

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

MIGUEL ÁNGEL GALARZA GARCIA

GUILLERMO RUDAS LLERAS  
ASESOR DE TESIS

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA**

BOGOTA DC, DICIEMBRE DE 2009

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

## ***AGRADECIMIENTOS***

*A Guillermo Rudas por dirigir este trabajo y 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 paciencia y apoyo 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

<b>RESUMEN</b> .....	<b>6</b>
<b>1. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
2.1. TEORÍA DE LAS EXTERNALIDADES .....	14
2.1.1. Contaminación óptima .....	15
2.1.2. Eficiencia sin optimalidad.....	16
2.1.3. Medidas de comando y control.....	17
<b>3. EXPERIENCIA DE LA APLICACIÓN DE DE INSTRUMENTOS ECONÓMICOS A NIVEL MUNDIAL PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA</b> .....	<b>19</b>
3.1. FRANCIA (CERNA, 2001; UNEP, 2006).....	19
3.2. ALEMANIA (UNEP, 2006; ORTIZ, 2005; OECD, 1997) .....	20
3.3. HOLANDA (UNEP, 2006; ORTIZ, 2005; WBG, 1998).....	20
3.4. ESTADOS UNIDOS (HARRINGTON, 2003; ANDERSON & LOHOF, 1997).....	21
3.5. POLONIA (KATHURIA, 2006).....	22
3.6. MALASIA (KATHURIA, 2006).....	23
<b>4. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL MARCO LEGAL COLOMBIANO SOBRE TASAS RETRIBUTIVAS</b> .....	<b>25</b>
<b>5. SITUACIÓN ACTUAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS EN COLOMBIA</b> .....	<b>30</b>
5.1. INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS 30	
5.2. ESTADO DE IMPLEMENTACIÓN .....	31
5.3. COMPORTAMIENTO DE LAS CARGAS CONTAMINANTES DE DBO Y SST.....	33
5.4. COMPORTAMIENTOS DE LA FACTURACIÓN, EL RECAUDO Y LA INVERSIÓN AMBIENTAL.....	36
5.5. RELACIÓN ENTRE LA CARGA VERTIDA Y LA TASA COBRADA.....	37
5.6. IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS EN LA CALIDAD DEL AGUA .....	37
<b>6. ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS. MODELO ECONOMÉTRICO</b> .....	<b>38</b>
6.1. MODELOS ECONOMÉTRICOS DATOS PANEL BALANCEADO .....	38
6.1.1. Fuentes de información y construcción de variables .....	38
6.1.2. Comportamiento de las cargas contaminantes (Panel Balanceado).....	45
6.1.3. Resultados del modelo econométrico Panel Balanceado .....	47
6.2. MODELO DE PRIMERAS DIFERENCIAS PARA DATOS PANEL .....	52
6.2.1. Fuentes de información y construcción de variables .....	53
6.2.2. Comportamiento de las cargas contaminantes (Primeras diferencias) .....	59
6.2.3. Resultados del modelo econométrico de primeras diferencias.....	64
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>67</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>71</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>74</b>

---

***LISTA DE FIGURAS***

Figura 1 Óptimo de Pigou .....	15
Figura 2 Óptimo de Baumol & Oates .....	17
Figura 3 Gráfico Comando Y Control .....	18
Figura 4 Comportamiento carga contaminante reportada para el período 1997-2005 por las diferentes corporaciones.....	34
Figura 5 Recaudo como un porcentaje de lo facturado e Inversión como porcentaje del recaudo. Todas las corporaciones .....	35
Figura 6 Valores Facturados, recaudados e Invertidos por Corporación .....	36
Figura 7 Empresas usadas en el Modelo de Panel Balanceado.....	39
Figura 8 Comportamiento de las cargas de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado .....	45
Figura 9 Comportamiento de los índices de carga de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado .....	46
Figura 10 Número total empresas reportadas por CDMB, CORNARE y CVC 1998-2002	54
Figura 11 Empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias.....	54
Figura 12 Cargas contaminantes de las empresas utilizadas en el modelo de primeras diferencias .....	59
Figura 13 Comportamiento de las cargas de las empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias.....	60
Figura 14 Comportamiento de las empresas industriales utilizadas en el modelo econométrico. ....	61
Figura 15 Comportamiento de las empresas Municipales utilizadas en el modelo econométrico.....	62

---

***LISTA DE TABLAS***

Tabla 1 Número de Autoridades que han finalizado las diferentes fases a diciembre de 2005 .....	32
Tabla 2 Número de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceados .....	39
Tabla 3 Total vertimientos de DBO y SST para las firmas utilizadas en los modelos de datos panel balanceado .....	40
Tabla 4 Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en los modelos de datos panel	42
Tabla 5 Comportamiento de las cargas de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado .....	45
Tabla 6 Comportamiento de los índices de carga de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado .....	46
Tabla 7 Resultados del modelo Semi log para LOGINDBO .....	47
Tabla 8 Resultados del modelo Semi log para LOGINSST .....	49
Tabla 9 Total empresas reportadas CDMB, CORNARE y CVC .....	53
Tabla 10 Empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias .....	54
Tabla 11 Estadísticas descriptivas variables utilizadas en el modelo de primeras diferencias .....	58
Tabla 12 Comportamiento de las carga de DBO y SST para todas las empresas y municipios utilizados en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002 .....	60
Tabla 13 Comportamiento de las carga de DBO y SST para las empresas industriales utilizadas en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002 .....	61
Tabla 14 Comportamiento de las carga de DBO y SST para las empresas municipales utilizadas en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002 .....	62
Tabla 15 Resultados del modelo de primeras diferencias para DINDBO .....	64
Tabla 16 Resultados del modelo de primeras diferencias para DINSST .....	64

## **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. Se clasificaron los usuarios en dos tipos: a) municipales, que corresponden a las empresas prestadoras del servicio de alcantarillado, y b) industriales, que hace referencia a las empresas productivas. Esto debido a que se esperan comportamientos diferentes entre estos tipos de usuario.

Se utilizó la información reportada por 3 corporaciones autónomas regionales (Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, Corporación Autónoma Regional Río Negro Nare – CORNARE y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC) al Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, referente a el nivel de vertimientos, de los contaminantes sujetos al cobro de la tasa retributiva, de las Industrias y Municipios de su jurisdicción.

Para la cuantificación del efecto se utilizaron dos modelos econométricos, uno de datos panel balanceado y otro de primeras diferencias. Los resultados del modelo de panel balanceado evidencian que la implementación de las tasas ha generado una reducción de contaminación en el sector industrial para las corporaciones CDMB, CORNARE y CVC, mientras que en el sector municipal los resultados para incentivar la reducción de la carga contaminante han sido ambiguos. A su vez, los modelos en primeras diferencias concluyen que las reducciones en los vertimientos obedecen al hecho de haber pasado de una situación *sin tasas* a otra *con tasas*.

De igual forma los resultados muestran que para el sector industrial no hay relación entre el índice del producto del sector al que pertenece y el grado de eficiencia administrativa con el nivel de índice de vertimientos de DBO y SST.

En cuanto a la relación entre la eficiencia administrativa y los índices de vertimientos para el sector municipal, los resultados no fueron concluyentes.

## 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 la producción de bienes y servicios tendientes a 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 gran 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 con 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 objetivo del presente trabajo es analizar el impacto de la aplicación de la Tasa Retributiva para el período 1997-2005 sobre el control de la contaminación hídrica en Colombia en los usuarios de estas tasas: las empresas industriales y las empresas de acueducto y alcantarillado. Para hacer este análisis en este documento se realiza una descripción de los principios teóricos de los instrumentos de política utilizados en Colombia para el control de la contaminación hídrica, se realiza un análisis detallado del marco legal en el cual se generan y se evalúa cuál es el estado de implementación de las tasas, identificando fortalezas y debilidades. 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 regionales<sup>1</sup>, que comprende el período 1998 – 2002<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> 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)

<sup>2</sup> Aunque la evaluación de la implementación de forma general de todas las corporaciones se hace entre el período comprendido entre 1997 y 2005, el modelo econométrico para las 3 corporaciones en mención solo comprende datos de 1997 a 2002. Esto se debe a dos motivos fundamentalmente a) disponibilidad de datos necesarios para el modelo, y b) en 2003 hay un cambio de legislación lo cual implica que la información que se genera en este período no sea homogénea y pueda crear distorsión en el modelo.

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 mejorar política ambiental desde el punto de vista costo efectivo.

El documento se divide en 7 secciones; la primera es la parte introductoria del trabajo, en la cual se analizan las causas por las cuales este trabajo es pertinente. En la segunda 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 tercer 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 el cuarto capítulo se hace una revisión de la evolución del marco legal colombiano sobre tasas retributivas.

En la quinta sección se presenta un análisis de la situación actual de implementación de las tasas y su incidencia sobre la contaminación vertida. En el sexto capítulo se presentan los modelos econométricos para el análisis de la efectividad de las tasas retributivas 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 la eficiencia de la tasa retributiva, y en general de la política ambiental para el control de la contaminación hídrica desde el punto de vista costo efectivo.

## 1. 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 estos genera. No obstante, el tema es tan complejo que día a día se hace necesario incluir nuevos estudios y herramientas que logren generar estrategias para en un manejo sostenible de los recursos naturales.

¿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.

A pesar de la instauración de diferentes mecanismos de política ambiental con el fin de reducir la contaminación, específicamente aquellos que tienen que ver con los recursos hídricos, no han podido alcanzar dicho fin pues tal y como lo menciona la Contraloría general de la República CGR (2006) se ha presentado un “deterioro acelerado de los recursos hídricos, principalmente por la contaminación producida por las aguas servidas..., empeorando la situación por los asentamientos humanos en las rondas de los caños y ríos, especialmente en las zonas urbanas.”. Es decir, pese a que existen programas como el de Producción más Limpia se hace necesario fortalecerlos e implementar nuevas herramientas, eficientes, que se encaminen al aumento de la productividad de la mano de la disminución de la contaminación y del costo social y ambiental que la misma genera.

Un control eficiente sobre los focos de contaminación y los agentes que generan, permitiría además la disminución de la inequidad que actualmente se genera en cuanto existen empresas y municipios que se niegan a cumplir con la reglamentación y otras que incurren en costos para cumplir con la normatividad ambiental.<sup>3</sup>

A partir de 1993 con la expedición de la Ley 99, se dio un proceso de modernización de las instituciones y del marco legal ambiental, es así como en 1997 se reglamenta la aplicación de las Tasas Retributivas (contemplada en el artículo 42 de dicha Ley) con el fin de controlar la contaminación hídrica.

Las tasas retributivas fueron concebidas como instrumentos económicos, donde se cobra a cada usuario por unidad de sustancia contaminante vertida una tasa determinada, dejando así a cada usuario la decisión de contaminar y pagar o implementar soluciones tecnológicas que le permitan reducir la contaminación, si estas resultan menos costosas que pagar el valor de la tasa por la contaminación que emite. El objetivo de la tasa es permitir que el

---

<sup>3</sup> Este tipo de problemática ha sido ampliamente discutida en la literatura de economía ambiental y se denomina “free rider” o problema del polizón. En este caso, el problema del polizón se da porque un agente económico impone una externalidad negativa (contaminación del recurso hídrico) a otros agentes sin pagar por el perjuicio que causa a los demás usuarios.

contaminador seleccione las opciones que minimicen el costo total de cumplimiento de una meta de calidad ambiental establecida<sup>4</sup> (Cruz, 2001)

El programa de tasas ha demostrado grandes avances y resultados provechosos en los lugares en los que se han aplicado adecuadamente. Sin embargo, algunos municipios y empresas de servicios públicos, principales agentes que vierten cargas de contaminantes, asociadas a las aguas residuales que no son tratadas adecuadamente, se resisten a cumplir con los lineamientos ambientales y por lo tanto al pago de las tasas retributivas, reduciendo la efectividad del control ambiental

“Un sistema de control de contaminación requiere programas de gestión que sistemáticamente controlen las fuentes significativas de vertimientos. Para esto, es necesario que la legislación y gestión ambiental generen 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.”<sup>5</sup>

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 propuso una penalización por incumplimiento dentro de los objetivos planteados por Tratamientos al final del Tubo<sup>6</sup>, 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 las limitaciones presupuestales fue recortado y no permitía que la política de 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 agentes 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, asociados a la disminución de la productividad y competitividad de las empresas, ya que los recursos invertidos en estos sistemas de tratamiento no podían ser utilizados en reconversión

---

<sup>4</sup> En el capítulo 5 del presente documento se discute ampliamente el mecanismo de aplicación de las Tasas Retributivas.

<sup>5</sup> CASTRO<sup>B</sup>, 2002

<sup>6</sup> Las tecnologías de tratamiento al final de tubo se concentra en tratar los efluentes de los procesos productivos sin hacer énfasis en cambios de tecnología

---

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 que las empresas evadían e incumplían los estándares ambientales por los altos costos de cumplir dichas metas, y las autoridades no contaban con recursos suficientes para vigilar, 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 controlar de forma más eficiente la contaminación hídrica, además de constituir un mecanismo de 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 de 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, ni de los cambios políticos, 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<sup>7</sup> y SST<sup>8</sup> 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

---

<sup>7</sup> DBO es el acrónimo de Demanda Bioquímica de Oxígeno, contaminante sujeto al cobro de Tasa Retributiva. La DBO es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en el agua, mediante la cuantificación del oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica.

<sup>88</sup> SST es el acrónimo de Sólidos Suspendidos Totales, contaminante sujeto al cobro de Tasa Retributiva.

---

millones de pesos<sup>9</sup>. 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 a un costo de 615.2 millones de pesos<sup>10</sup>. 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<sup>a</sup>, 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. Por último, se hace referencia a la ineficiencia de la administración y gestión de las autoridades ambientales. (Castro<sup>a</sup>, 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 beneficia a nivel económico tanto a 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 la sociedad, 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 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 muy alto y poco deseado.

Dentro de los vertimientos domésticos se tienen grandes volúmenes de heces humanas que junto con malas prácticas sanitarias producen enfermedades mortales que se contraen por intermedio del consumo y utilización del agua. Algunas de estas enfermedades son: Cólera,

---

<sup>9</sup> Precios constantes 1998

<sup>10</sup> Precios constantes 1998

---

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<sup>11</sup> y por lo tanto, a la llegada del río al Río Magdalena tiene características similares a la de agua 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<sup>b</sup>, 2002)

Por lo tanto, el problema de contaminación hídrica impone altos costos a la sociedad y no solamente en aspectos de salud, puesto que 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 asociadas con el agua es muy alto y afecta directamente la inversión social.

Con la implementación de las tasas 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.

---

<sup>11</sup> Esto significa que las condiciones hidráulicas y ambientales del Río Bogotá no permiten que se genere una degradación o destrucción natural de los diferentes contaminantes a lo largo de su recorrido hasta la llegada al Río Bogotá

## 2. 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 comunes<sup>12</sup>. 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.

### 2.1. 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-eficientes<sup>13</sup>, 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 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 sí 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.

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.

---

<sup>12</sup> 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.

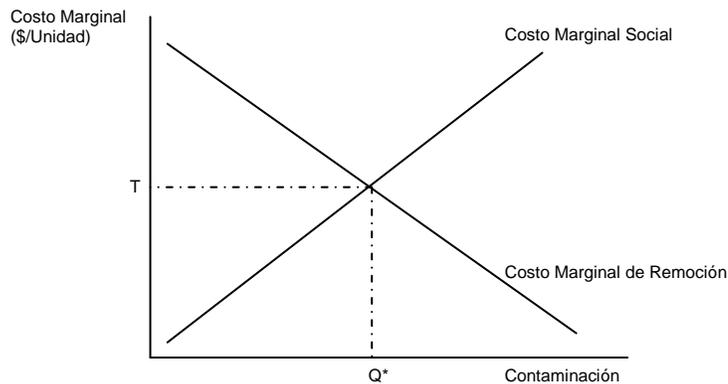
<sup>13</sup> En esta situación se logra que el costo de producir una unidad adicional sea igual al beneficio de producirla, haciendo que el mercado logre reflejar, de manera adecuada, el costo de oportunidad de un bien para la sociedad.

### 2.1.1. Contaminación óptima

El nivel de contaminación óptima se da cuando el costo marginal de remoción (CMgR)<sup>14</sup>, por parte del agente contaminador es igual al costo marginal (CMgS)<sup>15</sup> 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



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.

<sup>14</sup> 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.

<sup>15</sup> 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

---

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.

### *2.1.2. 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 óptimo 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.

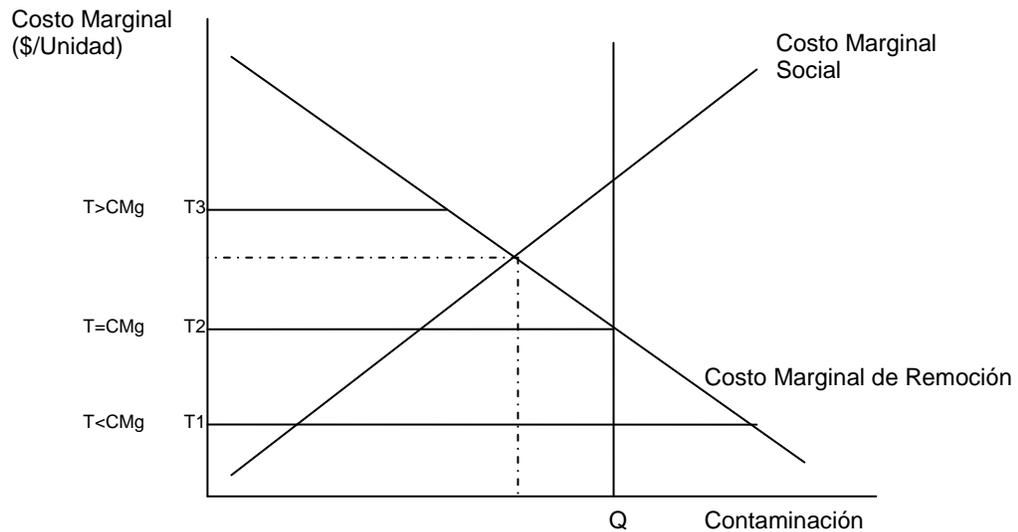
Debido a que la autoridad no conoce las funciones de costos marginales de remoción de los agentes no sabe si con dicha tasa se consiga la meta propuesta, por lo tanto por prueba y error ajusta la tasa hasta que se consiga la meta propuesta. Si se establece la tasa  $T1$ , la cual es inferior al costo 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  $T3$  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 que 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 desarrollar política ambiental.

**Figura 2** Óptimo de Baumol & Oates



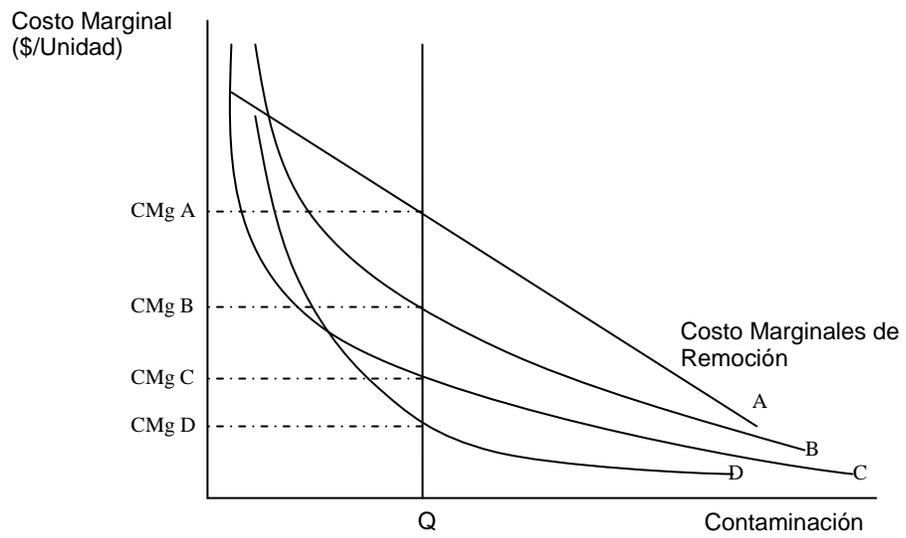
### 2.1.3. Medidas de comando y control

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



---

### **3. EXPERIENCIA DE LA APLICACIÓN DE 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 contaminación hídrica en el mundo, haciendo especial énfasis en los factores que han determinado el éxito o fracaso de la experiencia.

#### **3.1. Francia (CERNA, 2001; UNEP, 2006)**

En 1969 se creó un sistema de tasas en el cual cada usuario<sup>16</sup> paga por la 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 tasas<sup>17</sup> 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 contaminación no ha sido eficiente por problemas institucionales y políticos, tales como gran debilidad y dispersión de obligaciones en la

---

<sup>16</sup> Los usuarios agrícolas están exentos del pago de la tasa por política pública en Francia

<sup>17</sup> 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 “Comités 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.

---

aplicación de la regulación, gran poder de negociación de los contaminadores (votantes), conflictos entre las agencias y el Ministerio de Ambiente, entre otros.

### **3.2. 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 corresponden al impacto que tiene el agua residual vertida por un consumidor tipo<sup>18</sup> durante un año.

Según la legislación todos los recursos que se obtengan por el cobro de las tasas deben 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.

### **3.3. 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 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 contaminantes, mientras a las pequeñas y medianas firmas, al igual que a los hogares, se hace a través de cargas

---

<sup>18</sup> 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.

---

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 eran 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 incentivan 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.

### ***3.4. 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 Estados<sup>19</sup>, 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

---

<sup>19</sup> En Estados Unidos existen tres modalidades de la tasa, en la primera las tasas son cobradas iguales a todos dependiendo solo del tamaño de 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.

---

económicos, pero se encontraron con una gran resistencia de grupos ecologistas a los cuales se les hacía éticamente incorrecto que las personas al pagar tuvieran el derecho de contaminar, es decir que adquirieran derechos de propiedad sobre bienes públicos. Debido a lo anterior 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 analizan aspectos que han sido determinantes en la implementación de tasas por contaminación en países en vía de desarrollo o en transición.

### *3.5. Polonia (Kathuria, 2006)*

Las tasas fueron introducidas en la década de los 70's, pero empezaron a funcionar a principios de los 80's cuando el régimen político de este país era socialista, por lo tanto todas las empresas pertenecían al estado. Esta situación generaba que los recursos destinados al pago de tasas e impuestos ambientales por parte de las empresas, eran repuestos por dinero adicional proveniente del mismo estado. Por lo tanto, este tipo de usuario no tenía incentivos para cambiar su conducta. A finales de los 80's con el cambio de régimen político, la política ambiental se "independizó" y los 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 contaminantes<sup>20</sup> que autoreportan las empresas, y las tasas son ajustadas anualmente con la inflación. Para el cálculo del valor de la tasa, se tienen en cuenta los costos de descontaminación y las características económicas del sector contaminante, dando como resultado tarifas diferenciadas geográficamente y por sector productivo.

---

<sup>20</sup> DBO, DQO, Sólidos suspendidos, metales pesados, ión clorato y sulfato y fenoles volátiles.

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 hayan 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 con 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.

### **3.6. 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 a finales de los 60's y 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 hacia 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 sistema 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.

---

#### 4. 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”<sup>21</sup>.*

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 presenta una tasa por unidad de contaminación, que necesariamente es inferior al daño marginal total ya que no se tienen en cuenta los costos generados por la pérdida de valor de la tierra, el aumento de enfermedades, disminución en actividades turísticas, etc. lo que origina una mayor cantidad de contaminación a la socialmente aceptada, con la respectiva pérdida de bienestar que esta conlleva.

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 común<sup>22</sup>, 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.

---

<sup>21</sup> Artículo 18, Decreto 2811 de 1974

<sup>22</sup> 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.

---

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 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 productivo<sup>23</sup>, 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) fijaría la tasa teniendo en cuenta los costos sociales, ambientales y la tasa de depreciación del recurso afectado, previa autorización del poder legislativo, ya que por norma constitucional dicho poder es quien tiene la potestad de fijar la tasa pero puede permitir que las autoridades, en este caso ambientales, fijen estos valores.

---

<sup>23</sup> 80% para grasas, 50 a 80% para sólidos suspendidos totales SST y 20 a 80% para materia orgánica medida como DBO

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 “ideal” 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)<sup>24</sup>, fijan un 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 un (1) semestre se evalúa la meta. En caso de no cumplirse se incrementa el factor regional y se continúa 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.

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

---

<sup>24</sup> 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.

---

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 fijó 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 3° 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 consignaría la información referente a los usuarios y al estado del recurso.

En el 2003 se expidió el Decreto 3100, por medio del cual se reglamentaban 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

---

alcantarillado<sup>25</sup>, 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<sup>26</sup>.

De manera explícita se establece que los recaudos provenientes de tasas retributivas 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 compleja pero estos cambios no serán abordados 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.

---

<sup>25</sup> En la evaluación del primer quinquenio (1997-2002) de la implementación de las tasas retributivas hecha por el MMA (Castro<sup>b</sup>, 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.

<sup>26</sup> La implementación de tasas por contaminación hídrica están dirigidas, en esencia, a cambiar el comportamiento de los agentes contaminantes. En el sector industrial por medio de la variación de la función de contaminación a través de la conversión, es decir, de la adopción de tecnologías más limpias. En cambio en el sector doméstico está dirigido a la adopción de sistemas de tratamiento a final de tubo por parte de las municipalidades.

## **5. 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 desempeño 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, la tasa cobrada, y la de esta última con la calidad sobre los cuerpos de agua. Adicionalmente se presenta en el siguiente capítulo un modelo econométrico con información de 3 corporaciones, CDMB, CORNARE, CVC.

### **5.1. 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 técnico<sup>27</sup> y económico.

Desde su creación este formato ha contado con los siguientes problemas<sup>28</sup>

- El diligenciamiento es efectuado por las autoridades de forma distinta, omitiendo información importante
- El diseño del formato no está acorde con la información que se requiere suministrar.

---

<sup>27</sup> 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

<sup>28</sup> Entrevista con el empleado del MAVDT responsable por la conformación y administración de las bases de datos del grupo de Análisis Económico. Bogotá. Noviembre 2006

- 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.<sup>29</sup>

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 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 asegurar que la división del Ministerio encargada del seguimiento cuente con todos los recursos necesarios para hacer acompañamiento y seguimiento de dicho proceso.

## ***5.2. Estado de implementación***

En Colombia existe 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.

---

<sup>29</sup> 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

---

A partir del Decreto 3100 de 2003 se establecieron 4 etapas<sup>30</sup> 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 se encuentran en las diferentes etapas a diciembre de 2005

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

<b>Fase</b>	<b>Autoridades que finalizaron proceso</b>	<b>Porcentaje</b>
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 para el 2005 más del 40% de las corporaciones no habían finalizado la identificación de usuarios y cuencas<sup>31</sup>. Este hecho deja entrever la permanencia de los problemas identificados por Castro (2002) y Blackman (2005), con información del período 1998-2002, respecto a la implementación lenta e incompleta que 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 fortaleciendo<sup>32</sup>. Pero la información demuestra que no ha sido así. Esto se puede deber básicamente a 3 factores:

---

<sup>30</sup> En el Anexo A se establecen todas las etapas de las diferentes fases, que las autoridades deben adelantar para la implementación de las TR

<sup>31</sup> En el Anexo B se presenta el comportamiento de cada una de las Autoridades Ambientales

<sup>32</sup> 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.

1. El cambio de legislación, ya que en 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 formado. Estas dos características están asociadas básicamente al alto poder de negociación de algunos grupos de interés sobre las corporaciones, la distribución inequitativa de los recursos financieros entre diferentes corporaciones y a 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 verde<sup>33</sup>. 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.

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 capacitados<sup>34</sup>. En lo referente a la parte financiera se podría pensar que el MAVDT estableciera criterios, asociados al desempeño, para la reasignación de recursos financieros.

### ***5.3. 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

---

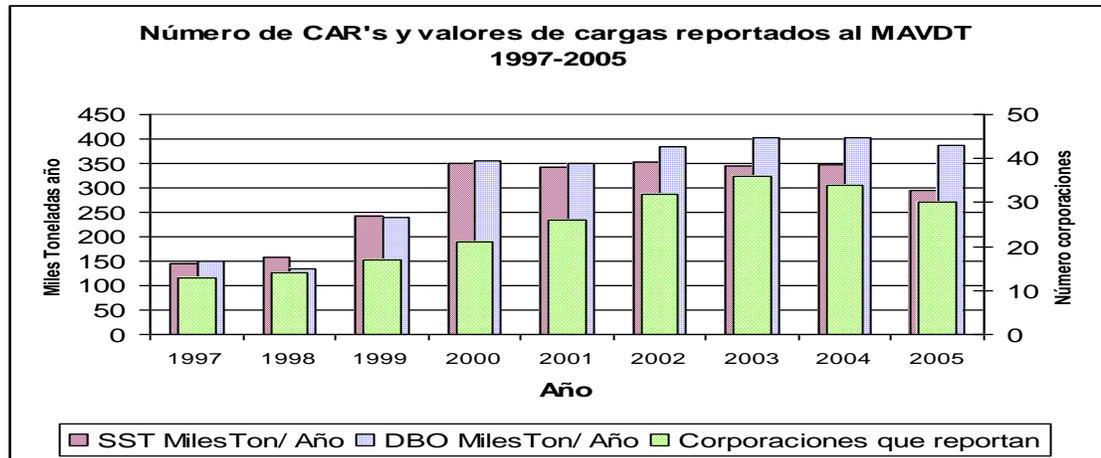
<sup>33</sup> La agenda verde es definida en el documento Conpes 3343 como aquella que se enfoca en el manejo sostenible de los recursos naturales, reduciendo el impacto de la humanidad sobre los recursos naturales a escala regional y global, mientras la agenda gris se enfoca en atender las amenazas del medio ambiente sobre los humanos, relacionado con la insuficiencia de provisión de agua potable y servicios de saneamiento.

<sup>34</sup> 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.

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 información<sup>35</sup>.

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



Fuente: Cálculos del autor con base en MAVDT 2005.

En la figura anterior el eje vertical derecho establece el número de corporaciones que reportan información al MAVDT y el eje izquierdo la cantidad de contaminante vertido y reportado. Como se puede observar en el período 1997 – 2003 se incrementa el número de corporaciones que enviaron información al Ministerio y del mismo modo se incrementa la cantidad de DBO y SST vertida y reportada.

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 DBO<sup>36</sup>

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%.

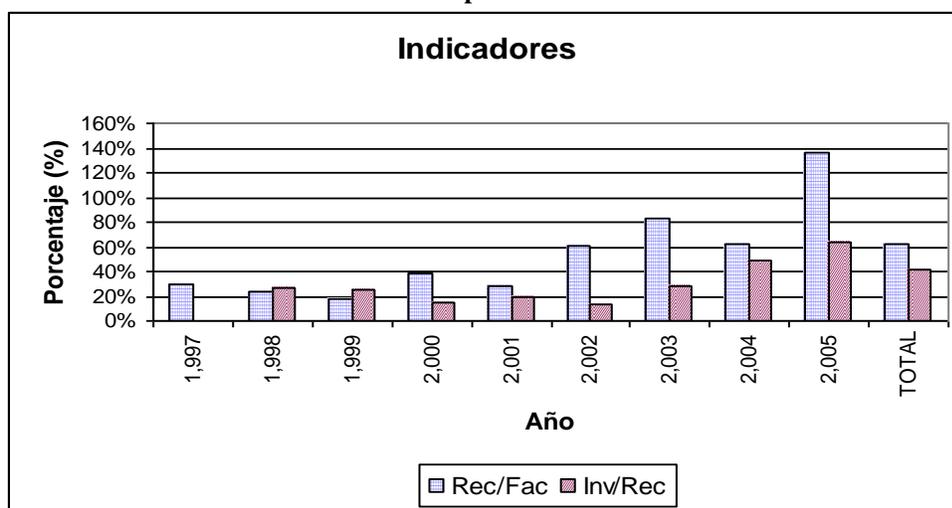
Las causas de este comportamiento se pueden deber a:

<sup>35</sup> 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)

<sup>36</sup> Una discusión más extensa sobre este tipo de comportamiento se da en la sección 6.2.2

- Ocho<sup>37</sup> 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 recaudo<sup>38</sup>, 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 en términos absolutos y relativos.

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

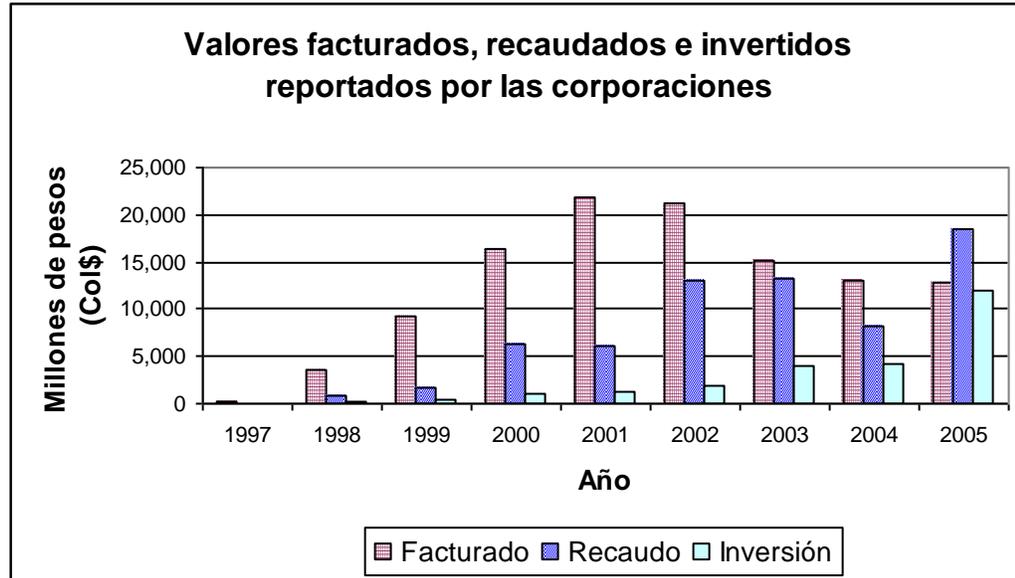


Fuente: MAVDT 2005

<sup>37</sup> Las corporaciones son: CARDER, CDA, CODECHOCO, CORALINA, CORPOGUAVIO, CORPONARIÑO, CRC Y CSB

<sup>38</sup> En el Anexo B se puede ver la evolución de este porcentaje para cada una de las corporaciones

Figura 6 Valores Facturados, recaudados e Invertidos por Corporación



Fuente: Cálculos del autor con base en MAVDT 2005. Pesos constantes 1994

#### 5.4. 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 esperaba 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, ya que las corporaciones en donde se han 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 bajo comparado 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.

### ***5.5. 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 (Tabla 1). Por lo tanto, para el 2005 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 Ambiente<sup>39</sup> (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.

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.

### ***5.6. Impacto de la implementación de las tasas retributivas en la calidad del Agua***

La información que existe en torno a este tema es poca y muestra resultados que indican que se han conseguido resultados positivos, en los lugares que se ha implementado, pero su efecto sobre el agregado de contaminación ha sido insuficiente, posiblemente debido a bajas coberturas.

Por ejemplo, la Contraloría (2006) cita un reporte del MAVDT en el cual se indica 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<sup>b</sup> (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.

Aunado a 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

---

<sup>39</sup> 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.

---

mayoría no están relacionados directamente con el impacto sobre el nivel de contaminación, y normalmente están más relacionados con procesos administrativos (Blackman, 2006)

## **6. ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS. MODELO ECONOMÉTRICO**

### **6.1. Modelos econométricos datos panel balanceado**

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 se plantearon 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 depende 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.

#### **6.1.1. Fuentes de información y construcción de variables**

La fuente principal de información para la construcción del modelo econométrico fue el formato que se implementó con la Resolución 081<sup>40</sup> de 2001 del MAVDT, reportado 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 con las personas responsables del manejo de la información de tasas retributivas en cada una de las Autoridades ambientales.

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 261, que corresponden al 32.38% del total de empresas (806) de las cuales se tenía algún nivel de información.

En este modelo la muestra se dividió entre empresas municipales e industriales, debido a que se esperan comportamientos diferenciados en cuanto a la respuesta al cobro de las tasas

---

<sup>40</sup> En el numeral 5.1 se expusieron las principales características de dicha Resolución

retributivas, puesto que se espera que la señal económica que envía el cobro de las tasas genere 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).

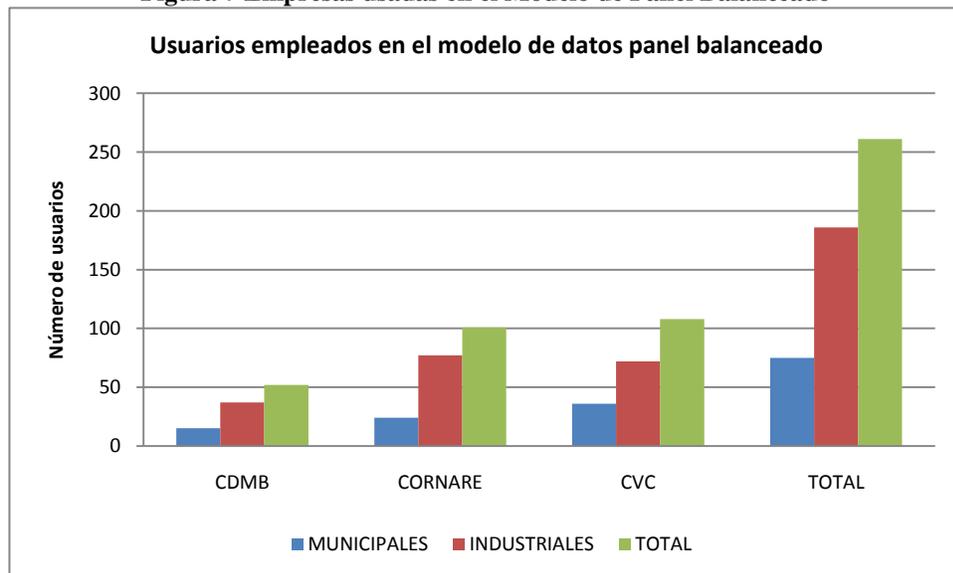
Además, en cuanto al nivel de emisiones de las empresas de servicios públicos, existe evidencia (Guerrero, 2003) que, al menos en Bogotá, los actuales precios de las tasas por sí solas no generan incentivos para que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB implemente un plan de descontaminación, debido a que los costos de tratamiento son muy superiores a los que se paga por concepto de tasas. Por lo tanto una decisión racional, desde este punto de vista, sería pagar la tasa y no implementar ninguna medida para la reducción de sustancias contaminantes.

En la Tabla 2 y Figura 7 se muestra la composición de la muestra respecto al tipo de empresa y corporación a la cual pertenece.

**Tabla 2 Número de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceados**

AUTORIDAD	MUNICIPALES	INDUSTRIALES	TOTAL
<i>CDMB</i>	15	37	52
<i>CORNARE</i>	24	77	101
<i>CVC</i>	36	72	108
<i>TOTAL</i>	75	186	261

**Figura 7 Empresas usadas en el Modelo de Panel Balanceado**



La muestra está compuesta en su mayoría por empresas del sector industrial, 186 de 261, las cuales representan el 71.26% del total de la muestra, pero en términos de carga las

empresas que pertenecen al sector industrial aportan el 25.79% de DBO y el 15.66% de SST, ver Tabla 11.

**Tabla 3 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)						
Industria	2,817	1,367	2,226	1,129	28,906	17,546	33,949	20,042
Municipios	19,464	21,405	12,875	11,842	65,339	74,704	97,678	107,951
Total	22,281	22,773	15,101	12,970	94,245	92,250	131,627	127,993
% Industria	12.64%	6.00%	14.74%	8.70%	30.67%	19.02%	25.79%	15.66%
% Mun.	87.36%	94.00%	85.26%	91.30%	69.33%	80.98%	74.21%	84.34%
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 índice<sup>41</sup>, respecto al primer semestre, de emisiones de DBO INDBO (logaritmo de INDBO) o INSST (logaritmo de INSST) de cada una de las firmas para los diferentes períodos, y las variables explicativas son la variación porcentual del factor regional (o logaritmo de la variación porcentual del factor regional) al que se ve enfrentada cada firma en el respectivo semestre, el índice de valor de producción del sector al cual pertenece el usuario, tomando como base el valor del primer semestre INPIB (logaritmo de INPIB), la proporción del valor total acumulado de la cartera por cobrar sobre el valor total facturado para cada una de las corporaciones por año CAR (logaritmo de CAR) y por último una variable dummy que toma valores de 1 en caso 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 la descripción de las variables utilizadas se presentan detalladamente a continuación:

Modelo Lineal

$$INDBO_{it} = C + \beta_1 INFRDBO_{it} + \beta_2 INPIB_{it} + \beta_3 CAR_{it} + D\_MUN_i + \varepsilon_{it}$$

$$INSST_{it} = C + \beta_1 INFRSST_{it} + \beta_2 INPIB_{it} + \beta_3 CAR_{it} + D\_MUN_i + \varepsilon_{it}$$

Modelo Semi log

$$LOGINDBO_{it} = C + \beta_1 INFRDBO_{it} + \beta_2 INPIB_{it} + \beta_3 CAR_{it} + D\_MUN_i + \varepsilon_{it}$$

$$LOGINSST_{it} = C + \beta_1 INFRSST_{it} + \beta_2 INPIB_{it} + \beta_3 CAR_{it} + D\_MUN_i + \varepsilon_{it}$$

Modelo Log Log

<sup>41</sup> Se toma el valor de carga de contaminante para cada uno de los períodos y se divide por el valor de carga del primer período, obteniéndose así para el primer semestre 100. Esto con el objeto de poder cuantificar el aumento o disminución proporcional de los vertimientos de cada firma.

---

$$\begin{aligned} \text{LOGINDBO}_{it} &= C + \beta_1 \text{LOGINFRDBO}_{it} + \beta_2 \text{LOGINPIB}_{it} + \beta_3 \text{LOGCAR}_{it} + D\_MUN_i + \varepsilon_{it} \\ \text{LOGINSST}_{it} &= C + \beta_1 \text{LOGINFRSST}_{it} + \beta_2 \text{LOGINPIB}_{it} + \beta_3 \text{LOGCAR}_{it} + D\_MUN_i + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

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

Donde

$\text{INDBO}_{it}$  = Es el índice de carga de DBO vertida por la empresa  $i$  en el semestre  $t$ . Para el cálculo de este índice se tomaron los valores de carga de DBO de la empresa  $i$  y se normalizaron dividiéndolos por el valor de carga para el primer semestre de dicha firma y multiplicándolo por 100.

$\text{INDSST}_{it}$  = Es el índice de carga de SST vertida por la empresa  $i$  en el semestre  $t$ . Para el cálculo de este índice se tomaron los valores de carga de SST de la empresa  $i$  y se normalizaron dividiéndolos por el valor de carga para el primer semestre de dicha firma y multiplicándolo por 100.

$\text{INFRDBO}_{it}$  = Cambio porcentual en el 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.

$\text{FRSST}_{it}$  = Cambio porcentual en el 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.

$\text{INPIB}_{it}$  = Índice del valor de producción del sector económico al que pertenece cada uno de los usuarios. Para ello se tomó el Grupo según la clasificación de los productos de las cuentas nacionales 1994, del DANE, al cual pertenecía la firma y se estableció el valor de la producción (a precios constantes de 1994) en la matriz de equilibrio. El valor de producción de las firmas para cada uno de los semestres se dividió entre el valor de producción del primer semestre de 1998 de dicha firma.

$\text{CAR}_{it}$  = 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

$\text{LOGINDBO}_{it}$  = Logaritmo de la variable  $\text{INDBO}_{it}$

$\text{LOGINSST}_{it}$  = Logaritmo de la variable  $\text{INSST}_{it}$

$\text{LOGINFRDBO}_{it}$  = Logaritmo de la variable  $\text{INFRDBO}_{it}$

$\text{LOGINFRSST}_{it}$  = Logaritmo de la variable  $\text{INFRSST}_{it}$

$\text{LOGINPIB}_{it}$  = Logaritmo de la variable  $\text{INPIB}_{it}$

$\text{LOGCAR}_{it}$  = logaritmo de la variable  $\text{CAR}_{it}$

Los valores esperados para los estimadores son los siguientes:

$\beta_0 < 0$  Al someter a todos los usuarios al cobro de una tasa por contaminar, se espera que las empresas reduzcan su nivel de emisiones por la implementación de la política.

$\beta_1 < 0$  Incrementos en el factor regional generan mayores costos a las empresas por contaminar, debido a esto se generan mayores incentivos para que se dé 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 indicando una gestión administrativa más eficiente, 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 4 Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en los modelos de datos panel**

Empresas Industriales y Municipales (261 Observaciones)								
Variable	MUNICIPAL (75 Observaciones)				Industrial (186 Observaciones)			
	Med	Máx	Mín	DS	Med	Máx	Mín	DS
dbo	130,237.9	2,016,422.9	414.6	258,142.4	18,252.0	1,459,625.3	0.3	89,422.9
sst	143,935.1	2,397,867.8	238.0	303,942.8	10,775.2	512,593.8	0.4	45,653.1
indbo	116.0	1,386.8	0.8	106.8	164.4	40,666.7	0.0	974.0
indsst	105.2	810.7	0.9	68.5	187.1	8,530.4	0.0	632.8
frdbo	2.7	6.5	1.0	1.8	2.8	6.5	1.0	1.7
infrdbo	188.2	550.0	20.0	121.0	181.4	550.0	20.0	104.4
frsst	2.7	6.5	1.0	1.7	2.9	6.5	1.0	1.5
infrsst	190.3	550.0	20.0	121.6	179.9	550.0	20.0	104.3
car	0.5	0.9	0.0	0.3	0.5	0.9	0.0	0.3
incar	240.2	1,645.7	71.1	376.2	242.5	1,645.7	87.7	374.2
piib	343,289.6	354,804.9	331,503.7	7,240.7	395,930.6	4,730,901.6	344.1	455,588.9
inpiib	100.7	104.1	95.7	2.1	105.2	391.2	49.7	28.0
logindbo	1.98	3.14	-0.10	0.30	1.82	4.61	-1.79	0.61
logindsst	1.94	2.91	-0.06	0.33	1.80	3.93	-2.41	0.67
loginfrdbo	2.20	2.74	1.30	0.25	2.20	2.74	1.30	0.23

## Análisis de la efectividad de las Tasas Retributivas en Colombia. Estudio de Caso

loginfrsst	2.21	2.74	1.30	0.25	2.19	2.74	1.30	0.24
logincar	2.15	3.22	1.85	0.35	2.16	3.22	1.94	0.34
loginpib	2.00	2.02	1.98	0.01	2.01	2.59	1.70	0.08
d_mun	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CDMB (52 Observaciones)								
Variable	MUNICIPAL (15 Observaciones)				Industrial (37 Observaciones)			
	Med	Máx	Mín	DS	Med	Máx	Mín	DS
dbo	129,762.7	655,290.8	1,650.0	176,914.3	7,613.3	337,917.7	0.5	38,699.0
sst	142,703.2	749,872.9	2,183.7	204,471.4	3,695.3	169,116.3	1.8	15,279.9
indbo	146.9	1,386.8	14.9	198.4	114.7	1,558.4	0.1	215.2
indsst	92.4	155.8	1.9	31.9	111.7	1,329.2	0.0	210.4
frdbo	3.2	5.5	1.0	1.4	2.9	5.5	1.0	1.4
infrdbo	315.4	550.0	100.0	140.7	285.9	550.0	100.0	136.8
frsst	3.2	5.5	1.0	1.4	2.9	5.5	1.0	1.4
infrsst	323.0	550.0	100.0	140.7	286.8	550.0	100.0	137.1
car	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
incar	774.9	1,645.7	100.0	591.5	774.9	1,645.7	100.0	590.3
pib	343,289.6	354,804.9	331,503.7	7,260.1	409,169.1	1,984,936.0	599.0	350,794.5
inpib	100.7	104.1	97.3	2.1	103.9	389.5	58.2	31.6
logindbo	2.05	3.14	1.17	0.27	1.68	3.19	-0.92	0.62
loginsst	1.89	2.19	0.28	0.37	1.55	3.12	-2.41	0.79
loginfrdbo	2.45	2.74	2.00	0.23	2.40	2.74	2.00	0.22
loginfrsst	2.46	2.74	2.00	0.23	2.41	2.74	2.00	0.22
logincar	2.69	3.22	2.00	0.47	2.69	3.22	2.00	0.47
loginpib	2.00	2.02	1.99	0.01	2.01	2.59	1.76	0.08
d_mun	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CORNARE (101 Observaciones)								
Variable	MUNICIPAL (24 Observaciones)				Industrial (77 Observaciones)			
	Med	Máx	Mín	DS	Med	Máx	Mín	DS
dbo	53,646.7	462,429.0	414.6	67,411.6	2,890.6	114,169.5	0.5	12,526.5
sst	49,340.8	443,932.0	238.0	64,202.3	1,465.7	167,617.6	0.4	7,333.8
indbo	98.5	608.2	0.8	64.6	250.2	40,666.7	0.0	1,500.0
indsst	97.2	474.9	0.9	59.4	273.5	8,530.4	0.1	945.8
frdbo	4.2	6.5	2.0	1.3	4.0	6.5	2.0	1.2
infrdbo	206.4	325.0	55.6	67.1	202.4	325.0	100.0	60.8
frsst	4.1	6.5	2.0	1.3	4.0	6.5	1.5	1.2
infrsst	204.9	325.0	55.6	65.8	199.5	325.0	75.0	60.7
car	0.4	0.5	0.3	0.1	0.4	0.5	0.3	0.1
incar	125.9	148.4	71.1	21.2	126.0	148.4	100.0	21.0
pib	343,289.6	354,804.9	331,503.7	7,250.9	294,778.0	1,622,441.9	1,865.0	313,611.5
inpib	100.7	104.1	95.7	2.2	104.4	147.6	69.6	13.2
logindbo	1.89	2.78	-0.10	0.38	1.91	4.61	-1.79	0.67
loginsst	1.88	2.68	-0.06	0.39	1.84	3.93	-1.28	0.72
loginfrdbo	2.29	2.51	1.74	0.16	2.28	2.51	2.00	0.15
loginfrsst	2.29	2.51	1.74	0.16	2.28	2.51	1.88	0.15
logincar	2.09	2.17	1.85	0.08	2.09	2.17	2.00	0.08

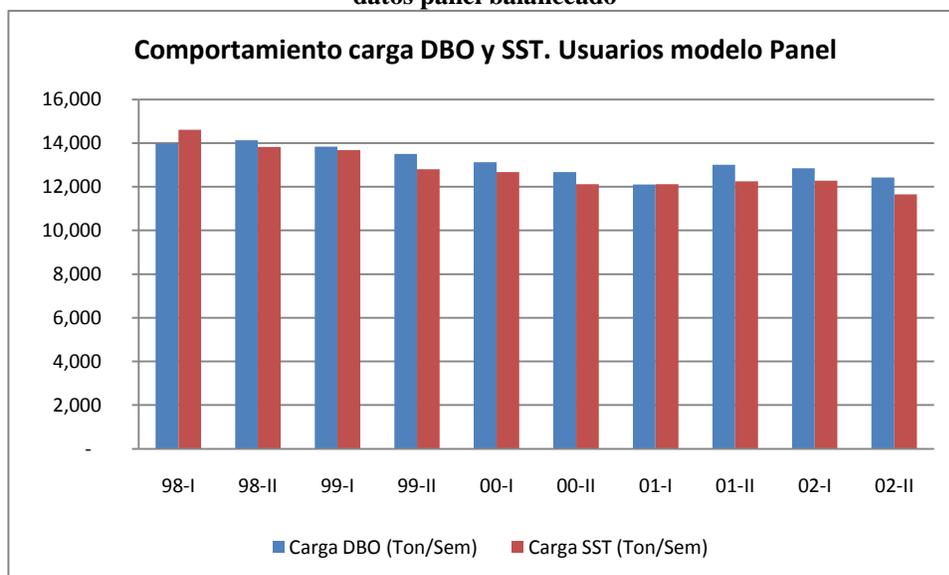
## Análisis de la efectividad de las Tasas Retributivas en Colombia. Estudio de Caso

loginpib	2.00	2.02	1.98	0.01	2.02	2.17	1.84	0.06
d_mun	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CVC (108 Observaciones)								
Variable	MUNICIPAL (36 Observaciones)				Industrial (72 Observaciones)			
	Med	Máx	Mín	DS	Med	Máx	Mín	DS
dbo	181,496.6	2,016,422.9	1,485.0	341,258.1	40,147.4	1,459,625.3	0.3	137,650.5
sst	207,511.2	2,397,867.8	4,896.0	403,246.1	24,369.5	512,593.8	0.6	70,055.4
indbo	114.9	459.2	4.8	63.8	98.2	882.1	0.1	96.3
indsst	115.9	810.7	7.3	82.4	133.5	3,057.3	0.2	205.4
frdbo	1.5	5.5	1.0	1.2	1.6	5.5	1.0	1.2
infrdbo	123.1	550.0	20.0	90.1	105.3	550.0	20.0	52.1
frsst	1.5	6.0	1.0	1.2	1.8	6.0	1.0	1.1
infrsst	125.3	550.0	20.0	89.5	104.0	550.0	20.0	49.8
car	0.8	0.9	0.8	0.1	0.8	0.9	0.8	0.1
incar	93.5	100.9	87.7	5.8	93.5	100.9	87.7	5.8
pib	343,289.6	354,804.9	331,503.7	7,245.9	497,304.7	4,730,901.6	344.1	589,043.4
inpib	100.7	104.1	97.3	2.1	106.7	391.2	49.7	36.4
logindbo	2.01	2.66	0.68	0.24	1.80	2.95	-0.87	0.52
logindsst	2.00	2.91	0.86	0.23	1.88	3.49	-0.64	0.51
loginfrdbo	2.04	2.74	1.30	0.19	1.99	2.74	1.30	0.15
loginfrsst	2.05	2.74	1.30	0.19	1.99	2.74	1.30	0.15
logincar	1.97	2.00	1.94	0.03	1.97	2.00	1.94	0.03
loginpib	2.00	2.02	1.99	0.01	2.02	2.59	1.70	0.09
d_mun	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### 6.1.2. Comportamiento de las cargas contaminantes (Panel Balanceado)

Como se observa, en la Figura 8 y en la Tabla 5, las cargas de DBO y SST vertidas por los usuarios, en términos agregados (las 3 corporaciones), mostraron una tendencia negativa. Es decir, en el lapso de tiempo evaluado 1998 – 2002 las emisiones de DBO disminuyeron, pasando de 1552 Toneladas y SST disminuyen 11.10% y un 20.31%.

**Figura 8 Comportamiento de las cargas de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado**



**Tabla 5 Comportamiento de las cargas de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado**

Semestre	CDBM		CORNARE		CVC		TOTAL	
	DBO (Ton)	SST (Ton)						
98 - I	2,249	2,977	1,769	1,653	9,962	9,982	13,980	14,612
98 - II	1,958	2,155	1,801	1,490	10,371	10,175	14,130	13,820
99 - I	2,005	2,212	1,510	1,273	10,322	10,186	13,836	13,671
99 - II	2,255	1,757	1,595	1,254	9,657	9,799	13,507	12,810
00 - I	2,032	1,917	1,490	1,211	9,600	9,543	13,122	12,671
00 - II	1,728	2,153	1,401	1,180	9,538	8,779	12,666	12,113
01 - I	2,087	2,327	1,364	1,233	8,657	8,564	12,108	12,124
01 - II	2,761	2,554	1,174	1,058	9,070	8,636	13,005	12,248
02 - I	2,687	2,437	1,500	1,325	8,659	8,516	12,846	12,279
02 - II	2,519	2,283	1,499	1,292	8,410	8,069	12,428	11,645

En cuanto al comportamiento de los vertimientos en cada una de las corporaciones se presentó en CDBM un aumento de DBO de 12%, entre el primer y el 10 semestre, y una

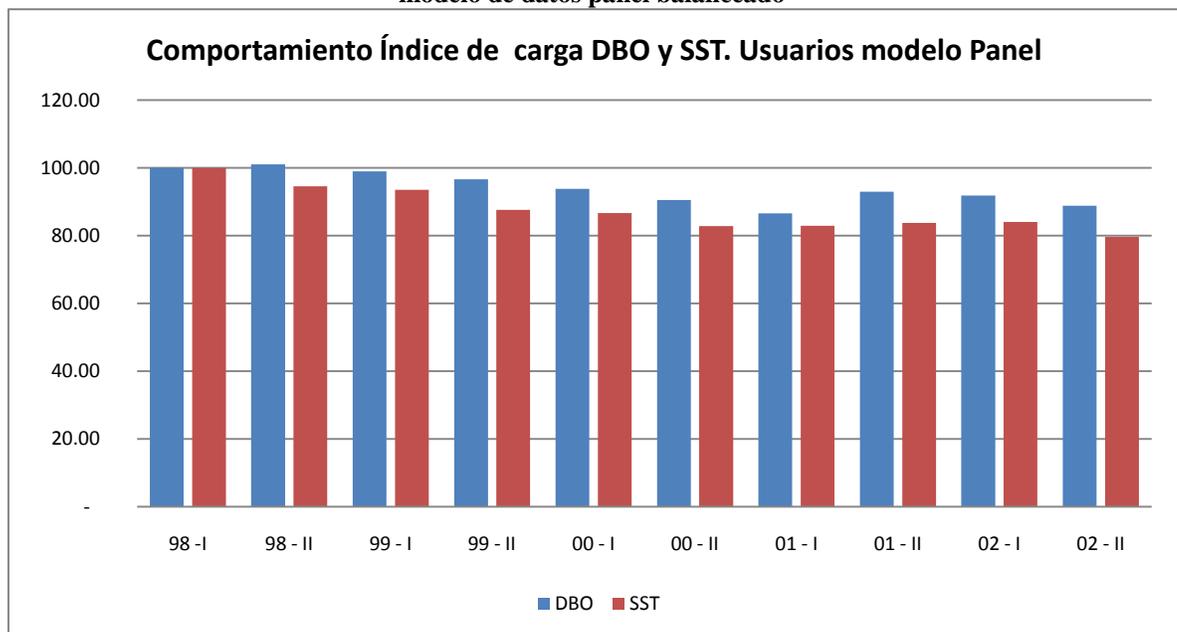
disminución de SST de 23.29% al cabo de cinco años de implementación de las tasas. En las corporaciones CORNARE y CVC se presentan reducciones de DBO y SST entre un 11.10% y un 21.83% al cabo del quinquenio

**Tabla 6 Comportamiento de los índices de carga de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado**

Semestre	CDMB		CORNARE		CVC		TOTAL	
	DBO	SST	DBO	SST	DBO	SST	DBO	SST
98 - I	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
98 - II	87.05	72.40	101.80	90.12	104.11	101.93	101.07	94.58
99 - I	89.14	74.32	85.34	77.01	103.61	102.04	98.97	93.56
99 - II	100.26	59.03	90.17	75.83	96.94	98.17	96.62	87.67
00 - I	90.33	64.41	84.22	73.27	96.37	95.60	93.86	86.72
00 - II	76.82	72.33	79.18	71.39	95.74	87.95	90.60	82.89
01 - I	92.76	78.18	77.08	74.57	86.91	85.79	86.61	82.97
01 - II	122.74	85.80	66.37	64.02	91.05	86.51	93.03	83.82
02 - I	119.43	81.88	84.83	80.16	86.92	85.31	91.89	84.03
02 - II	112.00	76.71	84.71	78.17	84.43	80.83	88.90	79.69

En la Tabla 14 y la Figura 15 se puede apreciar el esfuerzo para la reducción de vertimiento de los contaminantes sujetos a cobro de tasa retributiva. La única variable que presenta incremento es la emisión de DBO en la corporación CDMB.

**Figura 9 Comportamiento de los índices de carga de DBO y SST del total de empresas utilizadas en el modelo de datos panel balanceado**



### 6.1.3. Resultados del modelo econométrico Panel Balanceado

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

Se obtuvieron 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. Algunos de los estimadores presentan signos contrarios a los esperados.

En las Tablas 7 y 8 se puede observar el resumen de las salidas econométricas del modelo semi log. Para la interpretación de los coeficientes estimados,  $\beta$  está definido por la siguiente expresión:

$$\beta = \frac{dDBO / DBO}{dX}, \text{ donde } x \text{ es cada una de las variables independientes.}$$

Esta relación representa aproximadamente<sup>42</sup> cómo cambia porcentualmente el nivel de emisiones de DBO ante un cambio en una unidad de las variables explicativas. En el caso de una variable dummy, al multiplicar por 100 su coeficiente, implicaría el porcentaje de variación generado por darse la condición que establece la variable Dummy.<sup>43</sup>

**Tabla 7 Resultados del modelo Semi log para LOGINDBO**

Variable dependiente: LOGINDBO									
Variable	Todas (N=261)			Industrial (N=186)			Municipios (N=75)		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	1.8987	32.18	0.0000	1.9467	26.92	0.0000	2.819	5.20	0.0000
INFRDBO	-0.0005	-4.31	0.0000	-0.0007	-4.50	0.0000	0.000	-0.35	0.7236
INPIB	0.0004	1.00	0.3164	0.0005	0.97	0.3317	-0.008	-1.48	0.1398
CAR	-0.0618	-1.52	0.1288	-0.0794	-1.43	0.1524	-0.031	-0.75	0.4555
D_MUN	0.1651	7.03	0.0000						
	R-squared	0.025		R-squared	0.012		R-squared	0.004	
	F-statistic	16.523		F-statistic	7.656		F-statistic	1.110	
	Prob	0.000		Prob	0.000		Prob	0.344	

N=número de empresas

En el caso en que se contemplan todas las empresas se obtiene los siguientes resultados:

- La constante, el índice del factor regional y la variable dummy son estadísticamente relevantes con un nivel de confianza del 99%. Las variables INPIB e INCAR no son relevantes desde el punto de vista estadístico.

<sup>42</sup> Para hallar el valor exacto se debe estimar a partir de la siguiente ecuación  $\% \Delta DBO = 100 * [exp(\beta) - 1]$

<sup>43</sup> Ejemplos de la interpretación de este tipo de modelos se puede encontrar en el ejemplo 13.3 de Wooldrige, 2002

- El aumento de una unidad de índice del factor regional de DBO genera una reducción del 0.05% del índice del nivel de vertimientos.
- La condición de empresa municipal, manteniendo todas las otras variables constantes, hace que se genere un aumento en la índice de emisión de DBO de un 16.51%.

En el modelo que solo se contemplan las industrias se observa lo siguiente:

- Los coeficientes presentan los mismos signos que en el caso anterior, además, en este caso también son significativos con un nivel de confianza superior al 99% la variable INFRDBO y la constante.
- Un incremento en una unidad del índice de factor regional de DBO genera una reducción del 0.07% en el índice de vertimientos de DBO.

Y por último, en el modelo que solo contempla los municipios se obtiene:

- El único coeficiente significativo fue el de la constante.
- El índice de factor regional de DBO no es significativo. Este comportamiento, implicaría que los municipios ante variaciones del factor regional no responden con cambios en su nivel de emisiones. Por lo tanto la imposición de tasas por contaminación hídrica en los Municipios no genera cambios de conducta lo cual implica que las medidas tendientes al control de los vertimientos de este tipo de usuarios deben estar acompañadas de otro tipo de estrategias.

**Tabla 8 Resultados del modelo Semi log para LOGINSST**

Variable dependiente: LOGINSST									
Variable	Todas (N=261)			Industrial (N=186)			Municipios (N=75)		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	1.8127	28.3	0.000	1.8675	23.79	0.000	2.9796	5.21	0.000
INFRSST	-0.0008	6.5	0.000	-0.0012	6.35	0.000	-0.0003	-2.11	0.035
INPIB	0.0009	1.8	0.075	0.0009	1.67	0.094	-0.0103	-1.78	0.076
CAR	0.0944	2.1	0.034	0.0890	1.47	0.142	0.0850	1.92	0.056
D_MUN	0.1501	5.9	0.000						
	R-squared	0.047		R-squared	0.044		R-squared	0.034	
	F-statistic	32.276		F-statistic	28.292		F-statistic	8.641	
	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:

- Las variables C, INFRSST y D\_MUN son estadísticamente significativas por encima del 99%. En particular se obtuvo que ante incrementos en una unidad del índice del factor regional la emisión de SST disminuye en un 0.08%.
- A diferencia de los resultados arrojados para DBO, son significativas las variables INPIB y CAR con un nivel de confianza del 90% y 95% respectivamente.
- El coeficiente de la variable car indica que disminuciones de una unidad en la cartera generan una reducción en un 9.4% del nivel de emisiones. Esto es, si disminuye el valor de la cartera no cobrada o se incrementa el valor facturado, el nivel de vertimientos disminuye.
- La variable CAR trata de recoger el grado de eficiencia administrativa de la autoridad ambiental, por lo tanto a mayor eficiencia administrativa menor nivel de vertimientos.
- Del mismo modo se tiene que reducciones en la actividad de producción del sector al que pertenece el usuario genera una reducción del índice de emisión de SST.
- La condición de municipio, definida por la variable dummy, en el caso del modelo en el que se evaluaron todas las empresas, fue significativa con un nivel de confianza superior al 99%. La interpretación de este resultado es que el hecho de ser municipio aumenta en un 15.01% los niveles del índice de SST.

Para el modelo que solo contempla los usuarios industriales tenemos que:

- Los coeficientes estimados presentaron los mismos signos que para el caso de DBO.
- La constante y la variable INFRSST son significativas a un nivel del 99%, al igual que la variable INPIB pero a un nivel de confianza del 90%.
- Los usuarios industriales responden en mayor medida ante incrementos del factor regional de SST que ante incrementos del factor de DBO, ya que para el primero la disminución ante incrementos de 1 unidad del índice del factor regional la firma disminuye su índice de emisiones en aproximadamente un 0.12% mientras en el

---

segundo la disminución es de 0.07%. Esto puede estar asociado a que los costos de remoción de los SST son menores que los de DBO.

- El índice del valor de producción del sector al que pertenece el usuario es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 90% y tiene signo positivo. Lo cual se traduce en que aumentos en una unidad del índice de producción genera un aumento del 0.09% del índice de sólidos suspendidos totales.

Para el caso de los municipios se tiene que:

- Se obtuvo que hay significancia estadística para todas las variables contempladas. La constante es significativa a un 99%, la variable INFRSST a un 95%, INPIB y CAR son significativas a un 90%.
- Los Municipios responden reduciendo sus niveles de vertimientos de SST ante el aumento de la tarifa de las tasas para los sólidos más no para la DBO, lo cual no es muy claro por qué podría suceder.
- El coeficiente de la variable CAR es positivo, contrario al valor esperado. Esta misma situación pasa con la variable INPIB, la cual presenta signo negativo (siendo el valor esperado positivo).

En conclusión los modelos de datos panel balanceado para las variables INDBO e INSST, ponen de manifiesto los siguientes:

1. La implementación de las tasas retributivas y específicamente el aumento en las tarifas de las tasas, ha generado cambios de comportamiento en los contaminadores del sector industrial, más los resultados son ambiguos para los municipios. No obstante existe evidencia que el comportamiento de los municipios no responde a este tipo de incentivos económicos. 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, las empresas de acueducto y alcantarillado se ven enfrentadas a costos marginales de remoción muchos más altos que los valores de las tasas a la fecha del análisis.
2. Para el sector industrial, los resultados de la relación entre el nivel de producción del sector al cual pertenece el usuario y el nivel de emisión no es claro, ya que para el caso de la variable INDBO no resultó estadísticamente significativa mientras que para el caso de INSST si resultó ser significativa y con signo positivo.
3. Para el sector industrial la variable proxy de eficiencia administrativa<sup>44</sup> de las corporaciones, no tiene relación con el índice de emisión de DBO ni SST. Para el sector municipal los resultados no son concluyentes, pues para la variable INDBO resultó no

---

<sup>44</sup> 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.

ser significativa, mientras para el caso de los sólidos es significativa y tiene el signo esperado.

4. La condición de municipio, manteniendo todas las demás variables constantes, genera un aumento en el nivel de contaminación emitida.

---

## 6.2. Modelo de primeras diferencias para datos panel<sup>45</sup>

Alternativamente al modelo de datos panel balanceado se recurrió a la utilización de 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).

Se seleccionó este tipo de modelo ya que existe la posibilidad de que variables no observables de los agentes emisores y de la misma autoridad ambiental afecten el desempeño ambiental de los agentes.

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  $\beta_0$  y para el segundo  $\beta_0 + \delta$ .  $\chi_{i1}$  y  $\chi_{i2}$  son las observaciones de la variable explicativa<sup>46</sup> 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 modelo 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  $\Delta$  denota el cambio ocurrido del primer al segundo período.

---

<sup>45</sup> También es conocido como diferencias en diferencia.

<sup>46</sup> Sin pérdida de generalidad se supone, por facilidad, que solo hay una variable explicativa

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 se presente heterocedasticidad. Pero en caso 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 tiene distribución t.

Con la aplicación de este modelo se pretende establecer si el cambio en la generación de de DBO o SST está determinado por cambios en la tarifa de la tasa retributiva cobrada a los sujetos, controlando por cambios en el nivel de producción de cada sector y nivel de eficiencia de las autoridades ambientales.

### 6.2.1. 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 6.1.1

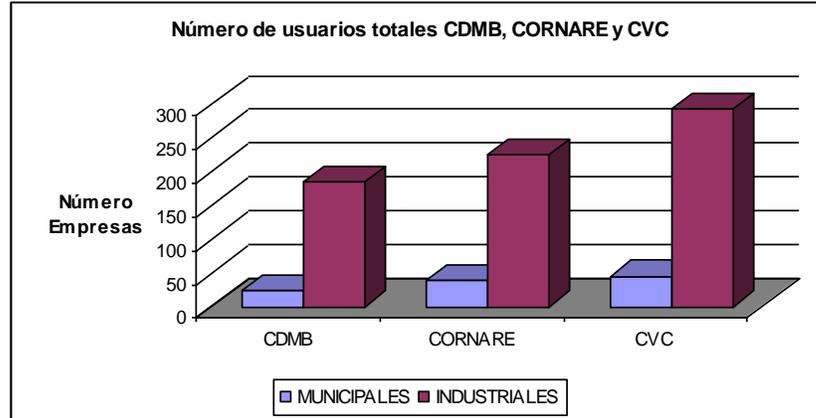
Se obtuvo información sobre 806 Empresas en total para el período 1998 – 2002, como se observa en la tabla 9, y para la estimación del modelo se utilizaron un total de 421 Empresas, que representan un 52,23% de los usuarios con información, reportada por las 3 Corporaciones.

La muestra se dividió en empresas industriales y municipales (Empresas de Alcantarillado), puesto que se espera que la señal económica que envía el cobro de las tasas genere 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 9 Total empresas reportadas CDMB, CORNARE y CVC**

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

Figura 10 Número total empresas reportadas por CDMB, CORNARE y CVC 1998-2002

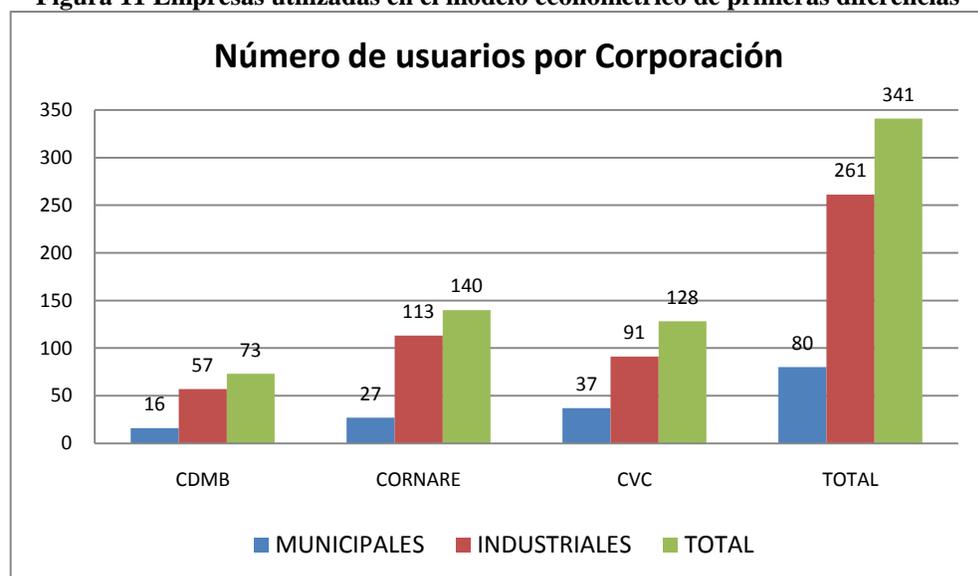


Debido a que toda la información disponible no es homogénea, se utilizó para la elaboración del modelo las empresas que tuviesen registros de cargas de DBO, cargas de SST, facturación y recaudo para el primer y/o segundo semestre de 1998 y primer y/o segundo semestre de 2002. La distribución por tipo de usuario, industrial o municipal, y por corporación se especifica en la Tabla 10.

Tabla 10 Empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias

AUTORIDAD	MUNICIPALES	INDUSTRIALES	TOTAL
CDMB	16	57	73
CORNARE	27	113	140
CVC	37	91	128
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>261</b>	<b>341</b>

Figura 11 Empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias



Como se mencionó anteriormente con este modelo se pretende evaluar si la instauración de la tasa retributiva ha generado un cambio en el comportamiento de los agentes en cuanto a sus niveles de emisión de contaminación. La variable dependiente es el cambio del índice de contaminante vertido de la carga contaminante, bien sea DBO o SST, en un período de 5 años. Para la construcción del índice se tomaron los valores reportados para un primer período (promedio del 1<sup>er</sup> y 2<sup>o</sup> semestre) y un segundo período (promedio del 9<sup>o</sup> y 10<sup>o</sup> semestre), se halló su diferencia y se dividió por el valor del primer período. Esto se debe a que se puede asumir que para el primer período las firmas aún no han respondido al incentivo económico y su comportamiento se asemeja al existente antes de la implementación de las tasas, y para el segundo período, correspondiente al 5<sup>o</sup> año, se puede asumir que las empresas ya han podido ajustar su comportamiento respondiendo al incentivo generado por la tasa incrementando sus esfuerzos de control de la contaminación.

El hecho de que ahora se les esté cobrando la tasa (política a evaluar) no se puede medir porque a todas las empresas se les está efectuando dicho cobro. Por tanto este cambio queda explicado por la constante, tanto por el signo como por su nivel de significancia. Si es negativa y significativa demuestra que la tasa al quinto año ha generado una reducción significativa de la carga. Si llegase a no resultar significativa demuestra que la tasa no tiene una incidencia significativa en el cambio de la carga a lo largo de esos 5 años.

Como variables explicativas se utilizaron el cambio del índice<sup>47</sup> del valor de la producción del sector económico de la firma, la variación del índice 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

Conceptualmente se explica a continuación el por qué de la inclusión de dichas variables en el modelo:

1. Cambio en porcentaje del valor agregado del sector económico al que pertenece la firma: Se espera que si la empresa tiene una mayor producción, lo cual significa un cambio porcentual positivo, genere mayor carga contaminante. Debido a que no se tiene una medida directa del nivel de producción individual, se utiliza como proxy el nivel de producción del sector al cual pertenece la firma. Por medio de la inclusión de esta variable se pretende controlar posibles cambios en el nivel de vertimiento asociados a variaciones en el volumen de producción de la firma.
2. Variación del factor regional que se le aplica a cada empresa: Si las firmas se ven enfrentadas a una mayor tarifa de las tasas (derivado de un incremento del factor regional que multiplica a la tasa mínima) en el período de evaluación se supone que las empresas tendrán mayores incentivos para el control de sus niveles de contaminación. La interpretación de esta variable se configura en un complemento de la interpretación de la constante ya que si la constante es significativa (con signo negativo) y esta

---

<sup>47</sup> Para la construcción de estos índices se utilizó la misma metodología que la empleada para las variables dependientes.

variable no lo es, significa que los niveles de emisión se vieron reducidos durante el período de implementación de la tasa, pero los agentes no reaccionan al cambio del valor del factor regional. Esto se puede deber a que, en proporción, pasar de no tener tasa a tener una igual a la tarifa mínima es superior a los cambios en la tasa que se puedan generar por el incremento del factor regional.

Por otro lado si la constante no es significativa, pero el factor regional si lo es, implica que la implementación de las tasas no generó un impacto significativo sobre los niveles de vertimiento, pero el incremento del factor si genera impactos significativos.

3. 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: esta variable es una proxy del nivel de efectividad de la autoridad ambiental, ya que se está midiendo la capacidad de gestión, a través de la capacidad de gestión que tiene la autoridad ambiental para recaudar el dinero que factura. En caso de que esta variable fuese significativa indicaría que cambios en la capacidad de control, es decir de cobrar efectivamente la tasa, tendría efectos sobre el nivel de vertimientos.

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

$$DINDDBO_i = c + \beta_1 DINDPPIB_i + \beta_2 DFRDBO_i + \beta_3 DCART_i + Du_i$$

$$DINDSST_i = c + \beta_1 DINDPPIB_i + \beta_2 DFRSST_i + \beta_3 DCART_i + Du_i$$

Donde:

DINDBO = Es el cambio porcentual de la carga de DBO vertida, para cada una de las firmas, entre semestre promedio del año 1998 y del año 2002. Para la construcción de esta variable se normalizó el valor inicial y final emitido, dividiendo dichos valores entre la carga inicial, es decir, las primeras diferencias expresan el cambio porcentual de DBO vertida.

DINSST = Es el cambio porcentual de la carga de SST vertida, para cada una de las firmas, entre semestre promedio del año 1998 y del año 2002. Para la construcción de esta variable se normalizó el valor inicial y final emitido, dividiendo dichos valores entre la carga inicial, es decir, las primeras diferencias expresan el cambio porcentual de SST vertida.

DINPIB = Cambio porcentual del promedio del valor de la producción, del quinto año respecto al primer año, del sector económico de cada una de las empresas. Para ello se tomó el Grupo según la clasificación de los productos de las cuentas nacionales 1994, del DANE, al cual pertenecía la firma y se estableció el valor de la producción (a precios constantes de 1994) en la matriz de equilibrio.

Para cada firma se tomó, para el cálculo del índice, el valor promedio de producción semestral para el primer y último año, medido en millones de pesos constantes de 1994 por semestre.

DINFRDBO = Cambio porcentual en el factor regional de DBO al que se vio enfrentado cada uno de los diferentes usuarios. Para el cálculo del Factor Regional se utilizaron los valores reportados de facturación, tarifa mínima vigente y carga reportados por cada una de las Corporaciones.

DINFRSST = Cambio porcentual en el factor regional de SST al que se vio enfrentado cada uno de los diferentes usuarios. Para el cálculo del Factor Regional se utilizaron los valores reportados de facturación, tarifa mínima vigente y carga reportados por cada una de las Corporaciones.

DCAR = 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. La información para obtener esta variable se tomó 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 DRECFAC, 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, se optó por tomar como indicador de gestión la variable DCAR.

Los valores esperados para los estimadores son los siguientes:

$B_0 < 0$  Se espera que la constante sea negativa, indicando un descenso de los vertimientos debido a la implementación de las tasas.

$\beta_1 > 0$ , 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 dé 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

Con este modelo de primeras diferencias se logra eliminar los efectos por la posible omisión de variables por falta de información, pero a cambio de esto se paga el ‘costo’ de no poder incluir algunas variables que son conocidas pero que no presentan cambios a lo largo del tiempo. (p.e. tamaño de la firma, procesos productivos utilizados entre otros). Para lograr captar las diferencias surgidas por la corporación a la que pertenece se incorporó una variable proxy de la eficiencia DINCAR.

Las estadísticas descriptivas se presentan en la Tabla 4

**Tabla 11 Estadísticas descriptivas variables utilizadas en el modelo de primeras diferencias**

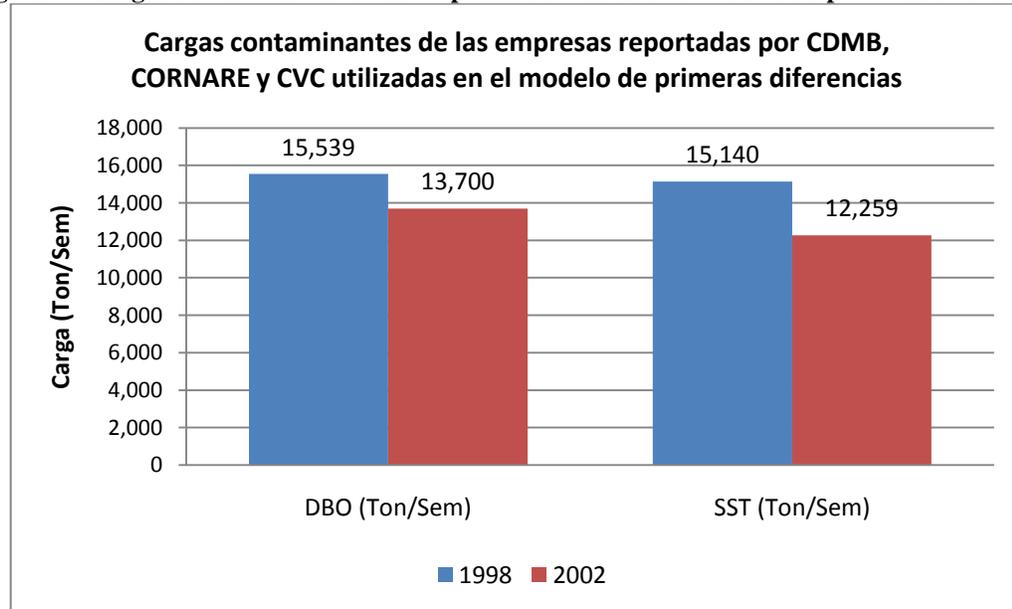
Usuarios Industriales y Municipales (n=341)						
	DINDBO	DINSST	DINFRDBO	DINFRSST	DINPIB	DINCAR
Mean	11.33	16.17	115.21	112.48	7.37	346.16
Median	-36.49	-43.93	122.22	122.22	4.61	48.39
Maximum	1,689.98	8,430.44	425.00	425.00	271.33	1,545.69
Minimum	-100.00	-100.00	- 76.47	- 69.23	- 100.00	-12.27
Std. Dev.	219.62	501.79	112.60	112.64	20.19	627.54
Skewness	5.36	14.64	0.49	0.54	6.33	1.39
Kurtosis	35.69	237.73	2.37	2.43	91.04	2.94
Jarque-Bera	16813.33	795008.80	19.27	21.12	112420.70	109.46
Probability	-	-	0.000	0.000	-	-
Sum	3865.21	5513.555	39286.1	38357.34	2514.063	118040.1
Sum Sq. Dev.	16399732	85608400	4310600	4314104	138611.2	1.34E+08
Observations	341	341	341	341	341	341
Usuarios Industriales (n=261)						
	DINDBO	DINSST	DINFRDBO	DINFRSST	DINPIB	DINCAR
Mean	3.74	19.47	112.74	108.93	8.89	354.24
Median	-57.08	-59.29	122.22	122.22	11.71	48.39
Maximum	1,689.98	8,430.44	425.00	425.00	271.33	1,545.69
Minimum	-100.00	-100.00	- 76.47	- 69.23	- 100.00	-12.27
Std. Dev.	224.02	571.65	107.64	107.76	22.87	631.57
Skewness	5.18	12.94	0.44	0.49	5.50	1.36
Kurtosis	33.10	184.42	2.41	2.46	70.85	2.85
Jarque-Bera	11021.61	365218.70	12.26	13.61	51382.13	80.31
Probability	-	-	0.002	0.001	-	-
Sum	974.9461	5082.143	29425.54	28430.95	2320.639	92456.3
Sum Sq. Dev.	13048086	84964322	3012649	3019314	136042.3	1.04E+08
Observations	261	261	261	261	261	261
Usuarios Municipales (n=79)						
	DINDBO	DINSST	DINFRDBO	DINFRSST	DINPIB	DINCAR
Mean	37.84	6.72	122.99	124.10	2.42	323.23
Median	1.39	- 2.17	133.33	130.00	2.42	48.39
Maximum	1,634.16	381.70	425.00	425.00	3.27	1,545.69
Minimum	-95.57	-98.68	- 33.33	- 20.00	1.58	-12.27
Std. Dev.	204.72	89.22	128.64	128.14	0.19	620.58

Skewness	6.29	2.42	0.53	0.55	0.10	1.47
Kurtosis	48.45	10.15	2.06	2.09	19.75	3.18
Jarque-Bera	7321.48	245.64	6.52	6.69	924.18	28.69
Probability	-	-	0.038	0.035	-	0.00
Sum	2989.473	530.5417	9716.111	9804.167	191.0062	25535.38
Sum Sq. Dev.	3268848	620877.8	1290727	1280735	2.834988	30039304
Observations	79	79	79	79	79	79

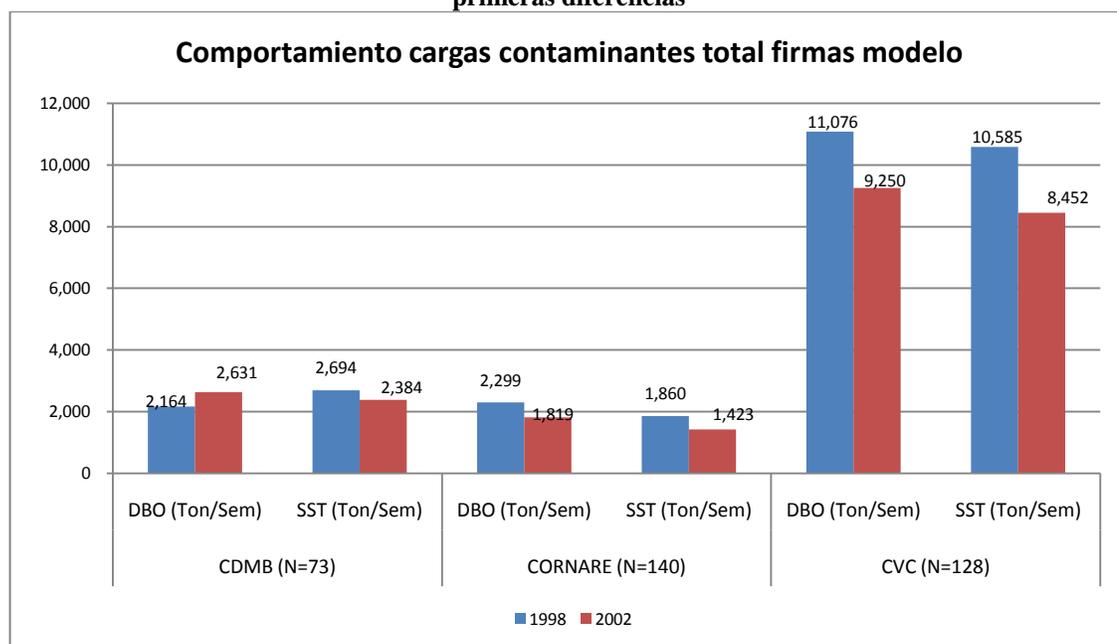
### 6.2.2. Comportamiento de las cargas contaminantes (Primeras diferencias)

Como se puede observar en la Figura 12, 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 12 y Figura 13) se observa que todas las cargas, a excepción de la de DBO para CDMB, disminuyeron sus niveles de emisiones, siendo, en términos absolutos, mayores 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, 20.88% y 23.52%

**Figura 12 Cargas contaminantes de las empresas utilizadas en el modelo de primeras diferencias**



**Figura 13 Comportamiento de las cargas de las empresas utilizadas en el modelo econométrico de primeras diferencias**



**Tabla 12 Comportamiento de las carga de DBO y SST para todas las empresas y municipios utilizados en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002**

Industrias y Municipios								
Año	TOTAL (N=341)		CDMB (N=73)		CORNARE (N=140)		CVC (N=128)	
	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	15,539	15,140	2,164	2,694	2,299	1,860	11,076	10,585
2002	13,700	12,259	2,631	2,384	1,819	1,423	9,250	8,452
Variación Abs	-1,839	-2,881	468	-310	-480	-438	-1,827	-2,133
Variación (%)	-11.84%	-19.03%	21.61%	-11.52%	-20.88%	-23.52%	-16.49%	-20.15%

N= Número de Empresas

A nivel industrial, como se observa en la Figura 14 y Tabla 13, 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 CDMB, con una reducción del 72.32% para SST y 55.96% para DBO.

Figura 14 Comportamiento de las empresas industriales utilizadas en el modelo econométrico.

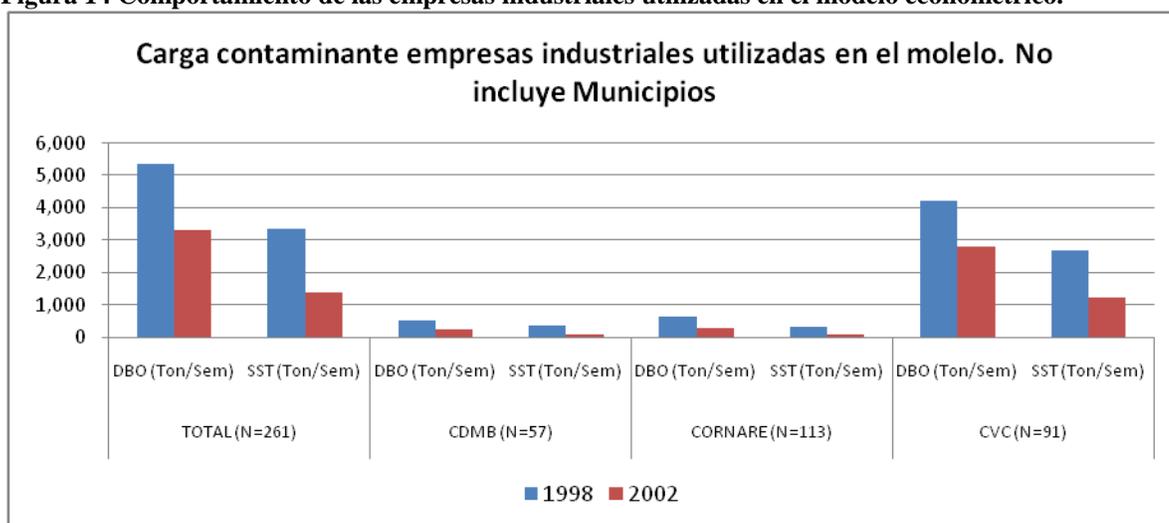


Tabla 13 Comportamiento de las carga de DBO y SST para las empresas industriales utilizadas en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002

Año	Industria							
	TOTAL (N=261)		CDMB (N=57)		CORNARE (N=113)		CVC (N=91)	
	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	5,357	3,336	495	352	620	317	4,241	2,666
2002	3,298	1,399	218	97	288	89	2,792	1,213
Variación Abs	-2,059	-1,937	-277	-255	-333	-229	-1,449	-1,454
Variación (%)	-38.43%	-58.06%	-55.96%	-72.32%	-53.63%	-72.04%	-34.16%	-54.52%

N= Número de Empresas

El nivel de emisiones de DBO de los municipios, en términos agregados aumentó un 2.16%. Dicho incremento se debe al comportamiento de la corporación CDMB, la cual generó 745 toneladas adicionales (44.61% más respecto al año 1998), mientras que las corporaciones CORNARE y CVC hubo una disminución, dando como resultado total un incremento de 220 Toneladas, equivalentes a un aumento del 2.16%, en términos agregados.

En cuanto a SST se observa una disminución de 944 Toneladas por Semestre, equivalente a un 8.00% en los Municipios de las tres corporaciones. La disminución en términos absolutos y relativos más grande se dio en CORNARE.

Figura 15 Comportamiento de las empresas Municipales utilizadas en el modelo econométrico.

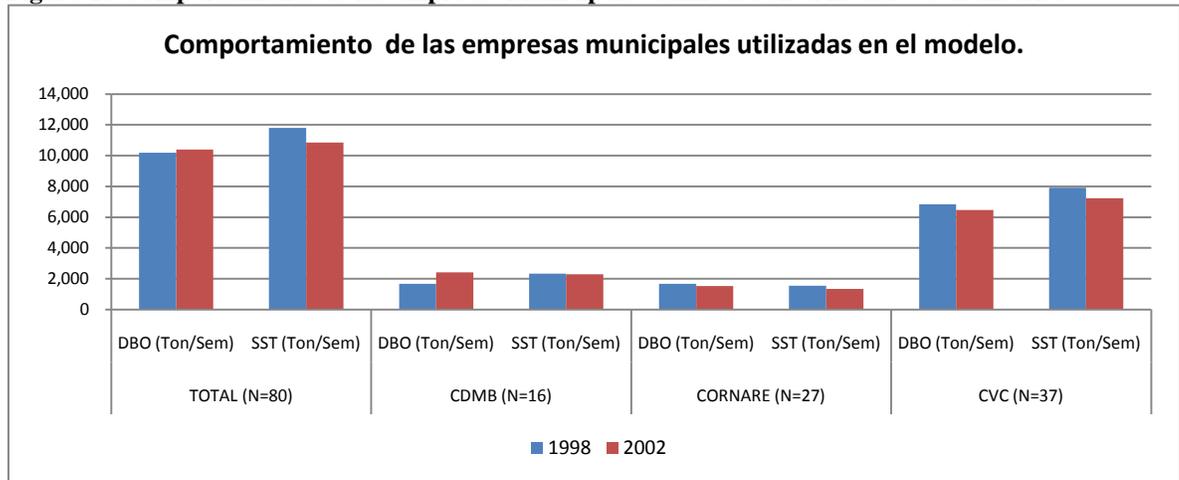


Tabla 14 Comportamiento de las carga de DBO y SST para las empresas municipales utilizadas en el modelo. Variaciones absolutas y porcentuales 1998 – 2002

	Municipios							
	TOTAL (N=80)		CDMB (N=16)		CORNARE (N=27)		CVC (N=37)	
	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	10,183	11,804	1,669	2,342	1,679	1,543	6,835	7,919
2002	10,402	10,860	2,414	2,286	1,531	1,334	6,457	7,239
Variación Abs	220	-944	745	-56	-147	-209	-378	-679
Variación (%)	2.16%	-8.00%	44.61%	-2.39%	-8.78%	-13.55%	-5.53%	-8.58%

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 SST<sup>48</sup>. Por lo tanto se esperaría que la variación de las cargas contaminantes se dé en el mismo sentido<sup>49</sup>.

<sup>48</sup> 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).

<sup>49</sup> 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.

Algunas explicaciones probables a este comportamiento son:

- Que durante el lapso de tiempo evaluado se haya dado la conexión al sistema de alcantarillado de industrias que sean intensivas en producción de DBO<sup>50</sup> y se hayan 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 puede alterar sustancialmente los resultados obtenidos.
- Y por último, cabría la posibilidad que algunos de los datos presenten problemas, pero sin información adicional, que permita contextualizar dichos datos, no se puede asegurar categóricamente la confiabilidad o no de los mismos. 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 por qué se generan estos cambios de comportamiento, aumento de suscriptores, instalación o adecuación de PTAR, entre otros. 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

---

50 Mataderos, industria de alimentos entre otros.

### 6.2.3. Resultados del modelo econométrico de primeras diferencias

En las tablas 15 y 16 se resumen los resultados del modelo econométrico.

**Tabla 15 Resultados del modelo de primeras diferencias para DINDBO**

Variable	Todas (1)			Industriales (2)			Municipios		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-14.585	-0.822	0.411	-23.098	-1.097	0.274	-21.302	-0.069	0.945
DINFRBO	0.111	0.789	0.431	0.125	0.725	0.469	0.007	0.028	0.977
DINPIB	0.704	1.194	0.233	0.795	1.304	0.194	16.207	0.126	0.900
DINCAR	0.023	0.902	0.368	0.016	0.540	0.590	0.059	1.110	0.271
	R-squared	0.016		R-squared	0.015		R-squared	0.033	
	F-statistic	1.78066		F-statistic	1.272		F-statistic	0.842	
	Prob F	0.150589		Prob F	0.285		Prob F	0.475	

**Tabla 16 Resultados del modelo de primeras diferencias para DINSST**

Variable	Todas (1)			Industriales (2)			Municipios		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	11.185	0.278	0.782	9.890	0.186	0.852	25.065	0.185	0.854
DINFRSST	0.116	0.352	0.725	0.198	0.440	0.660	-0.060	-0.526	0.600
DINPIB	0.727	0.535	0.593	0.674	0.430	0.667	-3.453	-0.061	0.951
DINCAR	-0.039	-0.654	0.513	-0.051	-0.658	0.511	-0.008	-0.326	0.745
	R-squared	0.002		R-squared	0.003		R-squared	0.017	
	F-statistic	0.265		F-statistic	0.227		F-statistic	0.432	
	Prob F	0.851		Prob F	0.877		Prob F	0.731	

Como se observa en la tabla 15, para los tres modelos de DINDBO, las variables seleccionadas, en su conjunto, no son explicativas de la variación de DBO emitida. (Estadístico  $F_t=1.781$ ,  $F_i=1.272$  y  $F_m=0.842$ )<sup>51</sup>. Esto quiere decir que los determinantes de las variaciones de la carga de DBO no fueron considerados en los modelos evaluados. En cuanto a la relevancia de cada una de las variables no se obtuvo ningún resultado estadísticamente significativo<sup>52</sup>

Para el caso de la variable DINSST (Tabla 16) las variables seleccionadas, según los resultados de los estadísticos F, se evidencia que los modelos, al igual que en el caso

<sup>51</sup> Los subíndices t, i y m hacen referencia a los modelos en los que se contemplaron todas las empresas, las industriales y las municipales respectivamente.

<sup>52</sup> 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%

---

anterior, no explican el comportamiento de las cargas en su conjunto. (Estadístico  $F_i=0.265$ ,  $F_i=0.277$  y  $F_m=0.432$ ).

Para interpretar este resultado es necesario tener en cuenta el supuesto, bastante razonable, de que las cargas presentadas en 1998 por las empresas serían similares a las que se tendrían antes de que les empezaron a cobrar las tasas (es decir, la situación sin el cobro de tasa retributiva); esto en virtud a que las empresas no han tenido suficiente tiempo para responder a este incentivo en 1998, ya que se empezaron a ser cobradas en el segundo semestre de 1997. En contraste, para el 2002 su comportamiento ya se habría ajustado a las señales económicas. Esto permite analizar si las reducciones generalizadas de los niveles de cargas vertidas, especialmente en las empresas industriales<sup>53</sup>, tuvieron relación con factores distintos al inicio de aplicación de las tasas.

En efecto, este modelo no permite medir directamente el efecto de haber pasado de una situación *sin tasas* a una situación *con tasas*, para medir si este cambio es una variable explicativa del cambio en los vertimientos de sustancias contaminantes. Esto en virtud a que este factor no pudo ser recogido por este modelo, ya que no se dispone de información de vertimientos realizados por empresas que no sean sujetos pasivos de las tasas retributivas. Por tanto, en el modelo todos los usuarios están bajo la condición de haber pasado de una situación *sin tasas* (situación inicial) a una situación *con tasas* (situación final)

Sin embargo, sí permite analizar si hay otros factores (distintos a pasar de una situación *sin tasas* a una situación *con tasas*), que pudieran estar incidiendo en los cambios en los vertimientos. Por ejemplo, podría suceder que los cambios en los vertimientos obedecieran a la mayor capacidad de gestión de las corporaciones como autoridades ambientales en general, y no a que se hayan empezado a cobrar las tasas. O que estas variaciones en los vertimientos obedecieran a cambios en los niveles de producción de las empresas (por ejemplo, reducción de vertimientos por reducción de niveles de producción de las empresas). Finalmente, podría verificar si los incrementos en las tarifas de las tasas ha tenido un efecto significativo en incrementos en la reducción de vertimientos.

Según los resultados de este modelo, los cambios en los vertimientos (reducción de la contaminación) no obedecen a las diferencias de capacidad de cada una de las corporaciones en el ejercicio de su función como autoridades ambientales: la variable proxy utilizada para medir capacidad de gestión (el porcentaje de cartera a recaudar con respecto a la facturación acumulada) no resultó ser significativa. Tampoco los cambios en los vertimientos contaminantes están significativamente relacionados con las variaciones en los

---

<sup>53</sup> En el período comprendido entre 1998 y 2002 para el modelo que contempla tanto empresas municipales como industriales se presentó una reducción de DBO vertida en términos agregados, pero para la corporación CDMB se presentó un aumento del 21.61%. Para el caso en el que se utilizó solo empresas no municipales se obtuvo una disminución para cada una de las corporaciones entre el 34.16% y el 72.32%. Para el caso de los municipios, la CDMB presentó un incremento en la cantidad vertida de DBO de 44.61%. Para el caso de SST la variación de carga vertida en todos los modelos es negativa, representando esto una disminución de los niveles de carga en el 2002 comparada con 1998.

niveles de producción de las empresas, expresados en las variaciones porcentuales de la producción del sector de la empresa. Por último, estos cambios tampoco permiten ser explicados por una elevación de las tarifas de las tasas, después de haberse iniciado el cobro de las mismas.

De esta forma, este modelo en primeras diferencias, por exclusión, permite concluir que los cambios en los vertimientos fueron expresados por un cambio en algún factor que no queda registrado en el modelo mismo. Este factor, de acuerdo con los resultados de los modelos de panel balanceado, puede ser precisamente el hecho de haber pasado de una situación *sin tasas retributivas*, a una situación *con tasas retributivas*. Es decir, este resultado es consistente con los resultados del panel balanceado; y permite descartar la incidencia significativa de factores distintos al cambio de situación de estar en un escenario sin tasas a haber pasado a un escenario con tasas. Todo ello sin los sesgos eventuales que pueden tener los modelos de panel balanceado por la existencia de eventuales variables omitidas.

Sin embargo, se esperaría que partiendo del supuesto, bastante razonable, que las cargas presentadas en 1998 por las empresas serían similares a las que se tendrían sin el cobro de tasa; debido a que estas no han tenido suficiente tiempo para responder a este incentivo, y que para el 2002 su comportamiento ya se habría ajustado a las señales económicas, las reducciones generalizadas; en especial de las industrias, de los niveles de cargas vertidas que se dieron tuviesen relación con la implementación de las tasas

No obstante las conclusiones a las que se ha podido llegar, por exclusión, es necesario mencionar que existen algunas posibles limitaciones en el empleo de este tipo de modelo para la información utilizada. A continuación se enlista dichas limitaciones

- Algunas de las variables explicativas (DFRSST, DFRDBO y DCAR) tienen un grado de variabilidad pequeño ya que sus valores oscilan en un rango reducido. Esto haría que exista la posibilidad de que la condición de no estacionalidad (condición 1 de la sección 6.2) impuesta por el modelo no se cumpla y genere estimadores con grandes errores estándar, y por ende, sin significancia estadística.
- Generalmente se utilizan 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.

## 7. CONCLUSIONES

La implementación de las tasas retributivas ha generado cambios de comportamiento en los contaminadores del sector industrial, más los resultados son ambiguos para los municipios. No obstante existe evidencia que el comportamiento de los municipios no responde a este tipo de incentivos económicos. 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, las empresas de acueducto y alcantarillado se ven enfrentadas a costos marginales de remoción muchos más altos que los valores de las tasas a la fecha del análisis.

Ante incrementos de una unidad del índice de factor regional de DBO se reduce en un 0.07% y un 0.05%, para todos los usuarios y para los usuarios industriales respectivamente, el índice de emisiones de dicho contaminante. Para el caso de los municipios resultó no ser significativa desde el punto de vista estadístico.

Ante el aumento de una unidad en INFRSST el nivel de índice de emisiones de sólidos disminuye en un 0.08% para todos los usuarios, 0.12% los industriales y 0.03% para los usuarios municipales.

Para el sector industrial, los resultados de la relación entre el nivel de producción del sector al cual pertenece el usuario y el nivel de emisión no es claro, ya que para el caso de la variable INDBO no resultó estadísticamente significativa mientras que para el caso de INSSST si resultó ser significativa y con signo positivo. Lo anterior implicaría, para el sector industrial, que un aumento en una unidad del índice de producción genera un aumento del 0.09% del índice de sólidos.

Para el sector industrial la variable proxy de eficiencia administrativa<sup>54</sup> de las corporaciones CAR, no tiene relación con el índice de emisión de DBO ni SST. Para el sector municipal los resultados no son concluyentes, pues para la variable INDBO resultó no ser significativa, mientras para el caso de los sólidos es significativa y tiene el signo esperado.

De igual forma la variable CAR resultó significativa estadísticamente para el caso de sólidos en el modelo que contempló todos los usuarios. En dicho caso sucedería que la eficiencia administrativa de las corporaciones genera menores niveles de emisión.

---

<sup>54</sup> 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.

De otra parte, según los resultados del modelo de primeras diferencias, los cambios en los vertimientos (reducción de la contaminación) no obedecen a las diferencias de capacidad de cada una de las corporaciones en el ejercicio de su función como autoridades ambientales. La variable proxy utilizada para medir capacidad de gestión (el porcentaje de cartera a recaudar con respecto a la facturación acumulada) no resultó ser significativa. Tampoco los cambios en los vertimientos contaminantes están significativamente relacionados con las variaciones en los niveles de producción de las empresas, expresados en las variaciones porcentuales de la producción del sector de la empresa. Por último, estos cambios tampoco permiten ser explicados por una elevación de las tarifas de las tasas, después de haberse iniciado el cobro de las mismas.

De esta forma, este modelo en primeras diferencias, por exclusión, permite concluir que los cambios en los vertimientos fueron expresados por un cambio en algún factor que no queda registrado en el modelo mismo. Este factor, de acuerdo con los resultados de los modelos de panel balanceado, puede ser precisamente el hecho de haber pasado de una situación *sin tasas retributivas*, a una situación *con tasas retributivas*. Es decir, este resultado es consistente con los resultados del panel balanceado; y permite descartar la incidencia significativa de factores distintos al cambio de situación de estar en un escenario sin tasas a haber pasado a un escenario con tasas. Todo ello sin los sesgos eventuales que pueden tener los modelos de panel balanceado por la existencia de eventuales variables omitidas.

## 8. RECOMENDACIONES

Debido a que los municipios 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 acoplar una serie de medidas técnicas, financieras y políticas<sup>55</sup> 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 ha sido 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 giren en torno a unas pocas corporaciones.

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.

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 identificado en el

---

<sup>55</sup> 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

---

Conpes 3177: “Desarticulación entre el Decreto 1594 de 1984 y 901 de 1997<sup>56</sup>. 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.

---

<sup>56</sup> 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 States 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 al. 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<sup>a</sup>, Luis et al. Aplicación del principio contaminador-pagador en América Latina. 2002. CEPAL- Serie medio ambiente y desarrollo No 47
- Castro<sup>b</sup>, 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.
  - Guerrero Suárez, Sandra Liliana. Evaluación de la racionalidad del plan de descontaminación del río Bogotá a partir del análisis de costo mínimo y tasa retributiva. Universidad Externado de Colombia. 2003
  - 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](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. 2005
  - 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. 2<sup>nd</sup> 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

<b>FASES Y ACTIVIDADES</b>
<b>FASE I: Línea Base</b>
1.1. Identificación de las cuencas y/o cuerpos de agua ( El Pareto) 1.2. Identificación de usuarios 1.3. Calculo de cargas puntuales de DBO5 y SST 1.4. Agrupación de usuarios y cargas por cuencas y/o tramos
<b>FASE II: Perfil de calidad de los cuerpos de agua</b>
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.
<b>FASE III: Establecimiento Objetivos de Calidad</b>
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.
<b>FASE IV: Establecimiento de Metas de Reducción</b>
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

**Análisis de la efectividad de las Tasas Retributivas  
en Colombia. Estudio de Caso**

**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

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 servicio<sup>57</sup>. 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 suministrada<sup>58</sup>.

Este traslado es aplicado por igual al sector doméstico y al industrial. Esta interpretación<sup>59</sup> 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.

---

<sup>57</sup> Artículo 14 del Decreto 901 de 1997 y artículo 18 del Decreto 3100 de 2003.

<sup>58</sup> Entrevista con Martha Patricia Cruz. Profesional Especializado de la EAAB. Gerencia Ambiental. Septiembre. 2006

<sup>59</sup> 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.