

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**



**FACULTAD DE ECONOMIA**

**EFFECTO DE LA TASA RETRIBUTIVA EN LA DESCONTAMINACION HÍDRICA  
INDUSTRIAL EN COLOMBIA-CASO DE ESTUDIO DE LA CVC**

**ASESOR: DR. RAMON ROSALES**

**PRESENTADO POR: LAURA MILENA ARDILA PALENCIA  
CODIGO 200418241**

**BOGOTA, ENERO 2009**

## **INDICE CONTENIDO**

1.INTRODUCCION	3
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	6
3.MARCO TEORICO	10
3.1 EXTERNALIDADES	10
3.2 IMPUESTOS Y NIVEL ÓPTIMO DE CONTAMINACIÓN	11
3.3 SITUACION EN COLOMBIA: IMPUESTOS VS INSTRUMENTO DE COMANDO Y CONTROL	14
4. MARCO EMPIRICO	15
4.1 METODOLOGIA	15
4.2. INFORMACIÓN UTILIZADA	16
4.3 MODELOS ECONOMETRICOS	17
4.4 RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS	21
4.5. ESTIMACIONES Y RESULTADOS MODELOS ECONOMETRICOS	29
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
6.BIBLIOGRAFIA	37

## **INDICE DE TABLAS**

TABLA 1 RESUMEN EVOLUCIÓN DE LA TASA RETRIBUTIVA EN COLOMBIA	14
TABLA 2 CLASIFICACIÓN DE GRUPOS, SEGÚN CLASIFICACIÓN CIUU	17
TABLA 3. VARIABLES DEL MODELO 1 DEMANDA AMBIENTAL DBO/SST	19
TABLA 4 MODELOS LOGIT	19
TABLA 5. VARIABLES DEL MODELO 2 PROBABILIDAD DE REDUCCION	21
TABLA 6 MODELO DEMANDA AMBIENTAL PARA DBO	29
TABLA 7 MODELO DEMANDA AMBIENTAL PARA SST	31
TABLA 8 MODELO LOGIT PARA DBO	32
TABLA 10 MODELO LOGIT	33

## **INDICE DE GRAFICAS**

GRAFICA 1 COSTO MARGINAL DE REDUCCIÓN Y EMISIONES	11
GRAFICA 2 REDUCCIÓN DE EMISIONES	11
GRAFICA 3 PENALIDAD MARGINAL ESPERADA	13
GRAFICA 4 EMISIONES DE DBO <sub>5</sub> Y SST DE LAS EMPRESAS A TRAVÉS DEL TIEMPO	21
GRAFICA 5 FACTURACIÓN DE DBO <sub>5</sub> Y SST DE LAS EMPRESAS A TRAVÉS DEL TIEMPO	22
GRAFICA 6 ANTIGÜEDAD DE LA EMPRESAS, VS CONTAMINACIÓN DE DBO <sub>5</sub> Y SST	23
GRAFICA 7 NUMERO DE EMPLEADOS, VS CONTAMINACIÓN DE DBO <sub>5</sub> Y SST	23
GRAFICA 8 CONTAMINACIÓN EMPRESAS SEGUN DBO	24
GRAFICA 9 CONTAMINACION EMPRESAS SEGÚN SST	24
GRAFICA 10 CONTAMINACIÓN DE DBO (TON) Y SST (TON) POR NDUSTRIAS	24
GRAFICA 11 CONTAMINACIÓN DE DBO <sub>5</sub> Y SST VS PAGO TOTAL POR EMISIONES	25
GRAFICA 12 CONTAMINACIÓN DBO <sub>5</sub> VS PAGO TOTAL	25
GRAFICA 13 CONTAMINACIÓN SST VS PAGO TOTAL	25
GRAFICA 14 REDUCCION DBO VS FACT TOTAL	26
GRAFICA 15 REDUCCION SST VS FACT TOTAL	26
GRAFICA 16 REDUCCION DBO VS FACT DBO	26
GRAFICA 17 REDUCCION SST VS FACT SST	26
GRAFICA 18 REDUCCIÓN DBO	27
GRAFICA 19 REDUCCIÓN SST	27
GRAFICA 20 CONTAMINACIÓN DE DBO <sub>5</sub> Y SST VS CRECIMIENTO	28

## **1.INTRODUCCION**

La industria Colombiana a través de los últimos años se ha visto “forzada” a cambiar la calidad y cantidad de las descargas de aguas residuales industriales generadas, dado su aporte importante en cargas contaminantes a fuentes hídricas.

Parte de esta industria “contaminadora”, es la industria manufacturera colombiana, que aporta el 14 % del PIB nacional [19].

Esta industria creció, poblando ciertas zonas específicas del país formando diferentes corredores industriales, los cuales no están distribuidos estratégicamente. Tal es el caso del Corredor Bogota-Soacha donde se concentra 24 % de la industria nacional, alejado de zonas marítimas cercanas a puertos o a ríos de alta navegabilidad.

Este crecimiento económico poco organizado y planificado, se ha visto reflejado en el incremento en su producción, al igual que el incremento de generación de desechos, especialmente el de aguas residuales industriales. De acuerdo con estudios del Ministerio de Medio ambiente, el 85% de los aportes de estas aguas residuales industriales se vierten sin tratamiento adecuado (Black 1999 [3])

Dada la falta de planificación, información, construcción de alcantarillados, entre otros, se empezaron a verter las aguas residuales industriales a las fuentes hídricas mas cercanas sin ningún tipo de consideración del daño ambiental que estaban generando; mas en el caso donde se empezó a descargar residuos altamente contaminantes a fuentes hídricas que no tienen capacidad de alta de resiliencia y no tienen capacidad para soportar dichas cargas tan altas.

Debido a esto las autoridades ambientales, corporaciones autónomas regionales, Ministerio de Medio Ambiente, ONG, etc, han tratado de ponerse al frente de esta situación por medio de diferentes mecanismos con el fin de buscar, que las empresas disminuyan sus descargas contaminantes, ya sea a los efluentes naturales o alcantarillados.

Las empresas colombianas deben cumplir la normatividad exigida (Decreto 1594/1984 del Ministerio de Salud- Ley de vertimientos<sup>1</sup>), viéndose con algunas dificultades para cumplir con los objetivos de este instrumento de comando y control de descontaminación, ya sea por altos costos iniciales de inversión (cambios productivos, colocación de plantas de tratamiento, etc), desconocimiento de la norma, falta de información o guía para resolver el problema de vertimientos o simplemente falta de interés por baja conciencia ambiental. Adicionalmente en Colombia la presión de la comunidad es insignificante a la hora de realizar estas inversiones (Cruz, 2002 [11]) por lo cual reduce el incentivo de cumplimiento de norma.

Por otro lado las empresas que vierten mayor cantidad de contaminantes deben realizar mayores inversiones, lo cual le implica un mayor esfuerzo económico para las empresas por su alto costo marginal de reducción de la contaminación; siendo así un problema difícil de resolver el tener que controlar sus descargas por medio del cumplimiento de la normatividad de comando y control.

Por esta razón se creó la tasa retributiva, con el fin de lograr que las empresas cambiaran o combinaran el instrumento de comando y control, por un instrumento económico (impuesto costo-eficiente), donde se reconozca el costo marginal de reducción de la contaminación de las empresas y se logre tener reducciones significativas. De acuerdo con Rudas en el 2006 [23] con una tarifa máxima de tasa retributiva en el valor de la tasa se reduciría la contaminación al 50% para el caso de Bogotá.

De igual manera las corporaciones han visto dificultada su misión de ente regulador, por diferentes razones (baja capacidad de monitoreo, problemas de implementación, baja capacidad de control, etc), lo cual ha hecho que algunas empresas tengan un control del vertimiento de sus residuos y otras no.

El gobierno ve con preocupación esta situación, dado que no hay la suficiente capacidad de monitoreo, no todas las corporaciones iniciaron su programa al mismo tiempo y las empresas evaden a la hora de verter las aguas. Sin embargo con todo y estos inconvenientes que presenta el

---

<sup>1</sup> Decreto 1594/1984 es el decreto que actualmente rige como instrumento de comando y control, para vertimientos de contaminación de DBO y SST para todas las descargas a nivel Nacional.

impuesto económico, se ha evidenciado que los niveles de vertimientos reaccionan al cobro de esta tasa retributiva (Castro [9]).

Por medio de este documento se analiza el efecto de la tasa retributiva en la descontaminación hídrica en la industria colombiana (sector manufacturero).

Se pretende identificar el tipo de comportamiento de las empresas frente a sus descargas industriales, desde el momento en que la CVC se empezó a registrar estas cargas contaminantes (DBO y SST) y cobrar la tasa retributiva, con el fin de determinar si se logra o no reducir la contaminación significativamente. Con este comportamiento se verifica o no el éxito de este impuesto en una corporación autónoma específica (CVC) que tiene que controlar un gran corredor industrial muy heterogéneo. Así mismo se busca identificar las empresas con mayor efecto ambiental de acuerdo a sus vertimientos y verificar si se cumplen o no las teorías de implementación de instrumentos económicos (tasas retributivas). Se evalúa la reacción de las industrias frente al pago de las tasas (por medio de la facturación de cada contaminante), ya sea logrando reducciones de cargas o emisiones continuas sin reducciones significativas. Finalmente se dan recomendaciones de política como herramientas de evaluación para mejorar o no el cobro de la tasa de acuerdo a su tasa actual y a los efectos observados de probabilidad de reducción de la contaminación.

En este documento se hace una revisión de la evolución de los impuestos ambientales. Especialmente un breve recuento a nivel nacional de cómo se ha trabajado el tema y de la contribución de algunos autores en este tema en general. Luego se parte de dos modelos econométricos donde se evalúan las variables de contaminación y probabilidad de reducción de la contaminación. Esto se realiza utilizando una base de datos tipo panel construida a partir de la organización de una información suministrada por el MMAVDT<sup>2</sup>, encuesta anual manufacturera y otra base de datos privada que cuenta con información de tamaño de empresas, clasificación y antigüedad.

---

<sup>2</sup> MMAVDT: Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Muchos autores han mostrado como ha evolucionado la tasa y si ha tenido algún efecto o no en su mayoría en forma general o a nivel doméstico. Pocos estudios se han realizado en contexto industrial manufacturero. Los que hay, se han realizado haciendo uso de datos del DANE, MAVDT y Encuesta Anual Manufacturera. En este caso de estudio se toma solo una Corporación que es de las mas antiguas y que han reportado de manera ordenada los datos (CVC), con un corredor industrial y de esta manera realizar un estudio evaluativo de una sola Cuenca para poder evaluar el efecto de la tasa.

## **2. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

Muchos países a nivel mundial han trabajado los modelos de impuestos costo eficientes de acuerdo a la teoría que se revisara mas adelante. Importantes avances se han realizado en la búsqueda de la evaluación de reducción de costos marginales de la contaminación de las industrias por medio de instrumentos económicos, en el caso específico de Colombia.

Algunos documentos se refieren específicamente a la comparación de instrumentos de comando y control vs. Instrumentos económicos y han hecho evaluaciones del funcionamiento de la tasa retributiva, con casos específicos de la efectividad de esta (Black 2001 [4]). La mayoría de estudios trata de la situación de las descargas domésticas y poco, pero algo de forma general se ha avanzado en el tema industrial. Esto debido a la dificultad de recolectar la información de las industrias y la poca información existente.

A parte del MMAVDT y las CAR'S <sup>3</sup>, otras instituciones y empresas como el Banco Mundial, PNUD, CAEMA, CEPAL, PNUMA han contribuido con valiosa información en el tema.

Uribe [27] hace un informe completo de las características de la contaminación hídrica colombiana de acuerdo a los corredores industriales con lo cual da una idea del primer acercamiento de la contaminación hídrica en Colombia.

---

<sup>3</sup> CAR'S. Corporaciones autónomas regionales

Castro y Castro en el 2002 [8,9] hacen una evaluación de tasas retributivas, por vertimientos hídricos, en términos de efectividad ambiental y eficiencia económica. Encuentran que la tasa retributiva debe ser mas flexible, menos costosa y mas compatible con las necesidades de crecimiento económico. Encuentra que con la tasa se logra reducciones significativas en inversión en PTARS<sup>4</sup>, y se muestra que los logros en reducción de vertimientos industriales significativos son de la CVC y Cornare.

Adicionalmente “El programa de tasas racionaliza la inversión para reducir vertimientos en el sector industrial” (Castro, 2002 [9]), encontrando un costo muy alto en comando y control. En el caso de la CVC muchas empresas cuentan con plantas de tratamiento que han implementado para poder reducir emisiones. Estas plantas son mal operadas, no cuentan con buenas tecnologías o tratamientos incompletos por lo cual no racionaliza del todo la inversión para reducir la contaminación como argumenta Castro [9].

De igual manera Castro y Caicedo en el 2002 [6] muestran que otros mecanismos de reducción, están dados por la vía de la producción mas limpia, logrando reducir 24% de descargas en DBO y 65% en SST en el caso del sector azucarero.

La universidad de los Andes y otras universidades como la Javeriana se han enfocado en la evolución de la tasas y como ha sido su funcionamiento. Rudas en el 2006 [23] realizo un gran estudio sobre impuestos costo-eficientes, estimó una función de costos de PTARS con diferentes tasas para el caso de Bogotá, demostrando que las empresas aun con una tasa máxima permitida, reducen mas que las empresas con costos marginales de tratamiento mayores a estas tarifas, cercanas al 50% de los vertimientos actuales. Sin embargo las empresas reductoras por tarifas máximas serian muy pocas. El uso información directa del DANE y del DAMA<sup>5</sup>

Lozano [18] Realizó 33 encuestas a 4 CARS diferentes llegando conclusiones como: No eficacia del sistema de comando y control, No buena implementación de la tasa, donde todas las evaluaciones reportan problemas hídricos. Cabe anotar que este estudio fue hecho en el año 1999 con solo dos años de instauración de tasa retributiva.

---

<sup>4</sup> PTARS. Plantas de tratamiento de aguas residuales

<sup>5</sup> Hoy secretaria de medio ambiente, antiguamente DAMA

Castro y Bonilla en el 2003 [7] por su parte realizan un modelo econométrico de probabilidad de reducción, de demanda y oferta ambiental para evaluar la efectividad de las tasas, encontrando que la tasa ha sido un buen instrumento, dado que las empresas responden a disminución de emisiones, argumentando que la ausencia de regulación no mejora probabilidad de reducir emisiones siendo cercana a nula la reducción de las empresas. Este estudio ya muestra 5 años de seguimiento de tasa por lo cual ha tenido un mayor recorrido y por ende mayor argumentación para mostrar la eficacia o no de este instrumento.

Urrego en el 2003 [28] por su parte determina si los indicadores de desempeño ambiental, están afectando y en que medida el comportamiento de los vertimientos de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST<sup>6</sup> en las fuentes hídricas. Usó información del DANE por lo cual puede presentar diferencias en las emisiones reportadas por las Corporaciones autónomas. Concluye que con un aumento de US\$ 1000 de inversión se reduce 2.6 % en SST. En este caso se tiene la información por sectores industriales.

El último estudio realizado por Galarza [15] en sus tesis analiza como ha sido la efectividad de la tasa retributiva en Colombia y hace diferentes modelos para la CVC, Cornare, CDMB con información directa del Ministerio del reporte de las corporaciones. Encuentra que en el sector industrial se han hecho reducciones significativas con la tasa retributiva mientras que no se evidencia lo mismo en el sector domestico.

En este documento se usaron tres estudios bases para compararlos con estos nuevos resultados. Revisando el modelo econométrico de Castro [7], Galarza [15] y Rudas [23], donde los primeros evalúan varias corporaciones incluyendo la CVC en diferentes periodos pero lo hacen para todos los usuarios reportados<sup>7</sup>. En este estudio se clasificó el sector manufacturero que es el que tiene mayor problema de contaminación. El primer estudio utilizó dos modelos de demanda y oferta ambiental. El segundo estudio mira el valor facturado y recaudado y hace un estudio de

---

<sup>6</sup> DBO<sub>5</sub>. Demanda biológica de oxígeno. Se puede denominar DBO solamente. DQO: Demanda química de oxígeno. SST: sólidos suspendidos totales.

<sup>7</sup> La Corporación designa dos tipos de usuarios domésticos residenciales que son los reportados por las empresas prestadoras de servicios públicos y los usuarios industriales. En los usuarios industriales se toman vertimientos de industrias, hoteles, moteles, estaciones de servicio condominios, colegios, etc. Estos últimos usuarios no presentan cargas significativas en cuanto a calidad y cantidad y no están involucrados en ningún tipo de proceso de producción. No se tienen en cuenta en este estudio. Únicamente empresas que aportan como sector manufacturero productivo clasificadas en el CIU.



primeras diferencias entre el cambio de carga de DBO entre 1998-2002. Adicionalmente realizó un modelo log y semilog de las cargas emitidas, PIB, factor regional del momento y proporción de cartera no cobrada vs facturada. De acuerdo a Castro [7] el valor recaudado se utiliza para ver efectividad de la corporación en su gestión de recaudo pero encontró que no es significativo, por lo cual no se utilizó sino el valor de la facturación por cada contaminante. Castro realizó adicionalmente un modelo tipo logit usando una variable Dummy de reducción o no de la contaminación. Rudas [23] hace un estudio para el caso de Bogota desarrollando una función doblemente logarítmica del costo total de la planta de tratamiento (costo de oportunidad de la inversión, más costos de operación).

Estos documentos son guía del presente estudio, donde se muestran las primeras aproximaciones de la evolución de la tasa retributiva en Colombia en su primer Quinquenio.

A nivel internacional se han hecho estudios dentro de los cuales Stavins en el 2002 [25], estudia los instrumentos económicos como política ambiental haciendo una revisión de la experiencia en el mundo y da categorías de estos instrumentos de acuerdo a como cada país instala las tasas, concluyendo que no siempre se ha logrado obtener buenos resultados de reducción. Hace un buen resumen a nivel internacional del manejo de las descargas y de las tasas tales como: Holanda, que cuenta desde 1970 con un impuesto exitoso a las descargas de metales pesados para grandes cargas en ciudades y empresas. Alemania cuenta con un impuesto de las descargas de aguas residuales desde 1981 combinado con un mercado de ingresos por este control de contaminación. Las empresas prefieren invertir en PTARS a pagar altas tasas. Francia tiene un sistema de tasas desde 1969 de cargas contaminantes, donde los ingresos son invertidos en infraestructura en agua y control de contaminación, por lo que la tasa es realmente baja y ha sido criticadamente internamente. Checoslovaquia introduce la tasa en 1960, Bulgaria, Hungría y Polonia en 1970 y la Unión Soviética en 1980. Polonia es el único país de este grupo que logro reducir sus emisiones. La China evalúa 29 contaminantes en agua residual. Las empresas deben pagar un impuesto de contaminación mayor a los estándares de regulación para cada una de las sustancias. Actualmente las tasas de la China son menores que el costo marginal de reducción. Filipinas de igual manera comenzó con las tasas retributivas desde 1997 pero el programa solamente esta activo en la ciudad de Laguna. México al igual que Colombia es de los pocos países

latinoamericanos que tiene tasas. En el primero la mayoría de empresas no paga y en Colombia seguimos haciendo diferentes evaluaciones para ver su efectividad en la que algunos dicen que no ha sido buena mientras otros afirman que sí como se ha mostrado en los estudios anteriores.

### **3.MARCO TEORICO**

#### **3.1 EXTERNALIDADES**

El concepto de externalidad está dado por el efecto o consecuencia generado por las acciones de un agente (persona o empresa) sobre el bienestar de uno o más terceros.

Varios autores han dado su definición desde el punto de vista de externalidad de contaminación como Baumol & Oates, 1975 [1], donde dan dos condiciones para que se cumpla una externalidad:

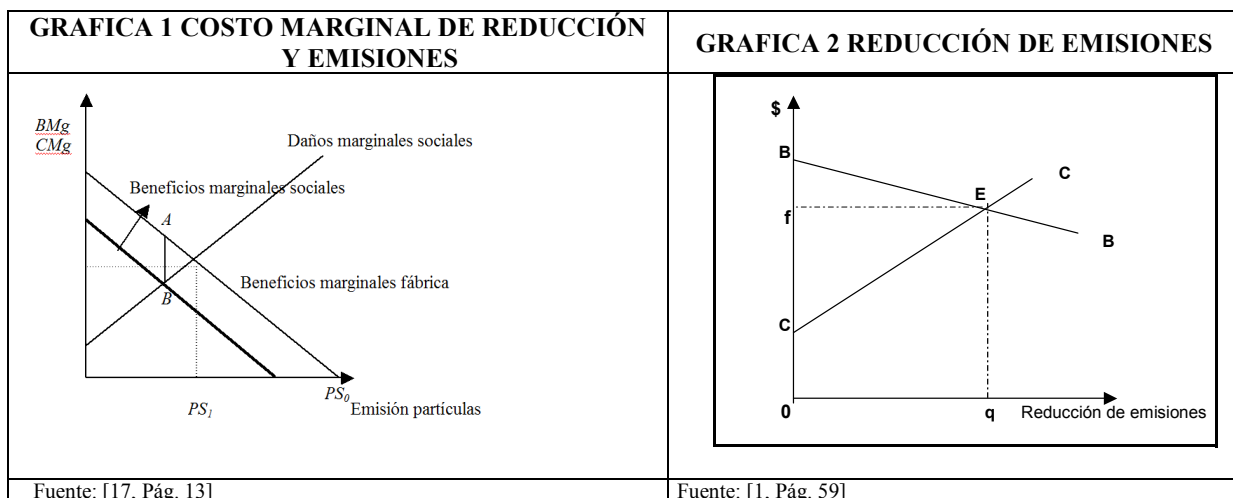
1. Una externalidad se presenta cuando la función de utilidad o producción de algún individuo (denominado A), incluyan variables reales, cuyos valores son elegidos por otros (personas, corporaciones, gobierno) sin particular atención en los efectos del bienestar del individuo A [1].
2. Cuando el agente generador no paga (incurre en costos), en compensación por su actividad, una cantidad igual en valor a los beneficios o costes marginales ocasionados

Resumiendo esto, se dice que la contaminación (en este caso hídrica) genera una externalidad negativa, por las actividades contaminadoras de las empresas (agentes) por pérdida de bienestar a los otros sin ser compensada.

### 3.2 IMPUESTOS Y NIVEL ÓPTIMO DE CONTAMINACIÓN

Dadas las externalidades presentes, se deben buscar mecanismos para que estos agentes contaminadores no produzcan esta externalidad negativa, ya que el mercado por si solo no logra ser eficiente. Es así como el economista ingles Arthur Pigou, a inicios del siglo XX, introduce el concepto de “El que contamina paga”.<sup>8</sup> Si el generador de la externalidad paga por unidad emitida de contaminación, logrará corregir esta falla de mercado, obteniendo así pagar lo menos posible. Lo que se busca con esta forma de regulación (impuestos) es provocar a un comportamiento óptimo en estos agentes contaminadores.

Este tipo de impuestos permite encontrar un nivel óptimo de contaminación, donde se incorpora al contaminador los costos ambientales y sociales. Se debe colocar un impuesto donde el daño marginal social se iguale al costo marginal de descontaminación. En la siguiente gráfica No 1 se muestra esta situación. Los beneficios por contaminar y los costos están dados por la curva de beneficio marginal del ente contaminador (privado-empresas) y el daño marginal a terceros generados por la contaminación emitida. La curva de beneficios marginales sociales muestra los verdaderos beneficios para la sociedad, que se deben emitir. La línea **A-B** determina el impuesto que debería cobrarse con el fin reducir el daño marginal ( Pasar de  $PS_0$  a  $PS_1$ ).



<sup>8</sup> Arthur Pigou fue de los primeros economistas en tratar el tema de externalidades introduciendo este dicho popular.

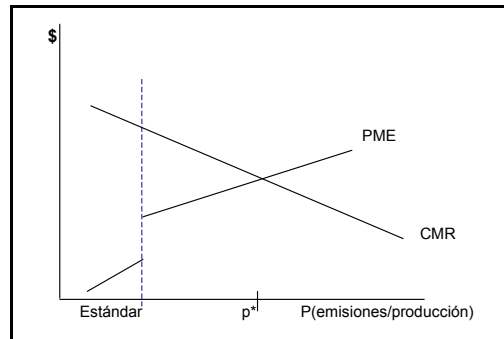
Dado que un impuesto pigoviano es difícil de implementar, ya que se debe contar con la información de dos funciones (daño marginal social y costo marginal de descontaminación se debería optar por otro tipo de solución. Esta primera aproximación fue realizada por Baumol & Oates [1], donde plantean un segundo mejor en lugar de un primer mejor, mediante la imposición de un impuesto  $p$  precio por contaminar, que de la solución de mínimo costo.

En la gráfica No 2 se ve la cantidad total de reducción de emisiones Vs su costo. La curva **BB** (en la figura) indica beneficio marginal social de reducción de emisiones como una función de la cantidad de emisiones que realmente han sido eliminados. La curva **CC** indica daño marginal. El punto **E**, es el punto óptimo donde el costo marginal y beneficio marginal es igual. Este punto es alcanzado, imponiendo un impuesto  $f$  por cada unidad emitida de contaminante que debe pagar el contaminador; por otro lado el contaminador decide reducir sus emisiones. Cuando este impuesto  $f$  es menor que el costo marginal el contaminador decide pagar el impuesto y sigue contaminando. Si este impuesto es mayor que el costo marginal, el contaminador decide descontaminar (disminuir sus emisiones), en lugar de pagar el impuesto.

En economía ambiental se ha trabajado mucho con el modelo teórico de costo marginal de la contaminación, y cada uno de los diferentes autores han mostrado que para reducción de contaminación es mejor usar instrumentos de comando y control, dado la dificultad de encontrar el daño marginal, mientras que otros hablan que un impuesto costo efectivo es mas viable que un estándar o meta de reducción.

El modelo teórico de Dasgupta, Hettige y Wheeler del 2000 [13], ha sido muy utilizado, donde la minimización de costos de la contaminación, esta dado por la intersección entre la curva de costo marginal de reducción (**CMR**) y la curva de penalidad esperada (**PME**).

**GRAFICA 3 PENALIDAD MARGINAL ESPERADA**



Fuente: [13]

La grafica No 3 muestra los costos marginales de reducción de la contaminación, de acuerdo a las cantidades emitidas para estándares ambientales y tasas retributivas, con la cual se busca encontrar el punto minimizador de costos, donde **PME** (penalidad marginal esperada) = **CMg** (costo marginal de reducción). La **PME** aumenta a medida que aumenta el numero de emisiones, que equivale al costo en que incurre la empresa para pagar por cada unidad contaminante. Cuando se pasa el valor permitido ( línea discontinua-Estándar), la curva da un salto. A medida que la empresa disminuye sus emisiones, aumenta el costo marginal. De este costo marginal de reducción también se deriva la función de demanda ambiental que describe la intensidad de contaminación industrial para el precio de la contaminación. Esta evaluado por Castro en el 2003 [7].

Por otro lado una empresa sigue emitiendo hasta el punto donde su costo marginal de reducción sea igual al costo marginal financiero de pagar el impuesto como se dijo anteriormente; lo que indica que el impuesto es igual al precio sombra de calidad ambiental y al daño ambiental que genera de acuerdo al tipo de contaminante y la calidad del medio receptor. Por esta razón el impuesto debería ser diferente para todas las firmas. De acuerdo a Ibáñez [17] “el impuesto a las emisiones debe ser igual al daño marginal infligido por la firma generadora y, por tanto, varía de acuerdo al nivel de emisiones “.

A continuación se hace un breve recorrido de como ha sido la situación en Colombia en virtud del pago de tasas retributivas o PME descrita anteriormente y de estos estudios realizados, para determinar si actualmente se esta cumpliendo o no con estas teorías y como se están aplicando para el caso de Colombia.

### 3.3 SITUACION EN COLOMBIA: IMPUESTOS VS INSTRUMENTO DE COMANDO Y CONTROL

Colombia actualmente enfrenta dos tipos de regulación ambiental. Comando y control (% mínimo de reducción de contaminante) y por otro lado debe pagar la tasa retributiva; esta es un instrumento económico de regulación ambiental que ha tenido un inicio “temprano” en Colombia el cuál ha venido teniendo ciertas reformas y reestructuraciones. A continuación se muestra en la tabla 1 de la evolución desde el momento en que se instalo la tasa hasta el día de hoy. Esto con el fin de evaluar que el cambio de normatividad hace que cambie el comportamiento de los usuarios también.

**TABLA 1 RESUMEN EVOLUCIÓN DE LA TASA RETRIBUTIVA EN COLOMBIA**

AÑO	DECRETO/RESOLUCIÓN	DESCRIPCION
1974	Decreto 2811 Código Nacional de Recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente	Artículo 18. Aparece el término de tasas por la utilización directa o indirecta del medio ambiente cuando se vierten residuos sólidos, aguas negras o servidas causadas por producción lucrativa. No se pudo aplicar hasta que se definiera las actividades lucrativas.
1984	Decreto 1594 del Ministerio de Salud	Artículo 72 de las normas de vertimiento. Artículo 72. todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir con valore máximos permitidos (en porcentaje de remoción) Artículo 142 se estableció el factor de cálculo, forma de pago, periodicidad y organismo encargado de recaudar y ejecutar programas con el dinero de las tasas. Esto nace teóricamente bajo supuestos de teoría macroeconómica de externalidades positivas. Esto fue algo complejo de valorar dado la no suficiente información, por lo cuál no tuvo éxito y aceptación.
1993	Ley 99 Ministerio de Medio Ambiente.	Se introduce el concepto de daño y costo ambiental, donde la persona o ente quien haga mal uso o inadecuado del medio ambiente tendrá que realizar un pago de un impuesto. “El que contamina paga”
1997	Decreto 901 Ministerio de Medio Ambiente.	Reglamentación de las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas. Artículo 42 sobre tasas retributivas y compensatorias.
1997	Resolución 0273 Ministerio de Medio Ambiente.	El cobro de la tasa se hace de acuerdo con la “Carga Contaminante” de cada fuente (CC). $CC = Q \times C \times T$ $T_m$ (valor mínimo tasa) = $CC \times P$ Tasa = $T_m \times Fr$ (factor regional) Fijación mínima tarifas \$39.50/KgDBO <sub>5</sub> y \$ 16.90/kgSST
1998	La Resolución 372 Ministerio de Medio Ambiente.	Tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos.
2001	Resolución 81 Ministerio de Medio Ambiente.	Por la cual se adopta un formulario de información relacionada con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos
2003	Plan nacional de desarrollo	Artículo 90. Estipuló que el recaudo de las tasas debe ser dirigido a quien genera esta en cuanto remoción de la carga contaminante y análisis de la calidad del agua.
2003	Decreto 3100 Ministerio de Medio Ambiente.	Se deroga el decreto 901. dándole importancia en la destinación de los recursos generados por la tasa.
2004	Decreto 3440 Ministerio de Medio Ambiente.	Donde se modifica el decreto 3100 del 2003. Cobro de tasa retributiva por vertimiento puntual

Fuente. Laura Ardila

Algunas Corporaciones, o Departamentos Administrativos de Medio Ambiente de cada ciudad y región determinan su plan de cumplimiento de acuerdo a su cuenca o sitio de vertimiento donde especifican el valor mínimo permitido de descargas a cuerpos de aguas. Estas descargas se deben contrastar con las tasas retributivas que igualmente tienen que pagar los usuarios.

#### **4. MARCO EMPIRICO**

##### **4.1 METODOLOGIA**

Se quiere determinar el efecto positivo (disminución) o negativo (aumento) de pago de tasas retributivas por contaminación industrial y la probabilidad de reducción de la contaminación. Para esto se uso básicamente la información de una sola corporación la de la CVC<sup>9</sup>, dado que es de las pocas corporaciones que cuenta con un buen reporte de contaminación, pago y tiene información de la contaminación antes de instaurarse la tasa (1995-1997). Es importante recalcar que no todas las corporaciones reportan de la misma manera o tienen limitaciones a la hora de recoger la información y solo se tuvo acceso a una parte de la información por parte del MMAVDT del primer quinquenio de la tasa (1998-2002). Para el segundo quinquenio (2003-2007) la CVC dejo de implementar la tasa entre el 2003-2004 y primer semestre del 2005 por razones jurídicas, y solo se tuvo el dato del año 2006. Por lo que hacer la evaluación de los dos quinquenios completos es imposible, pero lo hace interesante es ver como se comportó la industria 4 años después de dos periodos sin tasa. Sin embargo se logra capturar un importante resumen de empresas que representan diferentes sectores manufactureros con diferentes emisiones en diferentes años antes de tasa, 5 años seguidos de la tasa y cuatro años después del primer quinquenio. En el caso de estudio, la CVC coloca un factor regional de 1 para DBO , que aplica las mismas condiciones para todas las firmas, donde se cobra un monto total por cada contaminante y no esta definido por la calidad del medio receptor (Río Cauca), como establece la normatividad y sugieren diferentes autores. Para el caso de SST se tiene un factor regional de 1.5 en tres periodos.

---

<sup>9</sup> CVC: Corporación autónoma Regional del Valle del cauca

## 4.2. INFORMACIÓN UTILIZADA

1. La información utilizada fue obtenida directamente del grupo de Análisis Económico del Viceministerio de Ambiente del MMAVDT. Allí se obtuvo información de las diferentes CAR'S de emisiones de DBO y SST. Adicionalmente se contó con información de pago de tasas retributivas a través del tiempo. Se organizó para la CVC la parte que corresponde a sector industrial y se selecciono un grupo de 69 empresas que presentan el reporte de descargas desde el año 1995-2002. y 2006.

Con esta información se construyó una base de datos panel, para estas empresas de diferentes sectores con 376 observaciones iniciales en total. Cabe anotar que este panel se encuentra desbalanceado, dado que no todas las empresas reportan completamente o no se tienen los datos completos para todos los años. Para el análisis econométrico se utilizó la información de los años 1998<sup>10</sup>-2006, teniendo un total de 369 observaciones. El valor de pago de tasas se actualizó de acuerdo al IPP para cada año.

2. La CVC cuenta con un grupo muy heterogéneo del sector manufacturero, por lo cual se clasificaron las industrias dependiendo del tipo de proceso productivo de acuerdo a la clasificación del CIUU del DANE. Esto se realizó por medio de una base privada. Adicionalmente en esta base se encontró la antigüedad de la empresa y numero de empleados. Para evaluar el crecimiento industrial se utilizó la Encuesta Anual Manufacturera y se tomó la producción bruta en miles de pesos de acuerdo a cada sector industrial para el valle del Cauca desde el año 1999 hasta el 2006. Se calculó el crecimiento industrial como el cambio de la producción bruta deflactada por el IPP del año.

En la base de datos se tienen muestras representativas de todos los sectores industriales. A continuación se muestra la tabla No 2 donde se aprecia la forma como se agruparon las empresas para introducirlas en la base de datos y manejarla por 5 grupos de categorías diferentes, según afinidad del tipo de industria.

---

<sup>10</sup> En el año 1998 se inicia el cobro de la tasa retributiva. La CVC reporto valores de descargas desde el año 1995



**TABLA 2 CLASIFICACIÓN DE GRUPOS, SEGÚN CLASIFICACIÓN CIUU.**

<b>NOMBRE</b>	<b>CLASIFICACION CIUU<sup>11</sup></b>	<b>DESCRIPCION DE INDUSTRIA</b>	<b># EMPRESAS</b>
Alimentos y bebidas	15	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	22
	16	Fabricación productos de tabaco	
Textiles, cueros y confección	17	Fabricación de productos textiles	14
	18	Fabricación de prendas de vestir: preparado y teñido de pieles	
	19	Curtido y preparados de cueros	
Papel, madera e imprenta	20	Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles	11
	21	Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón	
	22	Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones	
Químicos, caucho, cerámicos y plásticos	23	Coquización, fabricación de productos de la refinación de petróleo y combustible nuclear	11
	24	Fabricación de sustancias químicas básicas	
	25	Fabricación de productos de Caucho y de plástico	
	26	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	
Metalurgia, Maquinaria, Automotriz, equipos, instrumentación y otros	27	Fabricación de productos metalúrgicos básicos	11
	28	Fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor	
	29	Fabricación de maquinaria y equipo ncp	
	30	Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática	
	31	Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos ncp	
	32	Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos	
	33	Fabricación de instrumentos médicos óticos y de precisión y fabricación de relojes	
	34	Fabricación de vehículos automotores y sus motores	
	35	Fabricación de otros tipos de equipos de transporte	
	36	Fabricación de muebles; industrias manufactureras ncp	
	37	Reciclaje	

Fuente: Laura Ardila

### 4.3 MODELOS ECONOMETRICOS

Se desarrollan dos modelos. El primer modelo econométrico de primeras diferencias por efectos fijos. Donde se ve el cambio y comportamiento de las emisiones de DBO y SST de acuerdo la facturación<sup>12</sup> de cada contaminante<sup>13</sup> y al crecimiento industrial para cada sector industrial manufacturero.

El segundo un modelo de probabilidad de emisión de reducción de la contaminación de acuerdo a otras variables independientes que se describirán posteriormente.

<sup>11</sup> Clasificación Industrial Uniforme de todas las Actividades Económicas Revisión 3 Adaptada para Colombia (CIUU Rev 3 A.C) . Los 2 primeros dígitos del código asignado por la ONU

<sup>12</sup> Variable de facturación total por contaminante. También conocida como Monto a pagar.

<sup>13</sup> En Colombia la tasa se cobra por descargas de DBO5 y SST por lo cual la evaluación de la contaminación se hace por estos dos parámetros.

Los modelos econométricos desarrollados se describen a continuación:

*1. Modelo de Demanda Ambiental:*

Se desarrolló un modelo de primeras diferencias.

- Para DBO:  $\Delta \text{LogDBO}_i = B_0 + B_1 \Delta \text{LogfacturaDBO}_i + B_2 \text{Crecimiento}_i + \Delta U_i$

- Para SST:  $\Delta \text{LogSST}_i = B_0 + B_1 \Delta \text{LogfacturaSST}_i + B_2 \text{Crecimiento}_i + \Delta U_i$

$\Delta$  = Definido como el cambio que ocurre entre el primer y segundo periodo. Se calculó como la diferencia del Periodo final (t-1) menos el periodo inicial (t).

Crecimiento: Diferencia del logaritmo de la producción del periodo final (t-1) menos el logaritmo de la producción bruta del periodo inicial (t). Este crecimiento es por cada tipo de industria clasificada en la tabla 2. Este crecimiento puede ser positivo o negativo.

Se espera que el comportamiento de los coeficientes sea de la siguiente manera:

$B_1 < 0$ , para ambos casos. Indica que el cambio de la facturación disminuye el cambio en la emisión por cada contaminante.

$B_2 < 0$ . El crecimiento industrial debería aumentar el cambio de las emisiones.

A continuación en la tabla No 3 se muestra el listado de las variables que intervienen en el modelo 1 de demanda ambiental para DBO y SST

**TABLA 3. VARIABLES DEL MODELO 1 DEMANDA AMBIENTAL DBO/SST.**

ID	VARIABLE	TIPO	DESCRIPCION	UN
1	$\Delta \text{LogDBO}_i^{14}$	Dependiente	Cambio en cantidad emitida del contaminante DBO <sub>5</sub> por cada industria i en el año t (periodo final) – t-1 (periodo inicial)	Kg/año
2	$\Delta \text{Log SST}_i$	Dependiente	Cambio en cantidad emitida del contaminante SST por cada industria i en el año t (periodo final) – t-1 (periodo inicial)	Kg/año
3	$\Delta \text{LogFactDBO}_i$	Independiente	Cambio en facturación del contaminante DBO <sub>5</sub> por cada industria i en el año t (periodo final) – t-1 (periodo inicial)	\$ <sup>15</sup>
4	$\Delta \text{LogFactSST}_i$	Independiente	Cambio en facturación del contaminante SST por cada industria i en el año t (periodo final) – t-1 (periodo inicial)	\$
5	Crecimiento	Independiente	Cambio del log producción bruta t – t-1 ( deflactada IPP del sector industrial	%

Fuente. El autor

## 2. Modelo de probabilidad de reducción

Se plantea un segundo modelo de respuesta binaria aprovechando que se tienen la emisiones a través de los años y con esto poder explicar los efectos de las variables independientes en la probabilidad de respuesta de las emisiones en término de reducción o no de contaminación. Este modelo tiene como variable dependiente  $y$  como la probabilidad o no de reducción.

$$P(y=1/x) = E ( B_0 + B_1x_1 + \dots + B_kx_k ) = E ( B_0 + \mathbf{x}B ). \text{ Donde } E \ 0 < E(z) < 1$$

Para la función E se utilizó un modelo no lineales, tipo Logit, el los cual se muestra en la tabla No 4

**TABLA 4 MODELOS LOGIT**

Tipo	Modelo Logit ( Función de distribución logística)
Modelos <sup>16</sup>	$E (z) = \exp (z) / [1 + \exp (z)] = \Lambda (z)$ $\delta P(x) / \delta x = e(B_0 + \mathbf{x}B) B$

<sup>14</sup> Variable medida como logaritmo. Diferencias de los logaritmos.

<sup>15</sup> Pesos colombianos

<sup>16</sup> Modelos Logit y Probit de Respuesta Binaria. Wooldrige [x]

Para poder conocer el efecto del cambio en las variables explicativas sobre la probabilidad de reducción ( $y = 1$  reducción,  $y = 0$  no hay reducción) se emplean los efectos marginales de la siguiente manera:

$$\frac{dp(x)}{dx_j} = e(B_0 + xB)B_j \text{ donde } e(z) \equiv \frac{dE(z)}{dz}(z) \quad e(z) = \text{función de densidad de probabilidad.}$$

$Y=1$  si  $y^* > 0$  (Hay reducción contaminante DBO o SST)

$Y=0$  si  $y^* < 0$  (No hay reducción contaminante DBO o SST)

El modelo entonces se plantea de la siguiente manera:

- Para DBO:  $P(\text{Red DBO} = 1/x) = B_0 + B_1 DBO_{it} + B_2 \text{FacDBO}_{it} + B_3 \text{Crecimiento}_{it}$
- Para SST:  $P(\text{Red SST} = 1/x) = B_0 + B_1 DSST_{it} + B_2 \text{FacSST}_{it} + B_3 \text{Crecimiento}_{it}$

El efecto marginal de  $X_{it}$  en la probabilidad, depende de  $X$  a través de  $e(X\beta)$ . El signo del efecto está dado por el signo de cada  $B$ . Se espera que los coeficientes sean de la siguiente manera y se muestran las variables en la tabla No 5:

$B_1 > 0$  La contaminación de DBO o SST debería incentivar a las empresas a reducir. Se espera que con mayor rezago las empresas tengan mayor probabilidad de reducción dado por el efecto de la contaminación del periodo anterior.

$B_2 > 0$  Se espera que el aumento de la tasa haga que aumente la probabilidad de reducción de emisión de DBO y SST; la tasa rezagada debe aumentar esta probabilidad de reducción.

$B_3 > 0$  Se espera que el aumento en producción visto como crecimiento aumente la probabilidad de reducción de emisión de DBO y SST.

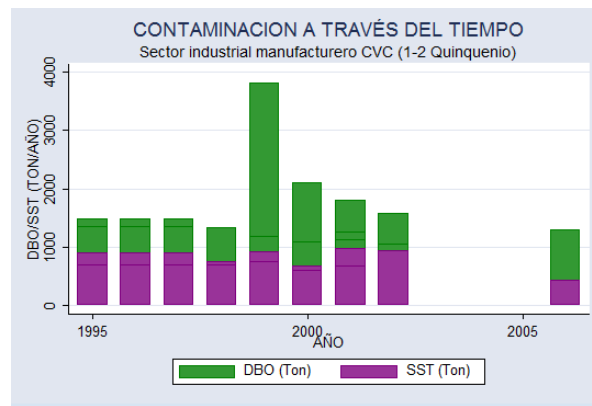
**TABLA 5. VARIABLES DEL MODELO 2 PROBABILIDAD DE REDUCCION.**

ID	VARIABLE	TIPO	DESCRIPCION	UN
1	Preddbo	Variable binaria	Probabilidad de reducción de DBO. Toma dos valores 1 Hay reducción 0 No hay reducción	Un
2	Predsst	Variable binaria	Probabilidad de reducción de SST. Toma dos valores 1 Hay reducción 0 No hay reducción	Un
3	DBO <sub>it</sub>	Independiente	Carga contaminante DBO <sub>5</sub> vertida por empresa i en el año t	Kg/año
4	SST <sub>it</sub>	Independiente	Carga contaminante SST vertida por empresa i en el año t	Kg/año
5	FactDBO <sub>it</sub>	Independiente	Valor de la facturación de DBO por empresa i en el año t	\$
6	FactSST <sub>it</sub>	Independiente	Valor de la facturación SST por empresa i en el año t	\$
7	Crecimientoind	Independiente	Crecimiento industrial por grupo industrial en el año t	%

#### 4.4 RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Antes de iniciar con el modelo econométrico se realizó estadísticas descriptivas donde se observa el comportamiento de las variables a utilizar en el mismo. Todo esto analizado por medio de gráficas<sup>17</sup> que se muestran a continuación.

**GRAFICA 4 EMISIONES DE DBO<sub>5</sub> Y SST DE LAS EMPRESAS A TRAVÉS DEL TIEMPO**



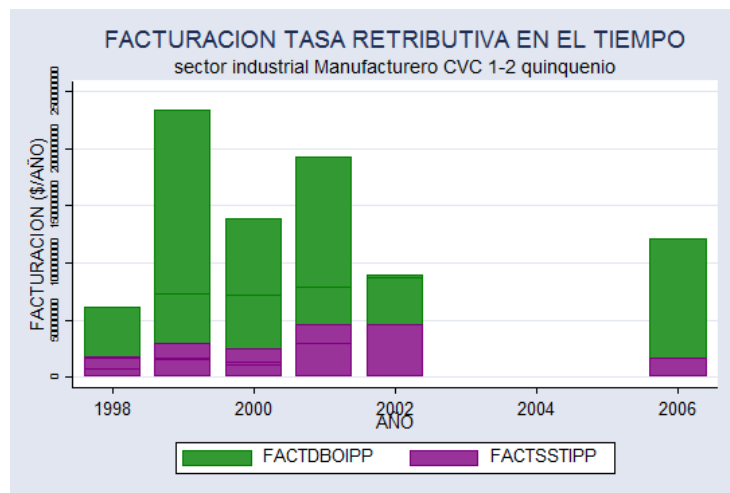
En la gráfica No 4 se ve que la contaminación dada por DBO<sub>5</sub> y SST se mantiene constante hasta el momento en que entran a pagar la tasa retributiva en el año 1998 ( Esto pueda deberse a que no se tomaron valores reales o que los usuarios no reportaron su valor real). Después en el año 1999, el valor de las emisiones de DBO aumenta su valor casi el doble, mientras que las de SST no aumentan drásticamente. Este aumento pueda deberse a que se realizó un mejor reporte del contaminación y eficiencia<sup>18</sup> de la Corporación a la hora de recolección de datos. A partir de este

<sup>17</sup> Todas las gráficas desde la 4-19 se obtuvieron de la base de datos y ayudados de la herramienta STATA

<sup>18</sup> Eficiencia en términos del momento de recoger los datos, hacer seguimiento y control a las empresas

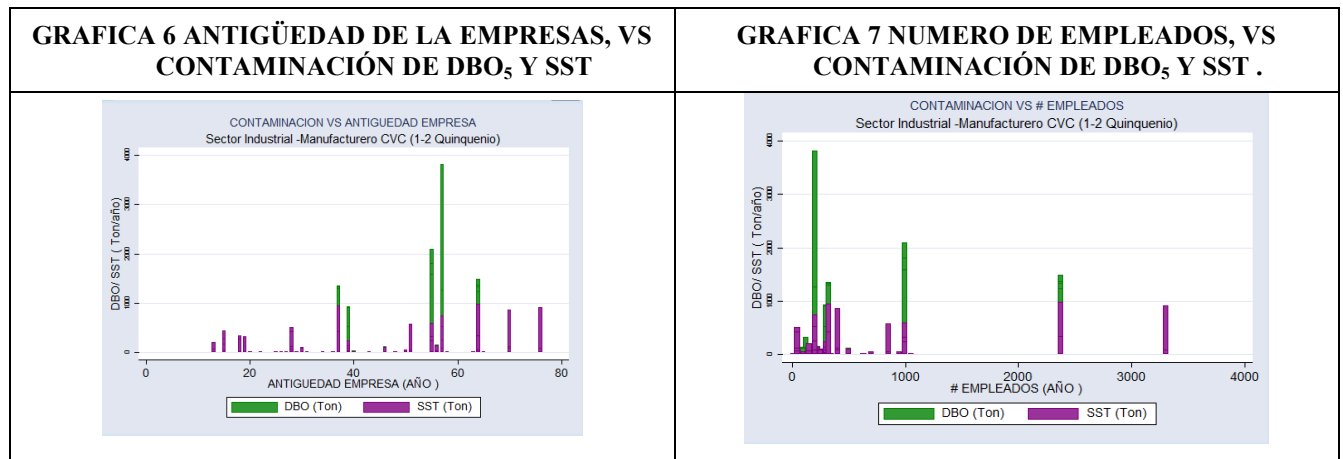
año se evidencia la disminución de la contaminación, lo que puede estar por una gran presión de la CVC influenciado por la Resolución 081 del 2001; donde se debe realizar un reporte de la contaminación unificado para las corporaciones, de acuerdo al estándar impuesto por el Ministerio de Medio ambiente. Este valor obtenido no alcanza a ser el mismo que el emitido antes de entrar la normatividad de tasas. Entre el primer quinquenio hasta el segundo (2006) se sigue reduciendo la contaminación. Se nota que los esfuerzos en el segundo quinquenio son mayores para SST que logra reducir un gran porcentaje del 50%, mientras que la DBO se reduce pero en menor proporción. Se podría decir que el crecimiento económico afectó el cambio de emisión, pero mas adelante se analizará esta situación.

**GRAFICA 5 FACTURACIÓN DE DBO<sub>5</sub> Y SST DE LAS EMPRESAS A TRAVÉS DEL TIEMPO**



La gráfica No 5 muestra como aumenta el valor de la facturación por concepto de la tasa retributiva. Del año 1998 al año 1999 se ve un aumento de la facturación en mas de un 50%. Esto dado por un gran aumento de las emisiones como se mostró en la grafica 4. Se podría decir que si se aumentó la producción, vista como crecimiento económico, las emisiones aumentan y su facturación también. Para este periodo no se presento crecimiento, por lo cual las emisiones deberían haber disminuido, pero la grafica revela que aumentaron las emisiones, por lo cuál se puede decir que las empresas no realizaron esfuerzos económicos en inversión de PTARS o producción mas limpia dado por esta desaceleración de la economía. A partir de la Resolución 081 en el año 2001 esta facturación vuelve aumentar lo que indica que puede haber mayor

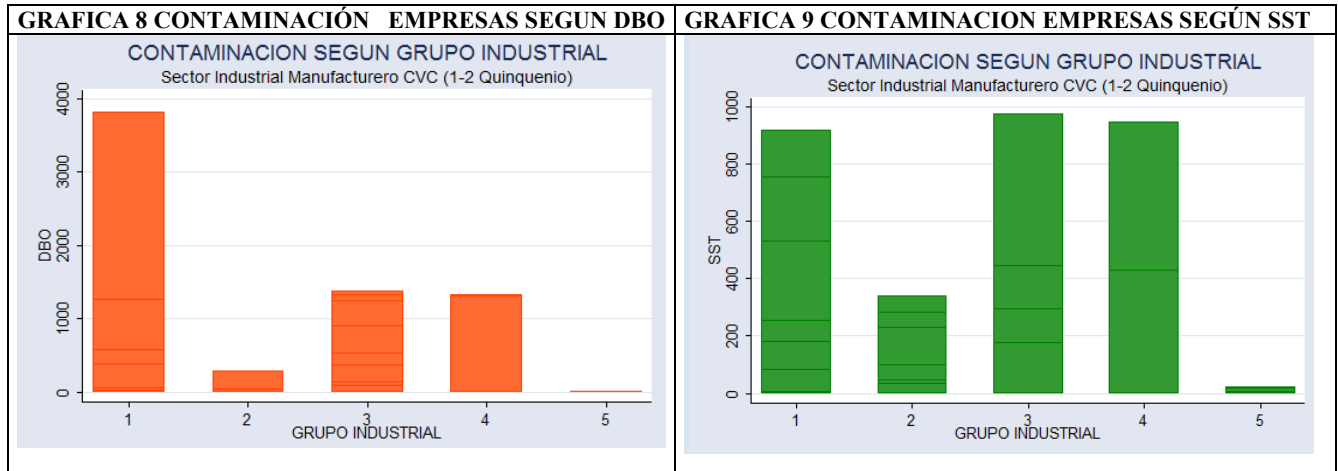
presión de la corporación y se adopta de mejor manera la recolección de la información de las empresas contaminadoras de acuerdo a la regulación; en el año 2002 se disminuye la facturación. Se tiene un lapso de dos años sin facturación dado que no se cobro. En el segundo quinquenio hay un aumento de facturación especialmente por DBO lo cual es consistente con la grafica 4 de baja reducción de DBO, contrario a los SST donde la facturación disminuye por las bajas emisiones de este contaminante. Se podría suponer que la gran caída de SST frente a la DBO se deba al tipo de tratamiento que han instaurado las empresas, como tratamientos primarios que ayudan a bajar un gran porcentaje de SST algunos combinados con tratamientos secundarios de obsoletas tecnologías (lagunas), o tecnologías que son mal manejadas y no son eficientes al no tener un porcentaje alto de remoción en DBO.



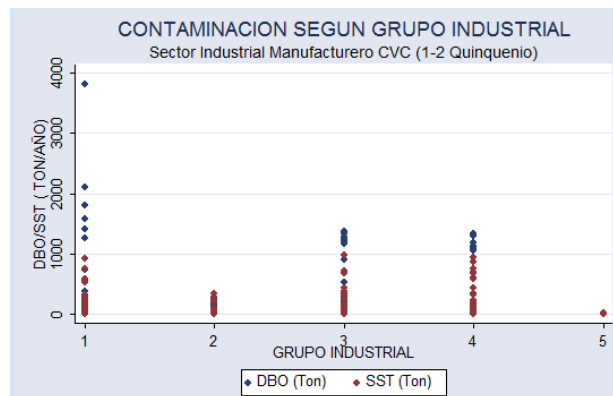
La gráfica 6 muestra que las empresas mas antiguas presentan un grado de contaminación alta especialmente en SST, pero las empresas intermedias fundadas entre 1945-1950 ( entre 50 y 70 años de fundadas) presentan un mayor grado de contaminación especialmente en DBO, contrario a lo que sucede con las empresas mas nuevas que son las menos contaminadoras. Posiblemente indique que las empresas mas nuevas tienen mayor conciencia ambiental y mayor presión que las intermedias. Las antiguas pueden tener mayor capital para inversión, mejores practicas o reformas tecnológicas.

La gráfica 7 muestra como es la contaminación de acuerdo al numero de empleados. Para empresas con 3000 empleados en adelante o menor a 200 presentan menores emisiones tanto de DBO como de SST. Las intermedias entre 500 y 2500 empleados, presentan mayores emisiones.

Posiblemente el numero de empleados pueda estar relacionada con la capacidad de producción de la empresa. Y si el numero aumenta puede ser que tenga mejores practicas y mejores sistemas para controlar sus vertimientos.



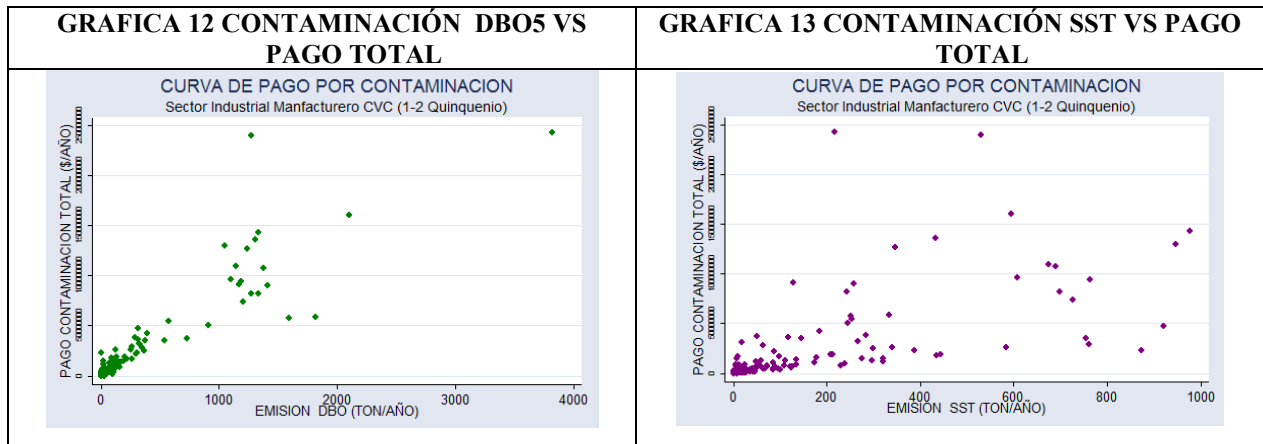
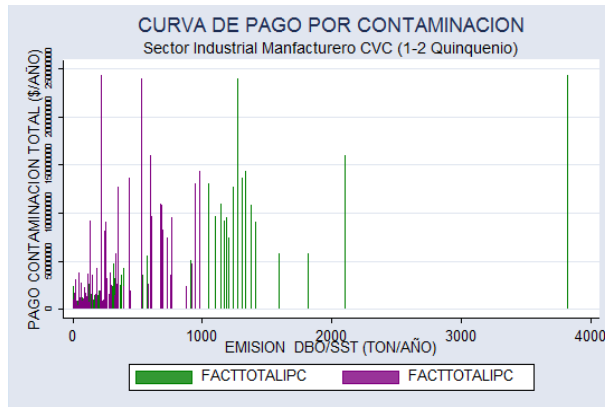
**GRAFICA 10 CONTAMINACIÓN DE DBO (TON) Y SST (TON) POR NDUSTRIAS**



En las gráficas No 8, 9 y 10 se ve claramente que las empresas pertenecientes al grupo (1) de alimentos y bebidas, el grupo (3) de papel, madera e imprenta y (4) de químicos son las empresas que mayor aporte realizan de DBO<sub>5</sub>. Dado el tipo de proceso que realizan sus cargas contaminantes son más altas que los otros grupos. Mientras que las empresas del grupo (2) sector de cueros y grupo cinco (5) sector metalurgia y automotriz contamina mas en SST que en DBO respecto a los otros grupos, pero en general menos que las otras. En general las empresas a las que la Corporación debería hacer mayor presión y vigilancia son las pertenecientes al grupo 1, 3 y 4.

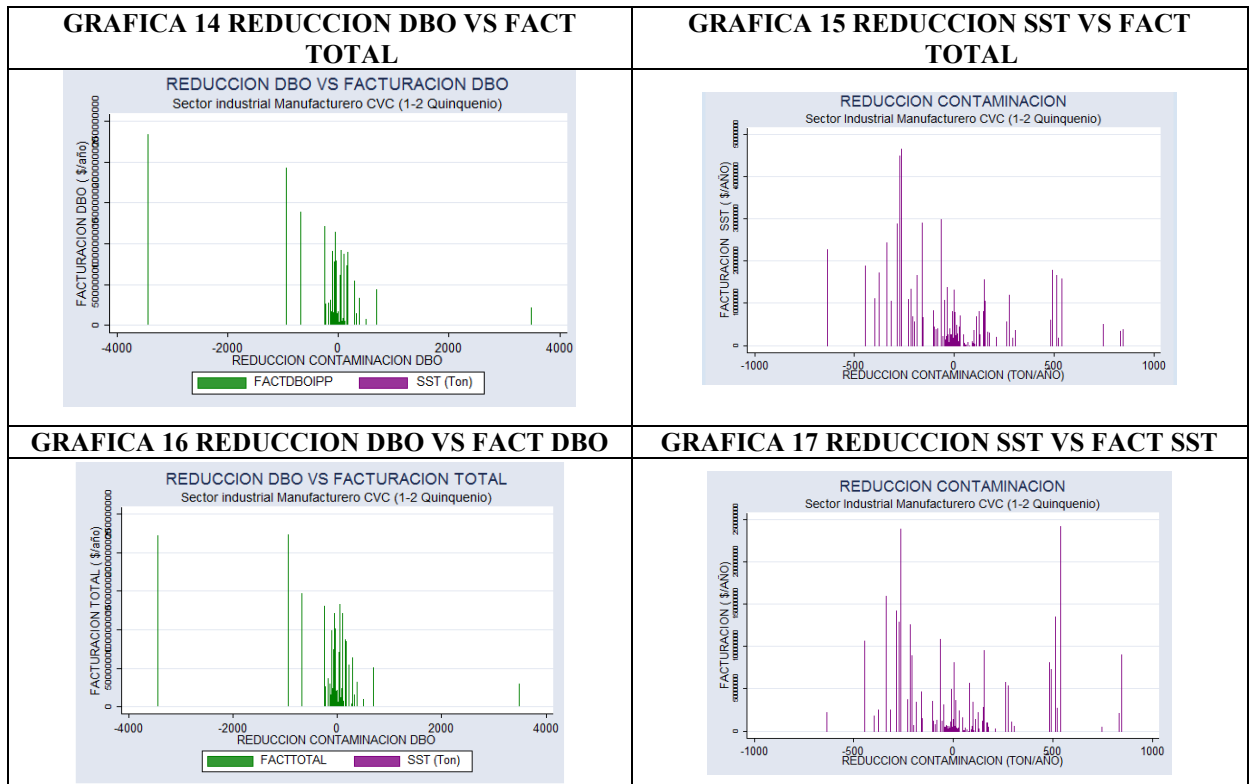


**GRAFICA 11 CONTAMINACIÓN DE DBO<sub>5</sub> Y SST VS PAGO TOTAL POR EMISIONES.**

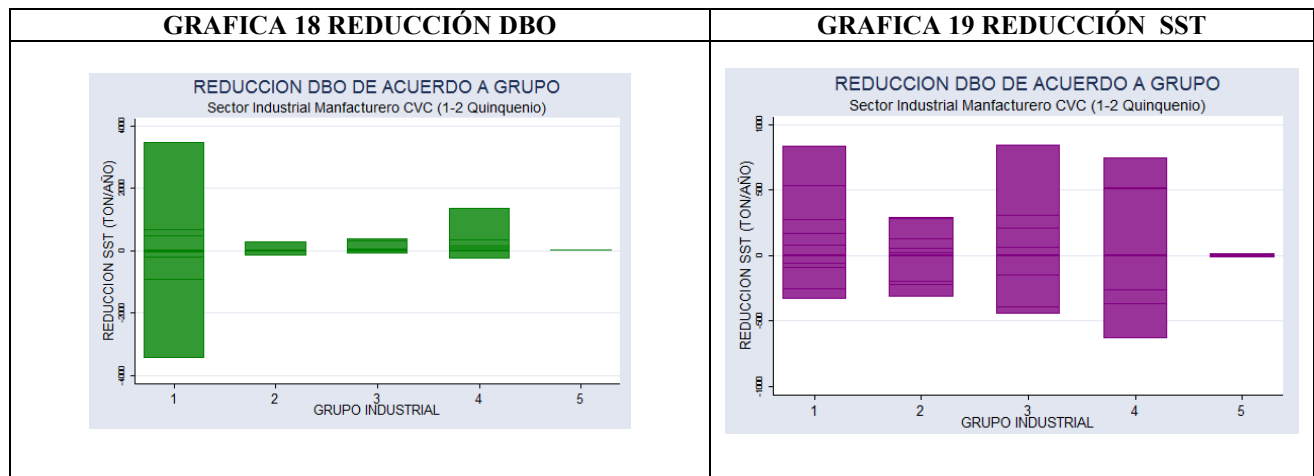


Las gráficas No 11, 12 y 13 muestran el pago total<sup>19</sup> real de emisiones de acuerdo a la contaminación por DBO y SST. Se presenta aumento del pago con mayor número de emisiones, pero también se refleja que estos pagos en algunos casos son mayores con menores cantidades de contaminación. La grafica de SST tiene mayor dispersión en pagos respecto a DBO, encontrándose reducciones de las emisiones de SST con facturación total alta, mientras que la DBO presenta altas emisiones con factura total alta, indicando que quien influye en la facturación total (suma de DBO y SST) es la DBO. El valor medio de tasa es de \$ 7.179.665 para DBO y de \$ 2.172.877. Hay que aclarar que los valores de estos pagos varían mucho dependiendo del tipo de industria. Hay compañías que han pagado hasta \$ 230.000.000, por lo cual seria mas viable la reducción que el pago. Adicionalmente puede que no se hayan pagado estos valores, dado que la CVC facturo este valor pero no lo recaudo en ese mismo periodo.

<sup>19</sup> Estos valores cambiados para cada año según IPP

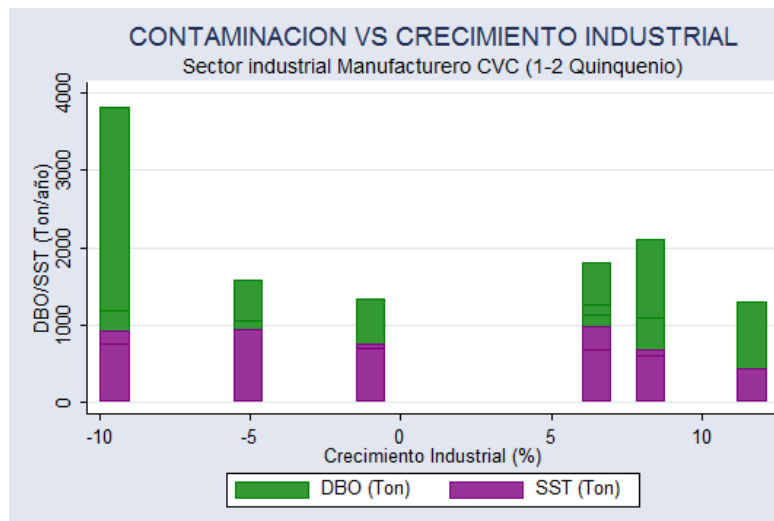


Las gráficas No 14 y No 15 muestran el pago total de emisiones por cada descarga de acuerdo a la contaminación dada por DBO y SST. Se ve que con valores bajos de facturación de tasa retributiva se logran reducir contaminación. Si se aumenta la facturación total en \$ 100.000.000 ya no se ven disminuciones de carga. Por el contrario se aumentan las cargas y las empresas dejan de reducir. En el caso de SST muestra una tendencia diferente, dado que si se logra reducciones superiores a las 1000 Ton/año. Para el caso de pago individual se ve que la DBO logra reducciones de 1000 Ton. Cuando se analiza el pago total de emisiones se ve mayor reducción con pagos inferiores a \$ 50 millones; si la factura aumenta este valor las empresas no reducirían nada. En el caso de SST se ven altas reducciones de 500 Ton con valores entre 5 millones y 10 millones. Por lo cual se vuelve a mostrar que las mayores reducciones están en SST. Estas graficas ilustradas son parecidas a las del modelo de Baumol& Oates [1].



En las gráficas No 18 y No 19 el grupo 4 ha realizado enormes esfuerzos por reducir los contaminantes. Las empresas del grupo 1 han tenido diferentes comportamientos. Se han hecho esfuerzos por reducir sus emisiones por más de 3000 Ton/año, pero de igual manera han aumentado sus emisiones en la misma proporción; en general son las que menos reducción han realizado (- 568 kd/día). Las empresas del grupo 5 han reducido muy poco pero tampoco han aumentado sus emisiones. Las empresas del grupo 2 no han reducido sus emisiones, ni las aumentado mucho. Se ha mantenido constante. Puede decirse que las empresas no aumentaron su capacidad de producción o que ya tienen un tipo de tratamiento específico implementado que les permite mantener constantes sus emisiones. Las empresas del grupo 3 han reducido considerablemente DBO en 1781 Ton/ 6 años y de SST 2041 Ton/6 años. En el caso de SST el grupo 4 redujo en 293 ton/año sus emisiones de DBO, sin aumentarlas mucho. Contrario a los SST, donde en promedio redujo 193 ton/año. El grupo 2 tuvo en general menores esfuerzos por reducción de SST y no aumento en mayor proporción. Se ha mantenido constante.

**GRAFICA 20 CONTAMINACIÓN DE DBO<sub>5</sub> Y SST VS CRECIMIENTO**



La grafica 20 muestra como son las emisiones por DBO y SST de acuerdo al crecimiento industrial de cada grupo manufacturero. Se esperaría que si no hay crecimiento las emisiones disminuyeran por baja producción, pero la gráfica revela lo contrario. En el momento mas critico el año 1999 donde el crecimiento fue de  $-9.1\%$  se presentan las emisiones mas altas. Una razón por la que ocurre esto esta dado por las bajas inversiones o esfuerzos en reducir la contaminación por falta de presupuesto. Por otro lado cuando el crecimiento industrial aumenta, las emisiones también aumentan, pero bajan cuando se incrementa el crecimiento en  $10\%$ . Este crecimiento ultimó sucede en el año 2006, donde se mostró que hubo reducciones de la contaminación. Puede decirse que las industrias al tener un mayor producción en términos monetarios, tienen mayor presupuesto para reducir.

## 5. ESTIMACIONES Y RESULTADOS MODELOS ECONOMETRICOS

Después de revisar las estadísticas descriptivas y ver el comportamiento de las variables del modelo a través del tiempo y de acuerdo al tipo, antigüedad y número de empleados de la empresa, se procede a realizar el análisis econométrico de acuerdo a los 2 modelos explicados anteriormente. En este caso se evalúan los modelos donde se empieza el cobro de la tasa retributiva. Es decir a partir del año 1998.

### 1. Primer modelo econométrico de Primeras diferencias:

- *Modelo De Demanda Ambiental para DBO.*

TABLA 6 MODELO DEMANDA AMBIENTAL PARA DBO					
. xtreg dellogdbo diflogfacdbo crecindustg,fe					
Fixed-effects (within) regression			Number of obs = 287		
Group variable (i): empresa			Number of groups = 69		
R-sq: within = 0.3574			Obs per group: min = 2		
between = 0.3798			avg = 4.2		
overall = 0.3579			max = 5		
corr(u_i, Xb) = -0.1334			F(2,216) = 60.07		
			Prob > F = 0.0000		
dellogdbo	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
diflogfacdbo	-0.4318309	.0398465	-10.84	0.000	-.5103686 - .3532932
crecindustg	1.299001	.7744096	1.68	0.095	-.2273658 2.825368
_cons	-.1305932	.0639671	-2.04	0.042	-.2566728 -.0045135
sigma_u	.36920276				
sigma_e	1.0421325				
rho	.1115152 (fraction of variance due to u_i)				
F test that all u_i=0:			F(68, 216) = 0.43		Prob > F = 1.0000

Este modelo de diferencias en diferencias se hizo por efectos fijos, encontrando que la facturación de DBO es significativa.

El modelo (tabla No 6), refleja que un cambio en la facturación de DBO en 1 %, implica una disminución en el cambio de contaminación por DBO en 0.43%, lo que indica que las empresas responden ante la facturación de la tasa retributiva, reduciendo sus vertimientos por DBO. Podría decirse que existe respuesta de las industrias.

Esta situación se presenta porque las industrias deben implementar métodos de producción mas limpia, mejoras en el proceso productivo o solución final de tubo (PTARS) con el animo de reducir sus emisiones que pueden tardar en entre 3 meses a 1-2 años<sup>20</sup>. De igual manera, como la facturación es semestral, las empresas tienen la oportunidad de evaluar sus emisiones y empezar a reducir en ese mismo año o tomar decisiones de cambio al respecto.

Para el caso del crecimiento industrial (cambio en producción bruta) no se explica significativamente, ni obedece a cambios en vertimientos por DBO; podría deducirse que la reducción no esta dada por cambios en producción sino por otro tipo de esfuerzos que realizan las industrias. Estos esfuerzos puede ser visto como esfuerzo en descontaminación con planta de tratamiento o mejoras en proceso productivo.

Podría decirse que las reducciones de DBO están dadas por otras variables, que no se incluyeron en el modelo por falta de información, como lo es el instrumento de comando y control. De acuerdo a la CVC la tasa a tenido efecto y las empresas dan respuesta al cambio de emisión pero debe combinarse con Comando y Control, dado que la tasa sola no logra cumplir las metas de reducción.

---

<sup>20</sup> La implementación de PTARS depende del tipo de tratamiento y caudal emitido. El diseño, construcción y puesta en marcha puede tardarse entre 3 meses mínimo hasta 1-2 años. Esto por mi experiencia laboral en esta área.

- *Modelo 1 de Demanda Ambiental para SST*

TABLA 7 MODELO DEMANDA AMBIENTAL PARA SST						
. xtreg delogsst diflogfactsst crecindustg,fe						
Fixed-effects (within) regression			Number of obs =		281	
Group variable (i): <b>empresa</b>			Number of groups =		69	
R-sq: within = <b>0.4715</b>			Obs per group: min =		2	
between = <b>0.5056</b>			avg =		4.1	
overall = <b>0.4767</b>			max =		5	
corr(u_i, Xb) = <b>0.0066</b>			F(2,210) =		93.68	
			Prob > F =		0.0000	
delogsst	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
diflogfact <sup>t</sup>	<b>-.5417243</b>	<b>.0395806</b>	<b>-13.69</b>	<b>0.000</b>	<b>-.6197505</b>	<b>-.463698</b>
crecindustg	<b>.6885649</b>	<b>.6384798</b>	<b>1.08</b>	<b>0.282</b>	<b>-.570862</b>	<b>1.947216</b>
_cons	<b>-.1305329</b>	<b>.0520741</b>	<b>-2.51</b>	<b>0.013</b>	<b>-.2331878</b>	<b>-.0278779</b>
sigma_u	<b>.29827931</b>					
sigma_e	<b>.84372567</b>					
rho	<b>.11109604</b>	(fraction of variance due to u_i)				
F test that all u_i=0:			F(68, 210) =		<b>0.48</b> Prob > F = <b>0.9997</b>	

La tabla 7 muestra los resultado para el caso de SST, otra variable importante de contaminación. Se ve que la facturación por este contaminante es estadísticamente significativa,. Un cambio porcentual en 1 % de la factura de SST, genera un cambio porcentual de reducción de en 0.54%. Cabe anotar que generalmente la carga emitida por Kg. de SST es menor que la carga por Kg. de DBO. Las empresas están respondiendo también al cambio de emisiones por la facturación.

Adicionalmente estas empresas logran disminuir más los SST que DBO, dado que tecnológicamente y en términos de costos de tratamientos primarios <sup>21</sup> es mas fácil disminuir los SST. Para poder disminuir DBO se necesita complementar con tratamientos secundarios que son mas costosos que el tratamiento primario.

De acuerdo a información<sup>22</sup> obtenida adicional del sector industrial, la mayoría de empresas poseen plantas de tratamiento. Las que tienen tratamiento secundarios son de tecnologías obsoletas y de baja eficiencia y con no adecuada operación, lo que hace que remover DBO sea mas difícil. Generalmente los sectores de alimentos, papeleras, químicos orgánicos, la emisión

<sup>21</sup> Tratamiento primario: Tratamiento físico-químico. Tratamiento secundario: Tratamiento biológico.

<sup>22</sup> Información no formal del gremio de ingeniería de tratamiento de aguas.

por DBO será mayor que los SST<sup>23</sup>. Se puede decir que es más fácil remover los SST tanto tecnológicamente como por costo, comparado con el análisis de la tabla 6 y 7-

Para el caso de la variable crecimiento industrial, no explica los cambios en contaminación dados por SST, por lo que se deduce que la reducción no esta dada por cambios en producción.

De acuerdo al modelo se puede decir que el impuesto costo-eficiente de tasas retributivas esta teniendo un efecto en el comportamiento de las emisiones del sector manufacturero.

## 2. Modelo econométrico de probabilidad de reducción: Logit

- Para DBO

**TABLA 8 MODELO LOGIT PARA DBO**

MODELO LOGIT							MARGINALES LOGIT																																																																																									
Random-effects logistic regression			Number of obs =		297																																																																																											
Group variable (i): <b>empresa</b>			Number of groups =		69																																																																																											
Random effects u_i ~ <b>Gaussian</b>			Obs per group: min =		2																																																																																											
			avg =		4.3																																																																																											
			max =		5																																																																																											
Log likelihood = <b>-105.72862</b>			Hald chi2(4) =		23.41																																																																																											
			Prob > chi2 =		0.0001																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>preddb0</th> <th>Coef.</th> <th>Std. Err.</th> <th>z</th> <th>P&gt; z </th> <th colspan="2">[95% Conf. Interval]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>dbokg</td> <td>-.0008137</td> <td>.0001773</td> <td>-4.59</td> <td>0.000</td> <td>-.0011613</td> <td>-.0004662</td> </tr> <tr> <td>dborez1</td> <td>.0008176</td> <td>.0001795</td> <td>4.55</td> <td>0.000</td> <td>.0004658</td> <td>.0011695</td> </tr> <tr> <td>rezfacdb01</td> <td>1.29e-07</td> <td>6.64e-07</td> <td>0.19</td> <td>0.845</td> <td>-1.17e-06</td> <td>1.43e-06</td> </tr> <tr> <td>crecindustg</td> <td>1.488015</td> <td>2.207844</td> <td>0.67</td> <td>0.500</td> <td>-2.83928</td> <td>5.815309</td> </tr> <tr> <td>_cons</td> <td>-.8126707</td> <td>.1977452</td> <td>-4.11</td> <td>0.000</td> <td>-1.200244</td> <td>-.4250971</td> </tr> </tbody> </table>							preddb0	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]		dbokg	-.0008137	.0001773	-4.59	0.000	-.0011613	-.0004662	dborez1	.0008176	.0001795	4.55	0.000	.0004658	.0011695	rezfacdb01	1.29e-07	6.64e-07	0.19	0.845	-1.17e-06	1.43e-06	crecindustg	1.488015	2.207844	0.67	0.500	-2.83928	5.815309	_cons	-.8126707	.1977452	-4.11	0.000	-1.200244	-.4250971	<p>. mfx compute, dydx at( mean )</p> <p>Marginal effects after xtlogit  y = Linear prediction (predict)  = <b>3.1316945</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>variable</th> <th>dy/dx</th> <th>Std. Err.</th> <th>z</th> <th>P&gt; z </th> <th>[</th> <th>95% C.I.</th> <th>]</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>dbokg</td> <td>-.0008137</td> <td>.00018</td> <td>-4.59</td> <td>0.000</td> <td>-.001161</td> <td>-.000466</td> <td>114126</td> </tr> <tr> <td>dborez1</td> <td>.0008176</td> <td>.00018</td> <td>4.55</td> <td>0.000</td> <td>.000466</td> <td>.001169</td> <td>117203</td> </tr> <tr> <td>rezfaod</td> <td>1.29e-07</td> <td>.00000</td> <td>0.19</td> <td>0.845</td> <td>-1.2e-06</td> <td>1.4e-06</td> <td>7.4e+06</td> </tr> <tr> <td>crecin'g</td> <td>1.488015</td> <td>2.20784</td> <td>0.67</td> <td>0.500</td> <td>-2.83928</td> <td>5.81531</td> <td>.019229</td> </tr> </tbody> </table>							variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[	95% C.I.	]	X	dbokg	-.0008137	.00018	-4.59	0.000	-.001161	-.000466	114126	dborez1	.0008176	.00018	4.55	0.000	.000466	.001169	117203	rezfaod	1.29e-07	.00000	0.19	0.845	-1.2e-06	1.4e-06	7.4e+06	crecin'g	1.488015	2.20784	0.67	0.500	-2.83928	5.81531	.019229
preddb0	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]																																																																																											
dbokg	-.0008137	.0001773	-4.59	0.000	-.0011613	-.0004662																																																																																										
dborez1	.0008176	.0001795	4.55	0.000	.0004658	.0011695																																																																																										
rezfacdb01	1.29e-07	6.64e-07	0.19	0.845	-1.17e-06	1.43e-06																																																																																										
crecindustg	1.488015	2.207844	0.67	0.500	-2.83928	5.815309																																																																																										
_cons	-.8126707	.1977452	-4.11	0.000	-1.200244	-.4250971																																																																																										
variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[	95% C.I.	]	X																																																																																								
dbokg	-.0008137	.00018	-4.59	0.000	-.001161	-.000466	114126																																																																																									
dborez1	.0008176	.00018	4.55	0.000	.000466	.001169	117203																																																																																									
rezfaod	1.29e-07	.00000	0.19	0.845	-1.2e-06	1.4e-06	7.4e+06																																																																																									
crecin'g	1.488015	2.20784	0.67	0.500	-2.83928	5.81531	.019229																																																																																									
/lnsig2u			-14		1435.756		-2828.031		2800.031																																																																																							
signa_u			.0009119		.6546202		0		.																																																																																							
rho			2.53e-07		.0003629		0		.																																																																																							
Likelihood-ratio test of rho=0: <u>chibar2(01) =</u>							0.00 Prob >= chibar2 = 1.000																																																																																									

En la Tabla No 8 se ven los resultados del modelos Logit.

De acuerdo a los resultados econométricos Logit obtenidos se ve que la DBO en el primer periodo con un aumento de la DBO en 1 Kg., disminuye la probabilidad de reducción de la

<sup>23</sup> La DBO Y SST se miden en mg/l. La carga esta dada por frecuencia de emisión y caudal en Kg/dia o mes.



emisión 0.00081% y es de esperarse dado que las empresas no pueden responder de manera inmediatamente ante las emisiones. Mientas que si aumenta la probabilidad de reducción dado la contaminación del periodo anterior como se muestra con el coeficiente del rezago, donde al aumentar la contaminación de DBO del periodo anterior en 1 Kg se aumenta la probabilidad de reducción de DBO en 0.00081 % .

La facturación por DBO rezagada no incide en la probabilidad de reducción de DBO para este modelo y no es significativa. Esto indica que la tasa rezagada para la DBO no tiene mayor probabilidad de reducción de la contaminación. Este resultado es algo raro, dado que a pesar de tener el signo esperado (positivo) de probabilidad de reducción no esta interviniendo en el modelo.

Para el caso del crecimiento industrial tampoco explica significativamente la probabilidad de reducción de vertimientos por DBO. De acuerdo a la gráfica 20 se mostró que no hay relación directa para explicar la reducción de vertimientos con el cambio en la producción.

- Para SST

TABLA 10 MODELO LOGIT

MODELO LOGIT						MARGINALES LOGIT								
Random-effects logistic regression			Number of obs = 291			. nfx compute, dydx at( mean ) Marginal effects after xtlogit y = Linear prediction (predict) = 38.854099								
Group variable (i): empresa			Number of groups = 69											
Random effects u_i ~ Gaussian			Obs per group: min = 2											
			avg = 4.2											
			max = 5											
Log likelihood = -61.5008			Hald chi2(4) = 25.15											
			Prob > chi2 = 0.0000											
predsst	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]		variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[ 95% C.I. ]	X	
sstkg	-.0046156	.0009261	-4.98	0.000	-.0064308	-.0028004	sstkg	-.0046156	.00093	-4.98	0.000	-.006431	-.0028	62773.4
sstrezl	.0045511	.0009118	4.99	0.000	.0027641	.0063381	sstrezl	.0045511	.00091	4.99	0.000	.002764	.006338	72604.8
rezfacsst1	-2.44e-07	6.70e-07	-0.36	0.716	-1.56e-06	1.07e-06	rezfa`tl	-2.44e-07	.00000	-0.36	0.716	-1.6e-06	1.1e-06	2.3e+06
crecindustg	3.256162	3.039761	1.07	0.284	-2.70166	9.213983	crecin`g	3.256162	3.03976	1.07	0.284	-2.70166	9.21398	.018168
_cons	-1.331174	.2569223	-5.18	0.000	-1.834733	-.8276155								
/lnsig2u	-14	726.2542			-1437.432	1409.432								
sigma_u	.0009119	.331129			0	1.1e+306								
rho	2.53e-07	.0001836			0	.								
Likelihood-ratio test of rho=0: <u>chibar2(01) = 0.00</u> Prob >= chibar2 = 1.000														

Para el caso de SST (tabla No 9 ) se tiene un comportamiento similar al modelo logit de la DBO.

Para las variables de emisión estas son significativas. La primera variable de SST en periodo  $t$  tiene signo negativo y la segunda variable de SST en el periodo anterior  $t-1$  con signo positivo. Un aumento en 1 Kg de SST disminuye la probabilidad de reducción en 0.046% en el mismo periodo. Esto explicado por la dificultad de solucionar el problema de vertimiento de manera inmediata; mientras que la contaminación rezagada, del periodo anterior, presenta un aumento de probabilidad de reducción de SST de 0.045%. Para este caso la probabilidad de reducción es mayor que la de DBO, lo cual es de esperarse, dado que es más fácil reducir los SST que la DBO como se comento anteriormente en las estadísticas descriptivas.

En el caso de Facturación de tasa rezagada por SST no es significativa al igual que el crecimiento industrial. Estas dos variables no explican el modelo.

## **5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

❖ De acuerdo a las estadísticas descriptivas y modelos se puede concluir que las tasa retributiva como impuesto de contaminación hídrica industrial ha tenido efecto positivo<sup>24</sup>, para el caso estudiado de la jurisdicción industrial de la CVC, haciendo que las industrias respondan antes cambios en la facturación por cambios en las descargas de DBO y SST.

❖ Para las 69 empresas estudiadas se logro reducir desde el año 1998-2006, 3240 Toneladas de DBO y para SST se logro reducir 10.032 Toneladas; mas de un 50% de reducción. En general las empresas a las que la Corporación debería hacer mayor presión y vigilancia son las pertenecientes al grupo 1, 3 y 4.

❖ Durante el tiempo en que la tasa no fue aplicada ( 2002-2005) se presentaron reducciones tanto de DBO como de SST. Siendo este ultimo contaminante el que presento mejor reducción en un 30% entre el 2002-20006.

❖ El tipo de industria, también afecta el valor pagado de la tasa mostrando que las empresas de alimentos, papeleras e imprentas aumentan el valor del pago de tasa, debido a que son altamente contaminadoras. Las empresas de alimentos han reducido en mayor proporción los SST que DBO. Las papeleras han reducido las DBO y SST en mayor proporción sin verse aumento de este contaminante, cumpliendo metas de reducción dadas por la CVC.

❖ La producción industrial no tiene efecto directo en la reducción de las emisiones. Se esperaría que ante mayor producción, mayor contaminación pero esto no sucede. Las industrias reducen sus emisiones cuando presentan altos crecimientos industriales ( > 10%) y por el

---

<sup>24</sup> Efecto positivo como respuesta a reducción de emisiones.

contrario aumentan sus emisiones cuando disminuyen su producción. Esto debido a presupuesto para realizar inversiones en descontaminación.

❖ Durante la aplicación de la tasas se esta aplicando una tarifa igual para todas las empresas por cada contaminante y no se ha incluido el factor regional<sup>25</sup> en el valor de las tasas pagados para el caso de DBO. No todas las empresas tienen la misma carga de contaminante ni generan el mismo daño ambiental, lo cual debería considerarse una tarifa especial para cada tipo de empresa, dependiendo de la fuente receptora ambiental final y sus cargas contaminantes. Adicionalmente se debe reconsiderar la tarifa de DBO para poder lograr una mayor reducción de este contaminante que causa un gran deterioro y daño ambiental.

❖ Seria interesante poder en un estudio posterior, evaluar este costo de tratamiento o esfuerzos en descontaminación de las industrias. Controlar dos instrumentos al tiempo es tarea difícil, por lo cual deja una ventana abierta de las posibilidades reales de efectividad o no de la tasa retributiva sola como instrumento económico. Es decir se requiere combinar con comando y control para que las empresas puedan reducir sus emisiones.

❖ El modelo de instrumentos económicos de este tipo ha sido un gran reto y oportunidad en Colombia demostrando que ha sido de los pocos países en Latinoamérica que han podido implementar este sistema y tiene un gran campo de estudio y de análisis. Seria importante realizar este análisis con otras corporaciones y corredores industriales para poder comparar la eficiencia tanto de las empresas como de las CARS en términos de descontaminación ambiental.

---

<sup>25</sup> El factor regional durante este tiempo ha sido de 1.

## **6.BIBLIOGRAFIA**

- [1] Baumol, W.J & Oates, W.E (1988). *The theory of environmental policy*. Cambridge University press: New York
- [2] Baumol, W.J. & W.E. Oates (1971). "The use of standards and prices for protection of the environment". *Swedish Journal of Economics*, Vol 73, No 1 pp 42-54
- [3] Black, T. (1999). "El modelo de tasas por contaminación hídrica de Colombia. Resultado a 30 meses de implementación". *Ministerio de Medio ambiente*
- [4] Black, T (2001). Diseño de instrumentos económicos en la política ambiental. La tasa retributiva por contaminación hídrica en Colombia. *CAEMA*
- [5] Blackman, A. (2005). "Colombia's Discharge Fee Program: Incentives for Polluters or Regulators? *Resources for the Future*, Discussion Paper, pp 05-31.
- [6] Castro, L., Caicedo, J., & Jaramillo, A. (2002). "Aplicación del principio contaminador-pagador en América Latina. evaluación de la efectividad ambiental y eficiencia económica de las tasas por contaminación hídrica en el sector industrial colombiano". *CEPAL*. Serie 47
- [7] Castro, R., & Bonilla, J. (2003). Análisis econométrico de la efectividad y eficiencia del programa de tasas retributivas en Colombia. *Ministerio de Medio Ambiente*
- [8] Castro, R., Castro, L., & Caicedo, J. (2002) "Evaluación Nacional del Programa de Tasas Retributivas por vertimientos puntuales". *Ministerio del Medio Ambiente*
- [9] Castro L, Castro R. (2002). Evaluación del primer quinquenio de operación de la tasa por contaminación hídrica en Colombia. ( Resumen Evaluación del programa de tasas retributivas por vertimientos puntuales. *CAEMA*. Volumen 2 No 4.
- [10] Coronado, H. (2001). "Determinantes del Desempeño y la Inversión Ambiental en la industria: El caso del Corredor Industrial del Oriente Antioqueño". Universidad de los Andes
- [11] Cruz G, & Uribe E (2002). "El efecto del regulador y de la comunidad sobre el desempeño ambiental de la industria en Bogota, Colombia". *Cede/Uniandes*
- [12]. Dasgupta S., Laplante, B., Mamingi N., & Wang H. (2000). "Industrial Environmental Performance in China: The Impact of Inspections". *World Bank. Development Research Group. Policy research working paper 2285*
- [13] Dasgupta, S., Hettige, H., & Wheeler, D. (2000). "What improves Environmental Compliance? Evidence from Mexican Industry" *Journal of environmental Economics and Management* Vol 39, pp. 39-66
- [14] Dasgupta, S., Huq, M., Wheeler, D., & Zhang, C. (1996). "Water pollution abatement by Chinese industry: cost estimates and policy implications". *World Bank, Environment, Infrastructure and Agriculture Division of Policy Research Department* McGraw-Hill, Madrid, 3ª ed.
- [15] Galarza, M. (2007), Análisis de la efectividad de las tasa retributivas en Colombia. Estudio de Caso. Universidad de los Andes.
- [16] Ibáñez, A., Uribe, E. (2003). "Medio ambiente y desarrollo económico: Priorización de la inversión ambiental con criterios económicos". *Cede/Uniandes*
- [17] Ibáñez, A. (2007) . Notas de clase "externalidades, impuestos pigovianos". Economía Ambiental avanzada. *Uniandes*

- [18] Lozano, E. (1999). “Estado actual de la implementación de los instrumentos económicos como mecanismos para combatir la contaminación de las aguas en Colombia”. *Universidad de Los Andes*
- [19] Meléndez, M., & Uribe, E. (2003). “Estudio sobre inserción de la gestión ambiental en las políticas sectorial. Caso Colombia.” *Cede/Uniandes*
- [20] Ortega, W. (1997). “Impacto de las tasas retributivas por contaminación en la industria de las curtiembres” *Universidad de los Andes*.
- [21] Panayotou, T., Schatzki T., & Limvorapitak Q. (1997) “Differential Industry Response to Formal and Informal Environmental Regulations in Newly Industrializing Economies”. *Harvard Institute for International Development*.
- [22] Panayotou, T. (1994) “ Economic instruments for environmental management and sustainable development”. *UNEP*. pp 1-72.
- [23] Rudas, G. (2006). “Instrumentos económicos y regulación de la contaminación Industrial: Primera aproximación al caso del río Bogota” *Universidad Javeriana*.
- [24] Sabogal, J. (2005). “Variables que determinan la inversión ambiental en la pequeña y mediana empresa de Bogota: Caso Acercar”. *Universidad de Los Andes*
- [25] Stavins, R. (2002). “Experience with market based environmental policy instruments”. *The Fondazione Eni Enrico Matteidi*. Lavaró Series.
- [26] Sterling, A. (1997). “ Estimación de un modelo de inversiones ambientales para producción mas limpia en el sector de pulpa, papel y cartón”. *Universidad de los Andes*.
- [27] Uribe, E. (1994). *Contaminación industrial en Colombia*. Bogota: PNUD.
- [28] Urrego, M. (2003) “Determinantes de los vertimientos contaminantes a las fuentes hídricas generadas por la industria en Colombia”. *Universidad de los Andes*.
- [29] Wooldridge, J. (2002). *Basic Linear Unobserved Effects Panel Data Models*. *Econometric Cap 10. Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge : The MIT Press
- [30] Wooldridge, J. (2001). *Introducción a la econometría*. México: International Thomson editores, S.A