0.614949	
	Prob	0.00146		Prob	0.060246		Prob	0.607328	

Como se observa en la tabla 8, modelo para DDBO, solo se obtuvo un resultado estadísticamente significativo³⁹, la constante, para en el caso en que se contemplaron todas las firmas, indicando que se presentó un cambio en los niveles de emisión con signo negativo (Reducción de las cargas en el 2002 con respecto al 1998), por causas diferentes a las mencionadas en el modelo

En el caso de SST (Tabla 9) los resultados, en cuanto a significancia estadística, no difieren en gran medida de los obtenidos para DBO. Cuando se efectúa el modelo para todas las firmas ninguna variable tiene significancia estadística, a excepción de la constante, la cual tiene signo negativo al igual que cuando se corre el modelo solo para las industrias, esto indica lo mismo que en el caso de DBO.

Según los resultados obtenidos con este modelo, las reducciones experimentadas de las cargas contaminantes no pueden ser explicadas por los cambios del valor facturado, a partir del incremento de los factores regionales, variaciones en el

³⁹ La significancia estadística se establece mediante la probabilidad arrojada por el estadístico. En el caso del estadístico t mide la relevancia de cada uno de las variables y el estadístico F mide la relevancia del conjunto de las variables independientes para explicar la variable dependiente.

El nivel de confianza está establecido como (1-Prob). Solo se considera relevante, desde el punto de vista estadístico, las variables que alcancen un nivel de confianza igual o superior al 90%



porcentaje de cartera a recaudar con respecto a la facturación acumulada o la variación porcentual del PIB.

Este resultado contrasta con el comportamiento de las variables utilizadas en el modelo, ya que como se puede observar en la Tabla 4 donde muestra que sistemáticamente el factor regional de Sólidos y de DBO han aumentado en este lapso de tiempo mientras las cargas han disminuido.

Partiendo del supuesto, bastante razonable, que las cargas presentadas en 1998 por las empresas sería similar a la que tendrían sin el cobro de tasa, debido a que estas no han tenido suficiente tiempo para responder a este incentivo. Para el 2002 se presentan reducciones de los niveles de cargas vertidos, de DBO entre el 3.3% y el 19% y de SST entre el 16.9% y 24.0%, en un lapso de tiempo (5 años) en que se puede esperar que las empresas hayan respondido ante los incentivos generados por las tasas.

Adicionalmente las Corporaciones seleccionadas para la realización del modelo, son aquellas que más adelantado tienen el proceso de implementación y registro del programa, lo cual haría prever que dicho programa fuera en alguna medida exitoso. Reportes de dicha eficiencia, para CORNARE se puede encontrar en Castro^b (2002), World Bank (2000), en Moreno(2005) para CDMB y para CVC en CEPAL (2001).

Debido a que las reducciones en el nivel de contaminación no pueden ser explicadas por regulación informal o regulación voluntaria⁴⁰, necesariamente el papel de la Corporación es determinante en el cambio del comportamiento de los agentes contaminantes.

Por las razones anteriormente expuestas parecía acertado suponer que el modelo de primeras diferencias utilizado en este trabajo no logra representar de manera adecuada la evidencia empírica.

Las posibles razones por las cuales el modelo de primeras diferencias no sea adecuado para los datos utilizados son:

- Algunas de las variables explicativas (DFRSST, DFRDBO y DCART) tienen un grado de variabilidad pequeño ya que sus valores oscila en un rango reducido. Esto hace que la condición de no estacionalidad (condición 1 de la sección

⁴⁰ A nivel internacional se ha encontrado evidencia empírica que sugiere que el desempeño ambiental de algunos países en vía de desarrollo, con una normatividad ambiental inexistente o muy laxa, es superior al esperado (Hartman et al, 1995; Pargal, 1996), debido a la presión que ejerce la comunidad, el mercado u otros agentes sin que necesariamente estos estén relacionados con la autoridad ambiental. Para el caso de Colombia, Cruz^b (2002) y Moreno (2005) encuentran evidencia que la comunidad, en general, no influye en el comportamiento ambiental de las empresas



7.7.1) impuesta por el modelo no se cumpla y va a generar estimadores con grandes errores estándar, y por ende, sin significancia estadística.

- Generalmente se utiliza primeras diferencias cuando se cuenta con un grupo de control, esto es, un grupo que no ha sido sometido a la política que se está evaluando. En este caso en particular no se tiene información del nivel de vertimientos de aquellas empresas que no están sujetas al cobro de tasas retributivas.
- Es posible que las tasas retributivas hayan contribuido a la disminución de cargas contaminantes, pero que la magnitud del cambio en las tasas (vía factor regional) no esté estrechamente relacionada con el nivel de cambio en las emisiones de DBO y SST.

7.7.2. Modelos econométricos datos panel balanceado

Debido a las restricciones de los resultados obtenidos en el modelo de primeras diferencias se plantean diferentes formas funcionales de modelos de regresión con datos de panel balanceado. Si bien es cierto que el nivel de emisiones de DBO y SST dependan de diversos factores, que no se pueden controlar con el nivel de información existente, se espera que se pueda obtener una descripción adecuada del fenómeno.

7.7.2.1. Fuentes de información y construcción de variables

La obtención y procesamiento de la información necesaria para la construcción de los modelos se llevó a cabo de la misma forma descrita en la sección 6.7.1.1.

Para la elaboración del modelo se tomaron las empresas de las 3 corporaciones que contaran con registros de emisiones y facturación para los 10 semestres del período de evaluación 1998 – 2002. El número de empresas utilizadas en la estimación del modelo ascendió a 328, que corresponden al 40.7% del total de empresas de las cuales se tenía algún nivel de información.

Al igual que en el modelo anterior la muestra se dividió entre empresas municipales e industriales, debido a que se esperan comportamientos diferenciados en cuanto a la respuesta a el cobro de las tasas retributivas⁴¹. En la Tabla 10 y Figura 13 se muestra la composición de la muestra respecto a tipo de empresa y corporación a la cual pertenece.

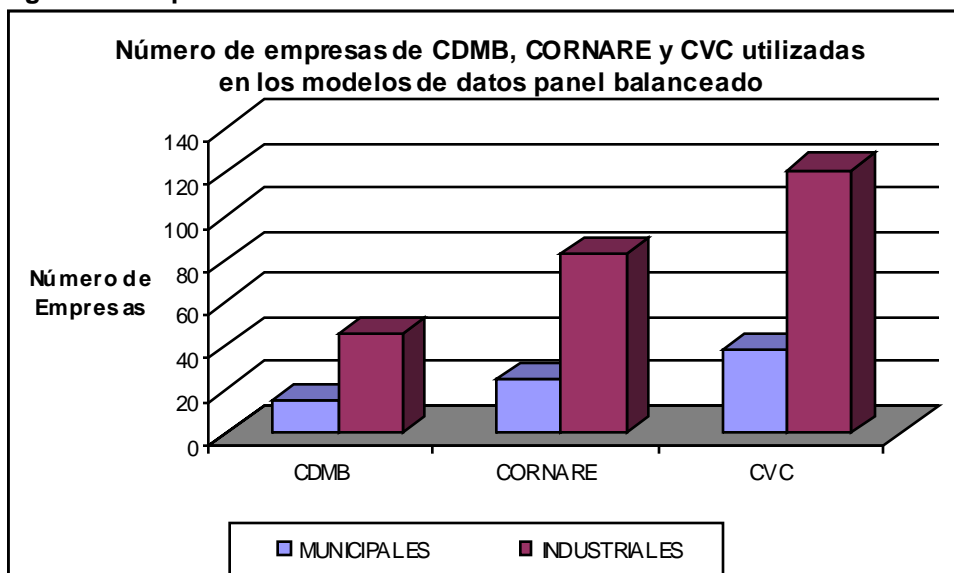
⁴¹ La explicación a ésta afirmación se realizó en la sección 7.7.1.1



Tabla 10 Número de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceados

AUTORIDAD	MUNICIPALES	INDUSTRIALES	TOTAL
CDMB	15	46	61
CORNARE	25	83	108
CVC	38	121	159
TOTAL	78	250	328

Figura 13 Empresas usadas en el Modelo de Panel Balanceado



La muestra está compuesta en su mayoría por empresas del sector industrial, 250 de 328, las cuales representan el 76.2% del total de la muestra, pero en términos de carga el las empresas que pertenecen al sector industrial aportan el 3.96% de DBO y el 3.06% de SST, ver Tabla 11.

Tabla 11 Total vertimientos de DBO y SST para las firmas utilizadas en los modelos de datos panel balanceado

SECTOR	CDMB		CORNARE		CVC		TOTAL	
	DBO (Ton)	SST (Ton)	DBO (Ton)	SST (Ton)	DBO (Ton)	SST (Ton)	DBO (Ton)	SST (Ton)
Industria	882	1,010	2,087	1,520	2,952	1,885	5,921	4,415
Municipios	18,690	19,989	13,176	11,587	111,569	108,427	143,435	140,003
Total	19,572	20,998	15,263	13,108	114,521	110,312	149,356	144,418
% Industria	4.51%	4.81%	13.67%	11.60%	2.58%	1.71%	3.96%	3.06%
%Municipios	95.49%	95.19%	86.33%	88.40%	97.42%	98.29%	96.04%	96.94%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

En los modelos utilizados la variable dependiente es el nivel de emisiones de DBO (logaritmo de DBO) o SST (logaritmo de SST) de cada una de las firmas para los diferentes períodos, y las variables explicativas son el factor regional (logaritmo del



factor regional) al que se ve enfrentada cada firma en el respectivo semestre, el valor agregado (logaritmo del valor agregado) de la actividad económica a la cual pertenece la empresa, la proporción del valor (logaritmo de la cartera) total acumulado de la cartera por cobrar sobre el valor total facturado por cada una de las corporaciones por año y por último una variable dummy que toma valores de 1 en caso de que sea un Municipio y 0 en cualquier otro caso.

Se utilizaron modelos lineales, semi log y log-log, calculados mediante mínimos cuadrados ordinarios. Los modelos utilizados y las descripción de las variables utilizadas se presentan detalladamente a continuación:

Modelo Lineal

$$DBO_{it} = C + \beta_1 FRDBO_{it} + \beta_2 PIB_{it} + \beta_3 CAR_{it} + D_MUN_i + \varepsilon_{it}$$
$$SST_{it} = C + \beta_1 FRSSST_{it} + \beta_2 PIB_{it} + \beta_3 CAR_{it} + D_MUN_i + \varepsilon_{it}$$

Modelo Semi log

$$LOGDBO_{it} = C + \beta_1 FRDBO_{it} + \beta_2 PIB_{it} + \beta_3 CAR_{it} + D_MUN_i + \varepsilon_{it}$$
$$LOGSST_{it} = C + \beta_1 FRSSST_{it} + \beta_2 PIB_{it} + \beta_3 CAR_{it} + D_MUN_i + \varepsilon_{it}$$

Modelo Log Log

$$LOGDBO_{it} = C + \beta_1 LOGFRDBO_{it} + \beta_2 LOGPIB_{it} + \beta_3 LOGCAR_{it} + D_MUN_i + \varepsilon_{it}$$
$$LOGSST_{it} = C + \beta_1 LOGFRSSST_{it} + \beta_2 LOGPIB_{it} + \beta_3 LOGCAR_{it} + D_MUN_i + \varepsilon_{it}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$t = 1, 2, \dots, 10$$

Donde

DBO_{it} = Es la cantidad de carga de DBO que emite la empresa i en el semestre t .
Está medida en Kg/semestre

SST_{it} = Es la cantidad de carga de SST que emite la empresa i en el semestre t .
Está medida en Kg/semestre

$FRDBO_{it}$ = Factor regional de DBO al que se vio enfrentado el usuario i en el semestre t . Para la construcción de esta variable se utilizaron los valores reportados de facturación, tarifa mínima vigente y carga reportados por cada una de las Corporaciones, a excepción de CORNARE, la cual suministró el valor del factor regional utilizado para cada cuenca directamente.

$FRSSST_{it}$ = Factor regional de SST al que se vio enfrentado el usuario i en el semestre t . Para la construcción de esta variable se utilizaron los valores reportados de facturación, tarifa mínima vigente y carga reportados por cada una de las Corporaciones, a excepción de CORNARE, la cual suministró el valor del factor regional utilizado para cada cuenca directamente.



PIB_{it} = Valor roduto interno bruto de la rama de actividad económica de cada una de las empresas. Para ello se tomó la clasificación de código Ciiu a 4 dígitos y se estableció el valor de la producción (Millones de pesos del 1994) en la matriz de equilibrio, previa identificación de la cuenta nacional del Dane a la cual correspondía.

CAR_{it} = Proporción de la cartera no cobrada con respecto al total facturado de la corporación a la cual pertenece la empresa i . Esta variable se obtuvo con base en la información reportada por las CAR's a el MAVDT de facturación y recaudo.

D_MUN_i = Variable Dummy, toma valores de uno cuando la empresa pertenezca al sector municipal y 0 en cualquier otro caso

$LOGDBO_{it}$ = Logaritmo de la variable DBO_{it}

$LOGSST_{it}$ = Logaritmo de la variable SST_{it}

$LOGFRDBO_{it}$ = Logaritmo de la variable $FRDBO_{it}$

$LOGFRSST_{it}$ = Logaritmo de la variable $FRSST_{it}$

$LOGPIB_{it}$ = Logaritmo de la variable PIB_{it}

$LOGCAR_{it}$ = logaritmo de la variable CAR_{it}

Los valores esperados para los estimadores son los siguientes:

$\beta_1 > 0$ Incrementos en el factor regional generan mayores costos a las empresas por contaminar, debido a esto se generan mayores incentivos para que se de una reducción en el nivel de emisiones.

$\beta_2 < 0$, ya que a mayor nivel de actividad económica se espera un incremento en las emisiones

$\beta_3 > 0$. Si la cartera por cobrar disminuye, el grado de gestión de la Corporación, referente a las tasas retributivas, podría haber mejorado, por lo tanto se espera que el nivel de emisiones de las empresas disminuya

La estadística descriptiva de las variables utilizadas se presenta a continuación



Tabla 12 Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en los modelos de datos panel

Variable	Empresas Industriales y Municipales (328 Empresas)							
	MUNICIPAL (78 Empresas)				Industrial (250 Empresas)			
	Med	Máx	Mín	DS	Med	Máx	Mín	DS
DBO	146,341.28	2,016,422.88	36.52	307,338.37	14,084.02	1,459,625.29	0.30	76,695.70
SST	156,232.48	2,397,867.76	1,804.00	333,421.63	9,022.50	512,593.77	0.02	39,926.73
FRDBO	3.27	6.50	1.00	1.57	2.37	6.50	1.00	1.64
FRSST	3.27	6.50	1.00	1.55	2.47	6.50	1.00	1.52
PIB	305,219.40	368,393.67	243,117.18	43,244.98	486,500.23	4,235,879.79	190.65	542,188.50
CAR	0.55	0.91	0.00	0.32	0.55	0.91	0.00	0.32
D_MUN	0.68	1.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
LOG DBO	4.68	6.30	1.56	0.68	2.75	6.16	-0.52	1.07
LOG SST	4.68	6.38	3.26	0.68	2.71	5.71	-1.70	1.08
LOGFRDBO	0.45	0.81	0.00	0.25	0.27	0.81	0.00	0.29
LOGFRSST	0.45	0.81	0.00	0.25	0.32	0.81	0.00	0.25
LOGPIB	5.48	5.57	5.39	0.06	5.30	6.63	2.28	0.81
LOGCAR	-0.56	-0.04	-2.77	0.79	-0.54	-0.04	-2.77	0.77
CDMB (61 Empresas)								
Variable	MUNICIPAL (15 Empresas)				Industrial (46 Empresas)			
	Med	Máx	Mín	DS	Med	Máx	Mín	DS
DBO	124,599.33	655,290.80	1,650.00	176,090.21	1,917.01	99,574.27	0.48	6,338.86
SST	133,257.50	749,872.92	2,183.68	204,620.09	2,195.19	159,941.17	1.78	8,958.83
FRDBO	3.13	5.50	1.00	1.41	2.91	5.50	1.00	1.39
FRSST	3.13	5.50	1.00	1.40	2.91	5.50	1.00	1.39
PIB	327,162.34	368,393.67	243,117.18	36,445.12	499,761.91	2,069,320.82	190.65	450,252.40
CAR	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.01
D_MUN	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LOG DBO	4.46	5.82	3.22	0.86	2.54	5.00	-0.32	0.80
LOG SST	4.42	5.87	3.34	0.86	2.67	5.20	0.25	0.78
LOGFRDBO	0.44	0.74	0.00	0.23	0.41	0.74	0.00	0.22
LOGFRSST	0.44	0.74	0.00	0.23	0.41	0.74	0.00	0.22
LOGPIB	5.51	5.57	5.39	0.05	5.33	6.32	2.28	0.85
LOGCAR	-2.09	-1.56	-2.77	0.47	-2.09	-1.56	-2.77	0.47
CORNARE (108 Empresas)								
Variable	MUNICIPAL (25 Empresas)				Industrial (83 Empresas)			
	Med	Máx	Mín	DS	Med	Máx	Mín	DS
DBO	52,580.70	462,429.00	36.52	66,569.89	2,551.81	114,169.50	0.30	11,835.39
SST	48,678.47	443,932.00	1,804.00	63,321.19	1,130.17	61,868.12	0.02	4,143.32
FRDBO	4.13	6.50	2.00	1.30	4.04	6.50	2.00	1.21
FRSST	4.10	6.50	2.00	1.28	3.92	6.50	1.50	1.27
PIB	339,932.30	368,393.67	243,117.18	23,307.31	485,984.03	1,975,179.83	779.34	494,833.70
CAR	0.43	0.50	0.34	0.07	0.43	0.50	0.34	0.07
D_MUN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LOG DBO	4.46	5.67	1.56	0.52	2.27	5.06	-0.52	0.89
LOG SST	4.42	5.65	3.26	0.51	2.14	4.79	-1.70	0.92
LOGFRDBO	0.59	0.81	0.30	0.15	0.58	0.81	0.30	0.14

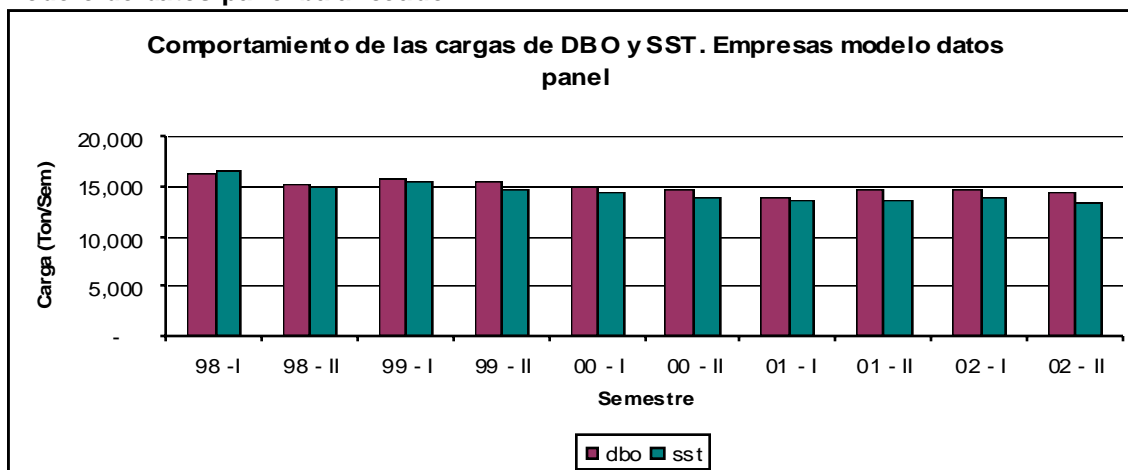


LOGFRSST	0.59	0.81	0.30	0.15	0.57	0.81	0.18	0.16
LOGPIB	5.53	5.57	5.39	0.03	5.41	6.30	2.89	0.65
LOGCAR	-0.38	-0.30	-0.47	0.08	-0.38	-0.30	-0.47	0.08
CVC (159 Empresas)								
Variable	MUNICIPAL (38 Empresas)				Industrial (121 Empresas)			
	Med	Máx	Mín	DS	Med	Máx	Mín	DS
DBO	216,608.23	2,016,422.88	1,485.00	410,011.25	26,620.03	1,459,625.29	0.31	108,362.09
SST	236,060.78	2,397,867.76	4,896.00	441,787.50	17,031.76	512,593.77	0.02	55,929.86
FRDBO	2.76	5.50	1.00	1.56	1.03	1.50	1.00	0.11
FRSST	2.78	5.50	1.00	1.55	1.31	1.50	1.00	0.24
PIB	273,720.28	368,393.67	243,117.18	31,377.88	481,812.69	4,235,879.79	696.07	602,227.87
CAR	0.84	0.91	0.79	0.05	0.84	0.91	0.79	0.05
D_MUN	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LOG DBO	4.91	6.30	3.17	0.61	3.15	6.16	-0.51	1.12
LOG SST	4.96	6.38	3.69	0.58	3.12	5.71	-1.70	1.10
LOGFRDBO	0.36	0.74	0.00	0.28	0.01	0.18	0.00	0.04
LOGFRSST	0.37	0.74	0.00	0.27	0.11	0.18	0.00	0.09
LOGPIB	5.43	5.57	5.39	0.05	5.21	6.63	2.84	0.88
LOGCAR	-0.07	-0.04	-0.10	0.03	-0.07	-0.04	-0.10	0.03

7.7.2.2. Comportamiento de las cargas contaminantes (Panel Balanceado)

Como se observa en la Figura 13 y en la Tabla 14 la cargas de DBO y SST en términos agregados (las 3 corporaciones) tienen una tendencia negativa, es decir en el lapso de tiempo evaluado 1998 – 2002 las emisiones de DBO y SST disminuyen.

Tabla 13 Comportamiento de las cargas de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado





En la tabla 14 se puede observar, al analizar a cada una de las corporaciones por separado, que se da una situación de aumento de DBO y una disminución de SST, lo cual es consistente con lo hallado en el anterior modelo

Tabla 14 Comportamiento de las cargas de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado

Semestre	CDMB		CORNARE		CVC		TOTAL	
	DBO (Ton)	SST (Ton)	DBO (Ton)	SST (Ton)	DBO (Ton)	SST (Ton)	DBO (Ton)	SST (Ton)
98 - I	2,187	2,908	1,811	1,535	12,333	12,176	16,330	16,619
98 - II	1,966	2,300	1,765	1,555	11,443	11,248	15,174	15,102
99 - I	1,716	2,121	1,529	1,332	12,367	12,109	15,613	15,562
99 - II	1,949	1,672	1,630	1,288	11,707	11,674	15,286	14,633
00 - I	1,746	1,834	1,515	1,251	11,660	11,410	14,921	14,495
00 - II	1,596	2,102	1,436	1,217	11,486	10,466	14,519	13,785
01 - I	1,736	1,965	1,391	1,255	10,670	10,312	13,798	13,532
01 - II	2,248	2,108	1,120	998	11,187	10,478	14,554	13,583
02 - I	2,195	2,004	1,526	1,342	10,947	10,440	14,668	13,786
02 - II	2,232	1,985	1,540	1,335	10,721	9,999	14,493	13,319
TOTAL	19,572	20,998	15,263	13,108	114,521	110,312	149,356	144,418

7.7.2.3. Resultados del modelo econométrico Panel Balanceado

La estimación de los modelos se llevó a cabo mediante mínimos cuadrados ordinarios.

Se obtuvo los mejores resultados con el modelo semi log, debido a que los estadísticos de significancia individual (estadístico t) y de significancia conjunta (estadístico F) presentaron los valores más altos en conjunto y además los signos de los estimadores eran los esperados.

En las Tablas 15 y 16 se puede observar el resumen de las salidas econométricas del modelo semi log⁴². Para la interpretación de los coeficientes estimados (β) es:

$$\beta = \frac{dDBO / DBO}{dX}$$
 donde x es cada una de las variables independientes. Esto es aproximadamente⁴³, como cambia porcentualmente el nivel de emisiones de DBO ante un cambio en una unidad de las variables explicativas.

⁴² En el Anexo D se presenta los resúmenes de las salidas econométricas para el modelo lineal y log – log

⁴³ Para hallar el valor exacto se debe estimar a partir de la siguiente ecuación $\% \Delta DBO = 100 * [\exp(\beta) - 1]$



Tabla 15 Resultados del modelo Semi log para LOGDBO

Variable dependiente: LOGDBO									
Variable	Todas (N=328)			Industrial (N=250)			Municipios (N=78)		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	2.689	42.438	0.000	2.879	40.102	0.000	5.381	23.210	0.000
FRDBO	-0.017	-1.398	0.162	-0.154	-10.546	0.000	0.040	2.543	0.011
PIB	0.000	-4.636	0.000	0.000	-2.487	0.013	0.000	-4.931	0.000
CAR	0.634	9.783	0.000	0.502	6.727	0.000	0.363	4.177	0.000
D_MUN	1.805	35.124	0.000						
	R-squared	0.321		R-squared	0.119		R-squared	0.110	
	F-statistic	386.960		F-statistic	112.702		F-statistic	32.059	
	Prob	0.000		Prob	0.000		Prob	0.000	

N=número de empresas

En el caso en que se contempla todas las empresas se obtiene que todas las variables son significativas a un nivel de confianza del 99%, a excepción del factor regional, el cual no resultó significativo. En el caso del Pib, el valor del coeficiente aunque es estadísticamente significativo es aproximadamente igual a 0 (-1.81E-07), es decir la incidencia de los valores del Pib sobre el nivel de emisión es despreciable.

Al disminuir la cartera el nivel de emisiones disminuye, por lo tanto si se pasará de un nivel en el que no se recauda nada de lo que se factura (CAR=1) a un uno en el cual se recauda todo (CAR=0) el nivel de emisiones disminuye en un 89%. El ser Municipio hace que las emisiones de DBO aumenten en un 508%

Al analizar el comportamiento de las industrias se observa que presenta los mismo signos que cuando se analiza todas las empresas, la diferencia básica es que para este caso el factor regional es estadísticamente significativo, lo cual era de esperarse en la medida que el sector industrial tiende a reaccionar disminuyendo sus niveles de emisiones ante la imposición de tasas por contaminar.

En la regresión efectuada para los Municipios se obtiene que el factor regional es significativo, pero tiene signo positivo. Este comportamiento, en apariencia anómalo, implicaría que ante aumentos del factor regional en una unidad la cantidad de DBO emitida aumenta en un 4%. Lo que refleja este resultado es que los Municipios no reaccionan disminuyendo sus niveles de emisión por al imposición de tasas, por lo tanto el control de la contaminación hídrica en los Municipios debe estar acompañadas de otro tipo de estrategias.



Tabla 16 Resultados del modelo Semi log para LOGSST

Variable dependiente: LOGSST									
Variable	Todas (N=328)			Industrial (N=250)			Municipios (N=78)		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	2.810	43.610	0.000	3.103	42.699	0.000	5.544	24.511	0.000
FRSST	-0.050	-3.770	0.000	-0.210	-13.663	0.000	0.022	1.414	0.158
PIB	0.000	-4.869	0.000	0.000	-2.518	0.012	0.000	-5.737	0.000
CAR	0.509	7.965	0.000	0.312	4.294	0.000	0.439	5.181	0.000
D_MUN	1.886	36.570	0.000						
	R-squared	0.331		R-squared	0.127		R-squared	0.155	
	F-statistic	405.345		F-statistic	120.732		F-statistic	47.535	
	Prob	0.000		Prob	0.000		Prob	0.000	

N=número de empresas

Los resultados obtenidos para la variable LOGSST son consistentes con los que se presentaron para LOGDBO, con algunas pequeñas diferencias.

En el caso en que se utilizaron todas las empresas en el modelo se obtuvo que todas las variables son estadísticamente significativas por encima del 99% . En particular se obtuvo que ante incrementos en una unidad del factor regional la emisión de SST disminuye en un 5%. Para las variables PIB, CAR y D_MUN el comportamiento es el mismo que para el caso de DBO.

En el caso industrial se obtuvo que los coeficientes estimados presentaron los mismos signos que para el caso de DBO. La firmas responden en mayor medida ante incrementos del factor regional de sólidos que ante incrementos del factor de DBO, ya que para el primero la disminución ante incrementos de 1 unidad del factor regional la firma disminuye sus emisiones en aproximadamente un 22% mientras en el segundo la disminución es de 16%

En el caso de los Municipios el signo de los β estimados son iguales a los obtenidos en la regresión para DBO. Vale la pena resaltar que para este caso el factor regional no es estadísticamente significativo, confirmando que los Municipios no responden ante la imposición de tasas.

Los resultados obtenidos en este modelo ponen de manifiesto tres (3) puntos muy importantes para ser tenidos en cuenta en el momento de la elaboración e implantación de la política de control de contaminación hídrica y estos son:

- La implementación de las tasas retributivas han generado cambios de comportamiento en los contaminadores del sector industrial, más no así en los municipios. Por lo tanto el control de la contaminación a nivel de Municipios no



puede estar únicamente fundamentada en las tasas, ya que como se mencionó anteriormente, por las características del sector doméstico éste no puede variar fácilmente sus niveles de emisión mediante incentivos económicos.

- El nivel de emisiones de las empresas no está estrechamente ligado a nivel de producción económica, por lo tanto las medidas tendientes a lograr desarrollo económico no deben necesariamente ser nocivas para el medio ambiente.
- La eficiencia administrativa⁴⁴ de las corporaciones genera menores niveles de emisión. Por lo tanto se hace indispensable generar mecanismos de promoción y control que permita a las corporaciones ser más eficientes.

⁴⁴ La visión de eficiencia presentada es estrecha debido a que solo recoge la eficiencia en el recaudo por parte de la corporación y se dejan de lado otra serie de aspectos (rendición de cuentas a la comunidad, eficiencia en el gasto, capacidad de ejecución, etc) que pueden ser determinantes en el desempeño ambiental de la comunidad regulada.



8. Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados encontrados en el presente trabajo sugieren que la implementación de las tasas en las corporaciones CDMB, CORNARE y CVC han generado una disminución en el nivel de emisión de carga contaminante de DBO y SST en el sector industrial. En el sector municipal la implementación de las tasas no ha generado una reducción del nivel de vertimientos.

En la estimación del modelo de datos panel semi-logarítmico se encontró que el sector industrial ante incrementos de una unidad en el factor regional de DBO reduce en un 17% las emisiones de dicho contaminante, y ante aumentos de una unidad en el factor regional de SST disminuye sus emisiones de sólidos en un 21%.

Crecimiento económico y preservación ambiental no tienen porque ser mutuamente excluyentes ya que el nivel de emisiones de las empresas no está estrechamente ligado a nivel de producción económica, por lo tanto las medidas tendientes a lograr desarrollo económico no deben necesariamente ser nocivas para el medio ambiente.

La eficiencia administrativa de las corporaciones genera menores niveles de emisión. Por lo tanto se hace indispensable generar mecanismos de promoción y control que permita a las corporaciones ser más eficientes como punto esencial de la política de contaminación hídrica en el país.

El modelo de primeras diferencias no es el más adecuado para describir la relación entre el cambio en las tasas y los cambios en los niveles de contaminación. Esto se debe básicamente a 3 razones: a) Algunas de las variables explicativas tienen rangos de variación muy pequeños, esto genera que las condiciones de no estacionalidad requeridas por el modelo no se cumplan y se generen estimadores con grandes errores estándar, y por ende, sin significancia estadística, b) Generalmente se utiliza primeras diferencias cuando se cuenta con un grupo de control, esto es, un grupo que no ha sido sometido a la política que se está evaluando. En este caso en particular no se tiene información del nivel de vertimientos de aquellas empresas que no están sujetas al cobro de tasas retributivas, y c) Es posible que las tasas retributivas hayan contribuido a la



disminución de cargas contaminantes, pero que la magnitud del cambio en las tasas (vía factor regional) no esté estrechamente relacionada con el nivel de cambio en las emisiones de DBO y SST

A pesar de las ventajas que puede generar la implementación de las tasas, en el control de la contaminación y en la consecución de recursos financieros para las CAR a nivel nacional no se ha podido hacer de forma satisfactoria, y los buenos resultados son la excepción y no la regla, debido primordialmente a la debilidad institucional del sector ambiental en el país, las restricciones financieras y técnicas a las que se ven enfrentadas la mayoría de las corporaciones y falta de coordinación entre el MAVDT y las Autoridades Ambientales.

Debido a que la contaminación de los Municipios es de origen doméstico y puesto que los hogares tienen poca flexibilidad para modificar su nivel de vertimientos en función del precio, la tasa retributiva, por sí sola, no constituye un mecanismo eficaz para el control de la contaminación hídrica de este sector. Por lo tanto es necesario que acoplar una serie de medidas técnicas, financieras y políticas⁴⁵ que permitan la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales

Para que los instrumentos de política sean útiles es necesario hacerles seguimiento y efectuar los ajustes correspondientes, para tal fin es necesario contar con información veraz y oportuna que permita establecer la eficacia de dichos instrumentos. Debido a que Colombia no cuenta con un sistema de información bien constituido hacerle seguimiento exhaustivo a las políticas es una tarea casi imposible de realizar. En el caso específico de las tasas retributivas la falta de un sistema de información unificado y un seguimiento activo por parte del Ministerio, ha generado que no se tenga disponible información para poder hacer un seguimiento de la implementación de la tasa a nivel nacional y que los estudios disponibles sobre tasas retributivas siempre giran en torno a unas pocas corporaciones.

Una posible forma de solucionar este problema es: generar espacios de acercamiento con las diferentes Autoridades, donde se discuta, elabore y se apruebe un formato para el seguimiento de la implementación de las tasas. El

⁴⁵ Por ejemplo, en el documento Conpes 3177 se establecen las acciones prioritarias y lineamientos para el manejo de aguas residuales a nivel nacional, tratando de integrar los diferentes aspectos institucionales y de política para llevar a cabo el control de la contaminación hídrica



formato tendría la ventaja de ser elaborado por quienes realmente lo van a usar, generando sentido de pertenencia y adecuándose a las necesidades identificadas. Una vez se cuente con este formato, las Autoridades Ambientales harían el reporte a través del portal web del Ministerio. Esta modalidad evitaría que se pueda omitir información valiosa, que se modifique el formulario y el trabajo adicional de procesamiento de información por parte del Ministerio o personas interesadas en el tema. Adicionalmente en el MAVDT se debe delegar una persona que verifique dicho proceso.

La información sobre niveles de emisión y aspectos financieros reportada por las corporaciones al Ministerio debería tener asociado aspectos que incidan en el comportamiento de dichas variables y que no pueden ser percibidas, por ejemplo, si hay cambio en la metodología de toma de muestras esto incidirá notablemente el valor reportado por las corporaciones. Este tipo de información podría ayudar a entender situaciones como las acaecidas en la CDMB donde se da un aumento de la DBO y una disminución de los SST.

Es necesario establecer monitoreos constantes sobre los cuerpos de agua receptores, para poder identificar la evolución de la calidad del mismo a través del tiempo. Esto permitiría conocer si la aplicación de las tasas ha tenido alguna incidencia real sobre el mejoramiento de la calidad del receptor. Adicionalmente la información que se obtenga de estos análisis debe ser de dominio público.

Del análisis de los instrumentos utilizados en otros países para el control de la contaminación ha permitido identificar ciertos factores, independiente de las diferencias en los aspectos económicos, políticos, culturales, ambientales, etc., que son transversales y han ayudado o dificultado la adopción de exitosa de política ambiental.

- La inclusión de las diferentes partes interesadas en la definición de la política ambiental genera actitudes positivas hacia la regulación
- La fortaleza institucional de la autoridad ambiental es imprescindible para que cualquier tipo de legislación sea eficaz. Las características principales son un regulador creíble, facilitador y vigilante.



- El desarrollo conjunto entre la autoridad ambiental y el industrial de formas de producción más limpia a través de la apropiación de tecnología o investigación y desarrollo genera mejores cumplimientos de las metas ambientales.
- Establecer un marco normativo claro y conciso permite a los diferentes actores entender de mejor forma la posición que deben asumir
- Cuando se hace política ambiental basados en tasas es de especial interés definir valores de está que se conviertan en incentivos reales para el cambio de comportamiento de los agentes contaminadores, además se debe propender porque el cobro de las tasas esté relacionado con el volumen de vertimientos y el daño que estos causan sobre el medio ambiente, de esta forma se incentiva cambios tecnológicos hacia formas de producción más limpia y reducción en el nivel de emisiones peligrosas.
- Acompañar los instrumentos económicos de incentivos tributarios para las inversiones en control de la contaminación impulsa aún más la adopción de nuevas tecnologías.
- La adopción de correcta política ambiental basada en instrumentos económicos en países en transición o en vía de desarrollo no significa necesariamente sacrificar crecimiento económico tal como lo demuestran los casos de Polonia y Malasia.
- Aunque teóricamente no es su objetivo principal, las tasas han permitido obtener unos ingresos importantes que normalmente son utilizados en adelantar planes de control de la contaminación.

Por lo tanto para que la aplicación de las tasas retributivas en Colombia pueda ser más efectiva es necesario trabajar en el fortalecimiento institucional de las CAR's, haciendo énfasis en sus roles como facilitador, prestando apoyo técnico en los aspectos que le competen, y como garante de que la norma se cumpla. De igual forma es necesario definir un marco legal que no se preste para ambigüedades y confusiones de manera que genere aversión en los regulados. Específicamente se debe tratar el problema que identificado en el Conpes 3177 "Desarticulación entre



el Decreto 1594 de 1984 y 901 de 199746. De conformidad con el primero, se fijan límites de contaminación en términos de porcentajes de reducción de los vertimientos por tipo de usuario. Actualmente, de acuerdo con el Decreto 901, el cobro de la tasa debería realizarse con base en la carga máxima contenida dentro de los límites permisibles”

En cuanto a la instauración de la tasa como tal se deben atacar especialmente dos frentes, el primero es el relacionado con el precio de las tasas, ya que en los niveles actuales en la mayoría de corporaciones no se presenta como un incentivo real para la disminución de la contaminación y segundo es necesario que la tasa que se cobra este directamente relacionada con el nivel de contaminante emitido para que la señal económica no se tergiverse y cumpla con su función.

Si se logra consolidar la visión de cuenca y fijar las metas de acuerdo los usos prospectivos, las tasas además de cumplir con las características descritas en este documento prestarían una gran ayuda en la gestión integral del recurso, en la cual todas las acciones emprendidas relacionadas con el agua contribuyen al cumplimiento de una meta común.

Aunque las corporaciones son los entes encargados de aplicar las tasas retributivas en el área de su jurisdicción, es necesario que el Ministerio emprenda actividades de acompañamiento y se erija como un facilitador y eje articulador entre las diferentes Autoridades Ambientales para propiciar un proceso de retroalimentación, que conlleve al mejoramiento continuo.

⁴⁶ Aunque este Decreto fue derogado por el 3100 de 2003, que a su vez fue modificado por el 3440 de 2004, los problemas identificados aún persisten.



BIBLIOGRAFIA

- Anderson, Robert and Lohof, Andrew. The United State experience whit economic incentives in environmental pollution control policy. Environmental Law Institute. 1997.
- Baumol, William & Oates, Wallace. The theory of environmental policy. 2005. Cambridge University Press. United Stated of America.
- Bercovich, Néstor y López, Andrés. Políticas para mejorar la gestión ambiental en las PyMEs argentinas y promover su oferta de bienes y servicios ambientales. Seminario final proyecto CEPAL/GTZ. México 2004.
- Blackman, Allen. Colombia's discharge fee program: Incentives for polluters or regulators. Resource for the future. 2005.
- Blackman, Allen et all. Institutional analysis of Colombia's Autonomous Regional Corporations (CARs). Resource for the future. 2006
- Blanco, Javier and Guzmán, Zulma. Water pollution charges: Colombian Experience. 2004
- Castro^a, Luis et al. Aplicación del principio contaminador-pagador en América Latina. 2002. CEPAL- Serie medio ambiente y desarrollo No 47
- Castro^b, Luis et al. Evaluación nacional del programa de tasas retributivas por vertimientos puntuales. Ministerio del Medio Ambiente. 2002
- Castro, Raul. y Bonilla J.A. Análisis econométrico de la efectividad y eficiencia del programa de tasas retributivas en Colombia. 2003. Informe final presentado al Ministerio del Medio Ambiente
- CEPAL. Evaluación de la efectividad ambiental y de la eficiencia económica de las tasas por contaminación hídrica en el sector industrial colombiano. 2001.
- Contraloría General de la República. Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente 2005-2006. 2006.
- Cruz, Marta. Evaluación del impacto económico y ambiental de la aplicación de la tasa retributiva por contaminación hídrica en Colombia. 2001.
- Cruz, Guillermo; Uribe, Eduardo. El efecto del regulador y de la comunidad sobre el desempeño ambiental de la industria en Bogotá, Colombia. En: Documento CEDE 2002-05 (Edición electrónica). 2002
- Dasgupta, S., M. Huq, D. Wheeler and C. Zhang. 'Water pollution abatement by Chinese industry: cost estimates and policy implications', World Bank, Environment, Infrastructure and Agriculture Division of Policy Research Department, Policy Research Working Paper #1630. 1996.



- Glachant, Matthieu. The political economy of water effluent charge in France: Why are rates kept low?. Centre d'économie industrielle Ecole nationale supérieure des Mines de Paris (CERNA). 2001
- Hartman, Raymond et al. Why paper mills clean up: Determinant of pollution abatement in four Asian countries. En: World Bank Policy research working paper No 1710. 1995
- Harrington, Winston. Regulating industrial water pollution in the United States. Resource for the future. 2003
- Ibáñez, Ana María. Notas de clase: Economía Ambiental Avanzada. Universidad de los Andes. 2006
- IDEAM. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. 2004
- Kathuria, Vinish. Controlling water pollution in developing and transition countries – lessons from three successful cases. En: Journal of Environmental Management (78). 2006.
- Metcalf & Eddy, Inc. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. 1998 (Tercera edición).
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Aguas limpias para Colombia al menor costo. Oficina de Análisis Económico. 2004. Disponible en http://www.minambiente.gov.co/plantilla1.asp?pub_id=324&pag_id=1269&cat_id=726. visitada por última vez 25 de Julio de 2007.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Base de datos para la consulta de información histórica de la tasa retributiva 1997-2005. 2006
- Moreno M, Carlos E. Adopción de tecnologías ambientales en la Industria. Un estudio multimétodo sobre la aplicación de límites de vertimiento y tasas retributivas en Santander, Colombia. 2005
- OECD. Do economic instruments help de environmental?. En: The OECD observer (204). 1997
- Ortiz M, Johana. La experiencia de Holanda y Alemania en el uso de cargos por vertimientos de aguas residuales como instrumentos para el control de la contaminación hídrica. En: Economía y desarrollo, volumen 4 número 1. 2005
- Pargal, Sheoli and Wheeler, David. Informal regulation of industrial pollution in developing countries: Evidence from Indonesia. En: The journal of political economical, Vol 104No 106. 1996
- Pearce, David y Turner, Kerry. Economía de los recursos naturales y del medio ambiente. 1995. Colegio de economista de Madrid. España



- Rudas, Guillermo. Tasas para regulación ambiental: La contaminación industrial en Bogotá. En: Documentos de economía No 3 2002. Pág 25-51.
- Sandmo, Agnar. Environmental taxation and revenue for development. 2003. World Institute for development economics research.
- United Nations Environment Program, Division of technology, industry and economics (UNEP). Planning and management of lakes and reservoirs: An integral approach to eutrophication. Página Web <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/techpublications/TechPub-11/5-4-2.asp>. Visitada por última vez 24 de Octubre de 2006.
- Wooldridge, Jeffrey M. Introductory Econometrics: A modern approach. 2nd Edition, 2003. Thomson/South-Western.
- World Bank Group (WBG). Pollution Charge: Lessons from implementation. Pollution prevention and abatement handbook. 1998
- World Bank. Greening Industry. 2000



ANEXOS

ANEXO A

Actividades para determinar el estado de implementación de las Tasas Retributivas 1997-2005

FASES Y ACTIVIDADES
FASE I: Línea Base
1.1. Identificación de las cuencas y/o cuerpos de agua (El Pareto) 1.2. Identificación de usuarios 1.3. Cálculo de cargas puntuales de DBO5 y SST 1.4. Agrupación de usuarios y cargas por cuencas y/o tramos
FASE II: Perfil de calidad de los cuerpos de agua
2.1. Inventario de la mejor información disponible 2.2. Programación de muestreos necesarios 2.3. Desarrollo de los muestreos necesarios 2.4. Elaboración de los mapas de calidad para cada cuerpo de agua 2.5. Elaboración de lista de usos actuales y potenciales con los criterios de calidad (Perfil vs normas o estándares nacionales e internacionales) 2.6. Validación de la lista de objetivos y criterios de calidad 2.7. Notificación de la lista de objetivos y Criterios de calidad para que sean considerados por las ESP en los PSMV 2.8. Notificación de términos y fechas para la elaboración de los PSMV.
FASE III: Establecimiento Objetivos de Calidad
3.1. Evaluación y validación del MODELO SIMPLIFICADO DE SIMULACIÓN (Ver ficha cuasimetas del MIRH) 3.2. Evaluación de la información disponible relacionada con políticas y planes 3.3. Evaluación de los planes y programas en desarrollo relacionadas con alcantarillados, tratamiento y manejo de aguas residuales 3.4. Evaluación de los Planes de Cumplimiento de las industrias y las acciones propuestas para disminuir cargas de DBO Y SST en los próximos 5 años 3.5. Análisis de sensibilidad (escenarios de reducción de cargas), según metodología MESOTA 3.6. Aplicación del modelo simplificado con información del perfil de calidad y de la línea base 3.7. Validación de criterios, objetivos, metas e índices de mejoramiento de la calidad esperados.
FASE IV: Establecimiento de Metas de Reducción
4.1. Elaboración de lista de metas de reducción que más le conviene a cada cuenca o tramo 4.2. Convocatoria al proceso de consulta 4.3. Fijación de fechas para que las ESP, y demás actores sustenten las propuestas de metas 4.4. Desarrollo del proceso de consulta 4.5. Preparación de lista de metas de reducción concertadas para presentar al Consejo Directivo 4.6. Aprobación de Metas por parte del Consejo

ANEXO B

Comportamiento de los porcentajes de recaudo de las diferentes autoridades ambientales para los períodos 1997-2001 y 2002-2005. Cálculos de los pesos de la facturación sobre el total y del recaudo sobre el total recaudado



**Análisis de la efectividad de las Tasas Retributivas
en Colombia. Estudio de Caso
MIC 2007-II-10**

Autoridad	Sub-Etapas finalizadas	Rec/fact 97-02	Fac/TotFac	Rec/TotRec	Rec/fact 02-05	Fac/TotFac	Rec/TotRec
CAM	76%	1.0%	1.1%	0.0%	32.3%	2.4%	0.5%
CAR	20%	0.0%	0.0%	0.0%	100.8%	1.8%	1.1%
CARDER	0%	14.7%	0.5%	0.3%	113.9%	2.4%	1.6%
CARDIQUE	24%	37.9%	2.5%	3.2%	72.0%	3.3%	1.4%
CARSUCRE	40%	0.0%	0.0%	0.0%	124.4%	0.3%	0.2%
CAS	20%	32.1%	3.4%	3.7%	76.4%	6.4%	2.9%
CDA	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
CDMB	32%	98.0%	5.8%	19.1%	205.5%	5.3%	6.5%
CODECHOCO	40%	17.7%	0.9%	0.5%	0.0%	0.0%	0.2%
CORALINA	54%	16.4%	0.3%	0.2%	37.2%	0.2%	0.0%
CORANTIOQUIA	36%	79.3%	0.1%	0.4%	107.5%	0.7%	0.4%
CORMACARENA	20%	46.8%	0.0%	0.1%	172.0%	0.7%	0.7%
CORNARE	84%	52.0%	4.3%	7.6%	188.8%	3.1%	3.5%
CORPAMAG	20%	0.3%	0.7%	0.0%	101.1%	0.7%	0.4%
CORPOAMAZONIA	64%	0.0%	0.0%	0.0%	19.7%	0.3%	0.0%
CORPOBOYACA	8%	13.1%	0.9%	0.4%	100.7%	3.9%	2.3%
CORPOCALDAS	16%	64.7%	3.7%	8.1%	139.1%	3.3%	2.7%
CORPOCESAR	16%	0.0%	0.0%	0.0%	77.7%	1.1%	0.5%
CORPOCHIVOR	40%	0.0%	0.0%	0.0%	67.3%	0.2%	0.1%
CORPOGUAJIRA	28%	0.0%	0.0%	0.0%	55.7%	0.4%	0.1%
CORPOGUAVIO	32%	0.0%	0.0%	0.0%	75.1%	0.1%	0.0%
CORPOMOJANA	0%	0.0%	0.0%	0.0%	13.7%	0.3%	0.0%
CORPONARIÑO	32%	0.0%	0.0%	0.0%	197.6%	0.6%	0.7%
CORPONOR	8%	19.1%	2.6%	1.7%	241.1%	3.8%	5.4%
CORPORINOQUIA	0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.3%	0.1%	0.0%
CORPOURABA	20%	30.1%	2.0%	2.0%	81.7%	2.3%	1.1%
CORTOLIMA	28%	89.7%	2.5%	7.7%	166.5%	3.6%	3.5%
CRA	48%	0.0%	0.0%	0.0%	109.2%	0.9%	0.6%
CRC	8%	22.5%	3.2%	2.4%	137.1%	2.4%	1.9%
CRQ	12%	86.1%	0.0%	0.0%	115.8%	2.0%	1.4%
CSB	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
CVC	56%	18.2%	17.1%	10.5%	412.5%	6.3%	15.5%
CVS	68%	6.5%	0.7%	0.2%	115.5%	1.3%	0.9%
AMVA	96%	96.7%	8.8%	29.0%	224.7%	9.4%	12.6%
DAMA	68%	0.0%	8.5%	0.0%	227.2%	14.0%	19.0%
DAGMA	44%	0.0%	24.0%	0.0%	120.2%	11.1%	8.0%
DAMAB	72%	13.6%	6.3%	2.9%	116.0%	4.4%	3.0%
EPA	8%	0.0%	0.0%	0.0%	200.0%	0.6%	0.8%
DADMA	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
TODAS	-	29.5%	100%	100.0%	168.0%	100%	100.0%



Anexo C

Metodología actual para el cálculo de la tasa retributiva en Bogotá

Cuando los usuarios vierten a la red de alcantarillado, la autoridad ambiental cobrará la tasa únicamente al prestador del servicio⁴⁷. Por lo tanto, la Secretaría Distrital de Ambiente considera como único usuario la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP, y le cobra la tasa retributiva de la ciudad a este. Cuando se inició el programa en Bogotá la EAAB se negaba a pagar las tasas porque no podía trasladar este costo a los usuarios, pues no había una figura legal que le permitiera hacerlo. En el 2004 aparece la Resolución 287 de la Comisión Reguladora de Agua (CRA), que permite hacer el traslado de los costos en que incurran las empresas de acueducto y alcantarillado debido al pago de tasas ambientales. A partir del 2005 la EAAB hizo el traslado a los usuarios dividiendo el monto pagado al SDA por concepto de TR entre el total de agua suministrada, obteniendo un valor unitario de TR por metro cúbico de agua suministrada⁴⁸.

Este traslado es aplicado por igual al sector doméstico y al industrial. Esta interpretación⁴⁹ de la Resolución 287 de la CRA aplicada por la EAAB tiene dos grandes defectos, el primero, es que no genera relación entre niveles de vertimiento y cobro, y segundo, el sector doméstico termina subsidiando a los industriales, pues estos últimos generan concentraciones de sustancias contaminantes mucho mayores.

Este tipo de esquema ha generado incentivos perversos, ya que La SDA como autoridad ambiental, solo se preocupa por cobrar las tasas a la EAAB, quien independiente del valor pagado trasladará el costo a los usuarios. Por lo tanto ni el SDA ni la EAAB tiene incentivos para incurrir en los costos de monitoreo, procesamiento de información y administrativos necesarios para establecer el nivel de vertimientos.

⁴⁷ Artículo 14 del Decreto 901 de 1997 y artículo 18 del Decreto 3100 de 2003.

⁴⁸ Entrevista con Martha Patricia Cruz. Profesional Especializado de la EAAB. Gerencia Ambiental. Septiembre. 2006

⁴⁹ Esta Resolución hace una clara distinción entre los usuarios caracterizados y los no caracterizados. Para los últimos establece que el traslado se debe hacer con un valor promedio por metro cúbico de agua vertido, pero para aquellos usuarios caracterizados el traslado se debe hacer proporcional al nivel de emisiones.



Anexo D
Modelo lineal

Variable dependiente: DBO									
Variable	Todas (N=328)			Industrial (N=250)			Municipios (N=78)		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-30648.670	-3.201	0.001	5132.961	0.948	0.343	531422.400	4.890	0.000
FRDBO	6321.048	3.348	0.001	-2602.178	-2.366	0.018	16805.440	2.298	0.022
PIB	-0.003	-0.445	0.656	0.000	0.090	0.928	-1.526	-4.738	0.000
CAR	61891.030	6.319	0.000	27165.910	4.831	0.000	46835.460	1.151	0.250
D_MUN	166155.500	21.391	0.000						
	R-squared	0.145		R-squared	0.023		R-squared	0.054	
	F-statistic	139.211		F-statistic	19.497		F-statistic	14.723	
	Prob	0.000		Prob	0.000		Prob	0.000	

Variable dependiente: SST									
Variable	Todas (N=328)			Industrial (N=250)			Municipios (N=78)		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-35929.690	-3.679	0.000	4239.643	1.502	0.133	555862.300	4.715	0.000
FRDBO	7218.611	3.617	0.000	-2317.172	-3.874	0.000	14982.570	1.871	0.062
PIB	0.000	-0.046	0.964	0.003	2.067	0.039	-1.579	-4.525	0.000
CAR	55050.210	5.679	0.000	16399.980	5.810	0.000	60773.810	1.376	0.169
D_MUN	188683.400	24.134	0.000						
	R-squared	0.171		R-squared	0.038		R-squared	0.053	
	F-statistic	168.693		F-statistic	32.951		F-statistic	14.512	
	Prob	0.000		Prob	0.000		Prob	0.000	

Modelo log log

Variable dependiente: LOGDBO									
Variable	Todas (328)			Industrial (250)			Municipios (78)		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	3.430	24.193	0.000	3.580	26.659	0.000	21.811	9.462	0.000
LOGFRDBO	-0.301	-4.593	0.000	-1.108	-15.369	0.000	0.274	2.791	0.005
LOGPIB	-0.062	-2.333	0.020	-0.093	-3.682	0.000	-3.141	-7.394	0.000
LOGCAR	0.203	8.264	0.000	0.073	2.683	0.007	0.078	2.451	0.015
D_MUN	1.932	37.833	0.000						
	R-squared	0.312		R-squared	0.113		R-squared	0.101	
	F-statistic	372.136		F-statistic	106.103		F-statistic	28.989	
	Prob	0.000		Prob	0.000		Prob	0.000	



**Análisis de la efectividad de las Tasas Retributivas
en Colombia. Estudio de Caso
MIC 2007-II-10**

Variable dependiente: LOGSST									
Variable	Todas (328)			Industrial (250)			Municipios (78)		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	3.327	23.270	0.000	3.565	26.504	0.000	24.298	10.763	0.000
LOGFRDBO	-0.516	-6.980	0.000	-1.486	-18.139	0.000	0.137	1.398	0.162
LOGPIB	-0.040	-1.497	0.134	-0.073	-2.928	0.003	-3.580	-8.606	0.000
LOGCAR	0.138	5.622	0.000	-0.008	-0.300	0.764	0.096	3.075	0.002
D_MUN	1.988	38.764	0.000						
	R-squared	0.321		R-squared	0.127		R-squared	0.138	
	F-statistic	387.492		F-statistic	121.353		F-statistic	41.262	
	Prob	0.000		Prob	0.000		Prob	0.000	