

## Borradores Departamento de Economía

N°32

Octubre de 2009

**La política ambiental en Colombia: Tasas retributivas y Equilibrios de Nash**

Elaborado por:

**Medardo Restrepo Patiño**

Este documento hace parte de un proyecto de investigación realizado de manera autónoma por el autor



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

**FACULTAD DE  
CIENCIAS ECONOMICAS**

1 9 4 4

**Medellín - Colombia**

---

La serie Borradores Departamento de Economía está conformada por documentos de carácter provisional en los que se presentan avances de proyectos y actividades de investigación, con miras a su publicación posterior en revistas o libros nacionales o internacionales. El contenido de los Borradores es responsabilidad de los autores y no compromete a la institución.

# *La política ambiental en Colombia: Tasas retributivas y Equilibrios de Nash*

**Medardo Restrepo Patiño\***

*- I. Introducción – II. Grupos de interés y eficiencia social del nivel de contaminación - III. Comportamientos estratégicos entre los grupos de interés – IV. Conclusiones – V. Bibliografía*

---

## **Resumen**

Mediante el discernimiento del comportamiento estratégico entre regulados y reguladores es posible construir escenarios donde la política ambiental de tasas retributivas en Colombia se desvía de los niveles de contaminación socialmente óptimos. Si también se añade el comportamiento estratégico entre los regulados se puede determinar cuáles de estas distorsiones serían las más factibles. Interesantemente el uso de equilibrios de Nash sugiere que puede ser muy probable que los niveles de contaminación alcanzados sean ineficientemente bajos siempre que los grupos ambientales sean influyentes durante el proceso de concertación de las metas de contaminación.

**Palabras Clave:** Equilibrio de Nash, Juegos no cooperativos, Comportamiento estratégico, Subastas, Agencia, Regulación ambiental, Impuestos pigouvianos, Grupos de interés.

**Clasificación JEL:** C72, D78, Q53, Q58.

\* Comentarios, aportes, críticas o sugerencias pueden enviarse a:  
[medardo@economicas.udea.edu.co](mailto:medardo@economicas.udea.edu.co).

## I. Introducción

La ley 99 de 1993 establece los instrumentos económicos como la forma de regular las emisiones contaminantes en Colombia. La naturaleza de esta ley es la de establecer un impuesto pigouviano mediante el cual se regulen las tomas de decisión de cuanto contaminar.<sup>1</sup> En principio esta ley no define una forma concreta de diseño del impuesto pigouviano. Tal definición sólo es posible en 1997 cuando el decreto 901 establece los procedimientos prácticos mediante los cuales se regulan los vertimientos a los cuerpos de agua en Colombia para dos contaminantes: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).<sup>2</sup>

De la lectura del decreto 901 surge una interesante conclusión. El nivel de contaminación por DBO y SST depende de la interacción entre distintos grupos de interés. Básicamente la norma define que la reducción en estos contaminantes dentro de un tramo o cuerpo de agua previamente establecido y dentro de un espacio temporal de cinco años está dada por un proceso de concertación social. La norma define que representantes del sector productivo, de los ambientalistas y de habitantes del tramo deben ponerse de acuerdo para establecer una meta de descontaminación *socialmente deseada*. Se tiene entonces un escenario en que al menos tres grupos de interés interactúan entre sí con el fin de lograr un resultado ambiental lo más acorde posible a los intereses particulares de cada grupo en cuestión.

En Restrepo (2006) se desarrolla un modelo de interacción entre estos grupos de interés (en ese trabajo los grupos se denominan capitalistas (C), ambientalistas (A) y trabajadores (W). Restrepo (2006) el resultado ambiental se determina mediante el grado de influencia que un grupo podría tener sobre los otros. Esa influencia se media en términos del grado de organización o desorganización de cada grupo en cuestión. Naturalmente era

---

<sup>1</sup> Formalmente se denominan tasas retributivas.

<sup>2</sup> Los decretos 3100 de 2003 y 1440 de 2004 son actualizaciones en algunos detalles del 901 y para fines de modelación son equivalentes a este.

de esperarse que en la medida en que hubiese asimetrías en la influencia (y por ende en la organización) entre los distintos grupos el resultado ambiental era socialmente ineficiente (menor o mayor reducción en los vertimientos de lo que sería socialmente óptimo).<sup>3</sup> Así, la eficiencia social requería que todos los grupos fueran igualmente influyentes ya sea porque estaban igualmente organizados o igualmente desorganizados.

En Restrepo (2006) solamente se anticipan los resultados en términos del grado de organización o desorganización relativa entre los distintos grupos. Salvo algunas justificaciones conceptuales basadas en la capacidad de contralar el problema del “evasor” (free rider) no existe un argumento preciso que justifique que un grupo decida organizarse o no. Una justificación para tal carencia en ese artículo es que allí el interés estaba centrado en conocer los posibles resultados debido a la existencia de los grupo de interés, no en conocer la existencia de una estructura de interacción estratégica entre los grupos.<sup>4</sup>

Al enfocarse en la estructura de la interacción se observa la naturaleza estratégica de la misma. Es decir, que las decisiones de cada grupo están en función no solo de sus propios intereses sino también de los intereses de los otros grupos. Se tiene, entonces, que al considerar si un grupo se organiza o no hay que tener en cuenta tanto sus deseos ambientales como el conocimiento de los deseos ambientales de los otros dos grupos. Cada grupo entiende bien que la mayor influencia o menor de un grupo de interés determinará un resultado ambiental que estará más cercano o más lejano a los deseos de dicho grupo.

Este documento se fundamenta en los resultados obtenidos por Restrepo (2006) en términos de calidad ambiental, pero intenta abordar las decisiones de los distintos grupos en términos de su capacidad para organizarse o no durante el proceso de concertación de la meta de reducción de la carga contaminante. Al final se espera obtener un resultado que permita inferir cual de los resultados mostrados en Restrepo (2006) pudiese ser el más probable que ocurra.

---

<sup>3</sup> Hay que recordar que la regulación ambiental intenta un equilibrio entre calidad ambiental y actividad económica.

<sup>4</sup> A lo sumo que se llega es a un análisis de pérdidas de peso muerto tal y como lo plantea Becker en sus artículos de 1983 y 1985.

Este documento se divide en cuatro partes en la primera se muestran los resultados obtenidos de Restrepo (2006), en la segunda se presenta un modelo de comportamiento estratégico mediante el cual se justifica la decisión de llegar organizado o no a la concertación de la meta de contaminación. En la tercera se presentan las conclusiones y en la cuarta las referencias bibliográficas.

## II. Grupos de interés y eficiencia social del nivel de contaminación.

La tasa retributiva para el control de los vertimientos de DBO y SST a los cuerpos de agua es esencialmente un impuesto pigouviano. Se pretende que “quien contamine pague”, haciendo que el pago por unidad de vertimiento sea igual al daño causado por dicha unidad.<sup>5</sup> El problema es que en la práctica resulta bastante complicado determinar el valor exacto del daño causado por cada unidad de vertimiento (véase Baumol y Oates, 1988). En consecuencia la normatividad de la tasa retributiva pretende aproximarse a este valor mediante dos acciones. Primero definir una meta de la reducción concertada de los vertimientos de DBO y SST para un tramo o cuerpo de agua previamente especificado, segundo, estableciendo que siempre que no se alcance la meta el valor a pagar por unidad de vertimiento se va incrementando hasta que la meta sea alcanzada en cuyo caso el monto a pagar por unidad de vertimiento permanece constante.<sup>6</sup>

De esta manera se considera que cuando se alcanza la meta se ha aproximado el equilibrio teórico entre valor a pagar y daño causado; lo que se va a traducir en un resultado caracterizado por un nivel de contaminación socialmente eficiente (véase Laffont, 1988).<sup>7</sup>

<sup>5</sup> En la teoría del impuesto pigouviano se establece que la tasa impositiva por contaminar sea igual al costo del daño marginal causado.

<sup>6</sup> Formalmente existen diferencias entre los decretos 901 de 1997 y 3100 de 2003 en esta parte, pero para los propósitos del modelo aquí planteado tales diferencias son irrelevantes.

<sup>7</sup> En palabras del decreto 901 de 1997. Es el nivel de contaminación que implica la mejor calidad ambiental posible sin perjuicio de las actividades económicas desarrolladas en el tramo.

La concertación involucra a todos los habitantes del tramo mediante la presencia de representantes de los distintos intereses (sociales, ambientales económicos etc.) que puedan existir dentro del tramo. Para propósitos de modelación todos los intereses pueden agruparse en tres: Capitalistas, Trabajadores y Ambientalistas.<sup>8</sup>

Supóngase que en el tramo se asientan  $n$  productores individuales, haciendo uso de su tecnología un productor produce una cantidad  $q_i$  de un bien  $i$ . De manera similar a como se agrega la producción nacional de un país para determinar el Producto Interno Bruto se supone que en este tramo se produce un producto agregado  $Q$  que es obtenido en un entorno competitivo. Producir  $Q$  requiere de un stock agregado de capital ( $K$ ), trabajo agregado ( $L$ ) y un nivel agregado de contaminación ( $E$ ). Debe suponerse que la contaminación es un factor productivo por el que no se paga precio alguno.

Como la legislación establece que la tasa retributiva debe ser tal que se logre calidad ambiental sin afectar considerablemente la actividad económica se va a suponer que no va a existir movilidad de factores desde y hacia otros tramos y que la concertación se hace únicamente sobre la calidad del recurso debido a las emisiones del tramo y no sobre la calidad debida a las emisiones de otros tramos.

Se supone que el producto agregado del tramo,  $Q$ , se produce con una tecnología que exhibe rendimientos constantes a escala y productividades marginales decrecientes. Siguiendo a Restrepo (2006) se tiene entonces que el producto está dado por:

$$Q=F(K,L,E) \quad (1)$$

Debido a los rendimientos constantes a escala se tiene

$$q=Lf(k,l,e) \quad (2)$$

$k$  y  $e$  son la razón capital-trabajo y la razón emisión-trabajo respectivamente. Se tiene, por consiguiente que la emisión del tramo se define en términos de trabajo.

---

<sup>8</sup> Véase Restrepo (2006) para una justificación de tal clasificación.

En un entorno competitivo los factores productivos se remunerarán por sus productividades marginales.<sup>9</sup> De la ecuación (2) se obtienen  $f_k$ ,  $f_e$  y  $f_k - kf_k - ef_e$  como los productos marginales del capital, la contaminación y el trabajo respectivamente. Las productividades marginales decrecientes implican que  $f_{kk}$  y  $f_{ee}$  sean negativas. Se supone que la contaminación y el capital son complementarios entonces  $f_{ke}$  es positivo.<sup>10</sup>

Se va a suponer que la población total del tramo es igual a la unidad donde  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  son las proporciones de trabajadores, capitalistas y ambientalistas dentro del tramo respectivamente.<sup>11</sup>

Supóngase que trabajadores y capitalistas reciben ingresos (salarios y rentas de capital respectivamente) como resultado de las actividades productivas del tramo. De otro lado los ambientalistas reciben ingresos exógenos.<sup>12</sup> Por lo tanto, trabajadores y capitalistas se interesan por la actividad económica del tramo; mientras que puede suponerse que los ambientalistas no lo hacen. Sin embargo, al vivir todos en el tramo los tres grupos son afectados por el nivel agregado de emisión, el cual se supone indivisible. Esto hace que trabajadores y capitalistas lo mismo que los ambientalistas también tienen preocupaciones ambientales.

Como la emisión de contaminante se hace por unidad de trabajador es necesario definir que un trabajador ofrece una unidad de trabajo a cambio de un salario  $\omega$  que está determinado por la ganancia de contratar un trabajador adicional: el producto marginal del trabajo más el producto adicional obtenido por el incremento en la polución,  $ef_e$ . Así:

$$\begin{aligned} \omega &= f - kf_k - ef_e + ef_e & (3) \\ \omega &= f - kf_k \end{aligned}$$

<sup>9</sup> Sin embargo, no se olvide que se supuso que no existe un precio por la contaminación usada como factor productivo.

<sup>10</sup> Incrementos en la contaminación aumentan el producto marginal del capital.

<sup>11</sup> Así,  $\alpha + \beta + \delta = 1$ .

<sup>12</sup> La normatividad establece que los ambientalistas son grupos sin “ánimo de lucro”.

Se supone que todos los grupos obtienen una utilidad positiva por consumir el producto agregado del tramo, pero también tienen una desutilidad debida a la contaminación total del tramo. Entonces:

$$U_i = C_i - \lambda_i E \quad (4)$$

Con  $i=W, C, A$  (Trabajadores, Capitalistas y Ambientalistas respectivamente). Se supone que las utilidades son aditivamente separables.

Donde  $C_i$  es el consumo del producto agregado del tramo por parte del grupo  $i$  y  $\lambda_i$  es la ponderación que cada grupo le da a la contaminación total del tramo. Se espera que la ponderación de los ambientalistas sea mayor que la de los capitalistas y los trabajadores y no hay ninguna expectativa a priori respecto a la comparación entre las ponderaciones de capitalistas y trabajadores.

El desarrollo del modelo que se hace desde esta parte está inspirado en el trabajo de Grossman y Helpman (1994). En su trabajo (el cual no trata de regulación ambiental) los grupos de interés reaccionan ante distintas decisiones de política propuestas por el hacedor de políticas (el cual se puede llamar regulador si se quiere). En una estructura de interrelación estratégica conocida como *menú de subastas* (menú auctions), y donde ningún grupo de interés encara problemas de evasor (free-rider), el regulador observa cómo cada política propuesta trae aparejada una serie de presiones por parte de los regulados. En el caso que aquí interesa se supone que el regulador es la Autoridad Ambiental (AA), que la decisión de política se hace sobre un nivel de contaminación ( $e$ ) y que los grupos de interés ejercen un menú de presiones  $p_i(e)$  contingente al nivel de contaminación establecido.



De acuerdo a enfoque establecido por Grossman y Helpman (1994). La relación estratégica entre AA y grupos de interés permite construir las siguientes funciones de bienestar para cada uno de los grupos:<sup>13</sup>

$$V_W = \alpha(f - kf_k) - \alpha E \quad (5)$$

$$V_K = Kf_k - \beta E \quad (6)$$

$$V_A = Y_A - \delta E \quad (7)$$

Con  $Y_A$  como el ingreso exógeno de los ambientalistas.

Al considerar a la AA como el hacedor de política que intenta tomar decisiones que mejoren el bienestar de los distintos grupos de interés, pero que al mismo tiempo se ve presionado por las decisiones que toma se puede definir un problema de optimización para la AA en una estructura de agencia común (common agency) planteado por Bernheim y Whinston (1986). Bajo información completa, en un problema de agencia común varios principales inducen a un único agente (agente común) a tomar una decisión que puede ser costosa para este. De esta manera la Autoridad Ambiental tiene una función de bienestar dada por:

$$V_{AA} = \sum_{i=W,C,A} [bV_i(e) + I_i P_i(e)] \quad (8)$$

Con  $b \geq 0$  como la ponderación que la AA le pone al bienestar social,  $I_i$  es una variable que toma el valor de uno si el grupo de interés  $i$  es un grupo organizado y de cero si no lo está.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> El primer término de la ecuación (5) se justifica porque solamente  $\alpha$  de los trabajadores que laboran en el tramo viven en él. De otro lado, debe considerarse que los capitalistas, mejor que individuos, son empresas que no pueden ir a dormir en la noche al tramo vecino, por lo que son tomados en su totalidad dentro del primer término de la ecuación (7). Igual acontece con los ambientalistas, pues son todos los residentes preocupados por la calidad ambiental del tramo. Los segundos términos de las tres ecuaciones indican las respectivas proporciones de residentes que son afectados por la contaminación.

<sup>14</sup> Intuitivamente pudiera pensarse que las presiones deberían entrar con signo negativo en la función de bienestar de la AA, pero en los modelos estándar de agencia común basados en menú de subastas la presión adquiere una connotación positiva en la forma de contribuciones para el regulador. En el caso del modelo aquí desarrollado puede

Como se ha definido en la ecuación (8) los niveles de emisiones implican presiones contingentes a las mismas. Por lo tanto las estrategias corresponden a emisiones. Dada la naturaleza del problema de agencia común utilizado aquí se tiene que el juego desarrollado entre el principal (los grupos de interés) y el agente (la autoridad ambiental) es un juego no cooperativo de dos etapas. En la primera, cada grupo de interés presenta a la AA un menú que indica las distintas presiones asociadas con cada nivel factible de emisiones. En la segunda, la AA de acuerdo a las presiones indicadas selecciona un nivel de emisiones y asume las presiones asociadas al mismo. De la ecuación (8) es evidente que la AA intenta un resultado balanceado entre bienestar social y presiones sociales.

Adicionalmente si se considera que las presiones ejercidas por los grupos de interés son verdaderas, es decir que expresan realmente las preferenciales que los grupos tienen por los niveles de contaminación entonces se dice que las emisiones de equilibrio corresponden a un *equilibrio de Nash verdadero* (Truthful Nash Equilibrium).

Entonces bajo el supuesto de presiones verdaderas Grossman y Helpman (1994) demuestran que la ecuación (8) puede reescribirse como:

$$V_{AA}(e) = \sum_{i=W,C,A} (b + I_i) V_i(e) \quad (9)$$

Si se supone una solución interior, la condición de primer orden para la maximización de (9) es:

$$\sum_{i=W,C,A} (b + I_i) \frac{dV_i(e)}{de} = 0 \quad (10)$$

El nivel de emisiones que satisface (10) es el nivel de contaminación de equilibrio y como ya se dijo es un equilibrio de Nash verdadero.

---

considerarse que las presiones también son positivas si se considera que éstas adquieren la forma de colaboraciones, apoyos, participaciones etc.

Una implicación importante de los problemas de agencia común basados en menú de subastas y presiones verdaderas es que el equilibrio de Nash verdadero es único y estable. Además, solamente es socialmente eficiente si todos los grupos están organizados o si todos los grupos no lo están. Asimetrías en la organización de los grupos lleva a equilibrios de Nash que son socialmente ineficientes. En consecuencia cuando  $I_i=1$  ó  $I_i=0$  para todo  $i=W, C, A$ , la condición de primer orden (10) se transforma en:

$$\sum_{i=W,C,A} \frac{dV_i(e)}{de} = 0 \quad (11)$$

Solamente los valores de  $e$  que satisfacen esta ecuación son tanto equilibrio como socialmente eficientes.

Si se supone que el número de trabajadores que viven fuera del tramo no es significativo entonces  $L \approx \alpha$ . En ese caso se tiene que

$$E=Le=ae \quad (12)$$

$$K=Lk=\alpha k \quad (13)$$

Haciendo uso de las ecuaciones (3), (12) y (13) y recordando que  $\pi=kf_k$  se pueden reescribir (5), (6) y (7) como:

$$V_W=\alpha\omega\alpha^2e \quad (14)$$

$$V_C=\alpha\pi\alpha\beta e \quad (15)$$

$$V_A=Y_A-\alpha\delta e \quad (16)$$

Derivando estas ecuaciones con respecto al nivel de emisiones  $e$ , utilizando  $\omega_e=f_e-kf_{ke}$  y  $\pi_e=kf_{ke}$  y sustituyendo en (11) y reordenando se tiene:

$$\omega_e+\pi_e=\alpha+\beta+\delta=1 \quad (17)$$

Sean  $\eta = \frac{\varepsilon}{\omega} \omega_{\varepsilon}$  la elasticidad-emisión del salario y  $\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\pi} \pi_{\varepsilon}$  la elasticidad-emisión del ingreso. Despejando las derivadas del salario y el ingreso con respecto a la emisión de estas ecuaciones, sustituyendo en (17) e invirtiendo se tiene:

$$e^* = \eta\omega + \varepsilon\pi \quad (18)$$

Donde  $e^*$  es el nivel de emisiones de equilibrio el cual es un equilibrio de Nash verdadero y es también el nivel de emisiones socialmente eficiente.

Restrepo (2006) muestra que no siempre que todos los grupos estén organizados o que no todos estén no organizados el nivel de contaminación de equilibrio está dado por:

$$e = \frac{(b+I_W)\eta\omega + (b+I_K)\varepsilon\pi}{\sum_{i=\alpha,\beta,\delta} (b+I_A)i} \quad (19)$$

Solamente cuando todos los  $I$  son iguales a uno o a cero el equilibrio de Nash de la ecuación (19) es también el nivel de contaminación socialmente eficiente, pero siempre que uno o dos grupos fallen para organizarse existirá una distorsión en el nivel de contaminación con respecto a  $e^*$  en ese caso se diría que el equilibrio de Nash verdadero es socialmente ineficiente.

Hay que tener en cuenta que hay tantos equilibrios de Nash como variantes puedan haber en las organizaciones de los tres grupos, formalmente pueden establecerse seis equilibrios de Nash socialmente ineficientes.

- **Caso 1:**  $I_W=0, I_C=0, I_A=1$ .

El equilibrio de Nash verdadero en este caso se obtiene sustituyendo en (19):

$$e_A = \frac{b}{b+\delta} e^* \quad (20)$$

Con  $\frac{b}{b+\delta} < 1$ .

- **Caso 2:**  $I_W=1, I_C=0, I_A=1$

$$e_{WA} = \frac{b+1}{b+\alpha+\delta} \eta\omega + \frac{b}{b+\alpha+\delta} \varepsilon\pi \quad (21)$$

Con  $\frac{b+1}{b+\alpha+\delta} > 1$  y  $\frac{b}{b+\alpha+\delta} < 1$ .

- **Caso 3:**  $I_W=1, I_C=1, I_A=0$

$$e_{WC} = \frac{b+1}{b+\alpha+\beta} e^* \quad (22)$$

Con  $\frac{b+1}{b+\alpha+\beta} > 1$ .

- **Caso 4:**  $I_W=0, I_C=1, I_A=1$

$$e_{CA} = \frac{b}{b+\beta+\delta} \eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta+\delta} \varepsilon\pi \quad (23)$$

Con  $\frac{b}{b+\beta+\delta} < 1$  y  $\frac{b+1}{b+\beta+\delta} > 1$ .

- **Caso 5:**  $I_W=0, I_C=1, I_A=0$

$$e_C = \frac{b}{b+\beta} \eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta} \varepsilon\pi \quad (24)$$

Con  $\frac{b}{b+\beta} < 1$  y  $\frac{b+1}{b+\beta} > 1$ .

- **Caso 6:**  $I_W=1, I_C=0, I_A=0$

$$e_W = \frac{b+1}{b+\alpha} \eta\omega + \frac{b}{b+\alpha} \varepsilon\pi \quad (25)$$

Con  $\frac{b+1}{b+\alpha} > 1$  y  $\frac{b}{b+\alpha} < 1$ .

En cada uno de estos casos el nivel de emisiones es un equilibrio de Nash verdadero y es un nivel de contaminación socialmente ineficiente. En algunos casos es ineficientemente bajo (caso 1), en otro ineficientemente alto (caso 3) y en los demás no es posible conocer la dirección de la ineficiencia salvo que se hagan consideraciones adicionales sobre las preferencias de los grupos de interés. Sería interesante conocer cuál de estos seis casos sería el más probable de ocurrir; para ello hay que aplicar comportamientos estratégicos entre los grupos de interés.

### III. Comportamientos estratégicos entre los grupos de interés.

La teoría de juegos se dedica al análisis de las decisiones de los agentes económicos en un entorno de comportamiento estratégico (Rasmusen, 2007). Mientras que en la teoría de la elección los agentes toman decisiones sin considerar las reacciones que están puedan generar sobre los demás y la manera en que tales reacciones los afectan, en la teoría de juegos los agentes sí tienen en cuenta estos efectos de sus decisiones y por tal motivo sus decisiones tienen un carácter estratégico (Osborne y Rubinstein, 1994).

En este sentido piénsese en tres grupos de interés, los cuales pueden entenderse en su calidad de gremio como un individuo representativo de cada uno de los miembros de cada grupo. Se tiene entonces un modelo con tres agentes. Dado el poco número de agentes es razonable pensar que puede existir interacción estratégica entre ellos y que por lo tanto tomaran decisiones que se pueden analizar a la luz de la teoría de juegos (Vega Redondo, 2003). Así, inicialmente hay que definir las reglas del juego bajo las cuales estarán interactuando los tres jugadores.

El decreto 901 define que solamente quienes habitan en el tramo pueden participar del proceso de concertación así se va a suponer que capitalistas, trabajadores y ambientalistas se ven afectados por la contaminación. Y que sus funciones de bienestar están dadas por las ecuaciones (14), (15) y (16).

Se supone que cada grupo conoce que su grado de organización determina la influencia que pueda tener durante el proceso de concertación.<sup>15</sup> Un grupo puede decidir entre decidir organizarse o no hacerlo al interactuar con los otros grupos. Organizarse implica que el grupo es capaz de ejercer una presión efectiva durante la concertación y que por ende pueda influir en el nivel de contaminación que se pacte. Si el grupo no está organizado no será capaz de ejercer presión y de ninguna manera será capaz de influir en la contaminación pactada. Adicionalmente, al momento de llegar a la concertación ningún grupo sabe si los otros grupos se han organizado o no.

En consecuencia el juego así planteado puede expresarse en su forma normal o estratégica de la siguiente manera:

|              |         | Ambientalistas  |   |
|--------------|---------|---|---|
|              |         | $I_A=1$   |   |
|              |         | Capitalistas  |   |
|              |         | $I_C=1$   | $I_C=0$   |
| Trabajadores | $I_W=1$ | $e^*$ ,<br>$e^*$ ,<br>$e^*$   | $\frac{b+1}{b+\alpha+\delta}\eta\omega + \frac{b}{b+\alpha+\delta}\varepsilon\pi$ ,<br>$\frac{b+1}{b+\alpha+\delta}\eta\omega + \frac{b}{b+\alpha+\delta}\varepsilon\pi$ ,<br>$\frac{b+1}{b+\alpha+\delta}\eta\omega + \frac{b}{b+\alpha+\delta}\varepsilon\pi$ |
|              | $I_W=0$ | $\frac{b}{b+\beta+\delta}\eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta+\delta}\varepsilon\pi$ ,<br>$\frac{b}{b+\beta+\delta}\eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta+\delta}\varepsilon\pi$ ,<br>$\frac{b}{b+\beta+\delta}\eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta+\delta}\varepsilon\pi$ | $\frac{b}{b+\delta}e^*$ ,<br>$\frac{b}{b+\delta}e^*$ ,<br>$\frac{b}{b+\delta}e^*$   |

<sup>15</sup> Al igual que hace Restrepo (2006) aquí se supone implícitamente que organizarse implica tener capacidad de influir en la concertación. En la práctica puede ocurrir que incluso grupos organizados no tengan influencia. Becker (1983 y 1985) analiza las limitaciones que en influencia pueda tener un grupo de interés.

| Ambientalistas    |                   |   |   |
|-------------------|-------------------|---|---|
| I <sub>A</sub> =0 |                   |   |   |
| Capitalistas      |                   |   |   |
|                   |                   | I <sub>C</sub> =1   | I <sub>C</sub> =0   |
| Trabajadores      | I <sub>W</sub> =1 | $\frac{b+1}{b+\alpha+\beta} e^*$ $\frac{b+1}{b+\alpha+\beta} e^*$ $\frac{b+1}{b+\alpha+\beta} e^*$  | $\frac{b+1}{b+\alpha} \eta\omega + \frac{b}{b+\alpha} \varepsilon\pi,$ $\frac{b+1}{b+\alpha} \eta\omega + \frac{b}{b+\alpha} \varepsilon\pi,$ $\frac{b+1}{b+\alpha} \eta\omega + \frac{b}{b+\alpha} \varepsilon\pi$ |
|                   | I <sub>W</sub> =0 | $\frac{b}{b+\beta} \eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta} \varepsilon\pi,$ $\frac{b}{b+\beta} \eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta} \varepsilon\pi,$ $\frac{b}{b+\beta} \eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta} \varepsilon\pi$ | $e^*$ $e^*$ $e^*$   |

Los pagos de los distintos grupos están dados por las ecuaciones (14), (15) y (16). Los valores de las emisiones se toman de las ecuaciones (18), (20) a (25). Para simplificar solamente se ha incluido en la matriz de pagos las emisiones correspondientes al equilibrio socialmente eficiente y a los equilibrios de los seis casos indicados en la sección anterior.

No se puede pensar que un menor nivel de emisiones implica un mayor valor de las funciones de bienestar (14), (15) y (16). Recuérdese que si bien es cierto que la contaminación reduce el bienestar (al entrar con signo negativo en el segundo término de (14), (15) y (16)), también lo incrementa ya que salarios ( $\omega$ ) y beneficios ( $\pi$ ) dependen positivamente de los niveles de contaminación. No hay que olvidar que el producto se obtiene contaminando. Solamente para los ambientalistas no se tiene ninguna ambigüedad de que menor contaminación implica mejoras en su función de bienestar (véase ecuación (16)). Por lo tanto, la mejor respuesta de los ambientalistas respecto a las decisiones de los demás es escoger el menor nivel de contaminación posible.



A partir de las mejores respuestas es evidente que para los ambientalistas escoger no organizarse nunca es la mejor respuesta. Entonces, organizarse es la estrategia fuertemente dominante para los ambientalistas. No existe ninguna conjetura de que los ambientalistas puedan no organizarse y por tal motivo no se espera que puedan llegar no organizados a la concertación, por lo tanto, por eliminación iterada de estrategias fuertemente dominadas se elimina la estrategia no organizarse para ambientalistas y el juego se reduce a:

|              |         | Capitalistas  |   |
|--------------|---------|---|---|
|              |         | $I_C=1$   | $I_C=0$   |
| Trabajadores | $I_W=1$ | $e^*$ ,<br>$e^*$ ,<br>$e^*$   | $\frac{b+1}{b+\alpha+\delta}\eta\omega + \frac{b}{b+\alpha+\delta}\varepsilon\pi$ ,<br>$\frac{b+1}{b+\alpha+\delta}\eta\omega + \frac{b}{b+\alpha+\delta}\varepsilon\pi$ ,<br>$\frac{b+1}{b+\alpha+\delta}\eta\omega + \frac{b}{b+\alpha+\delta}\varepsilon\pi$ |
|              | $I_W=0$ | $\frac{b}{b+\beta+\delta}\eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta+\delta}\varepsilon\pi$ ,<br>$\frac{b}{b+\beta+\delta}\eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta+\delta}\varepsilon\pi$ ,<br>$\frac{b}{b+\beta+\delta}\eta\omega + \frac{b+1}{b+\beta+\delta}\varepsilon\pi$ | $\frac{b}{b+\delta}e^*$ ,<br>$\frac{b}{b+\delta}e^*$ ,<br>$\frac{b}{b+\delta}e^*$   |

Ya se sabe que los ambientalistas van a llegar organizados al proceso de concertación, por lo tanto los casos que hasta ahora han sobrevivido a la eliminación de estrategias no racionalizables son el uno, el dos y el cuatro junto con la situación de eficiencia en la cual todos están organizados. ¿Es posible reducir aún más el número de casos?

El juego mostrado en la última matriz de pagos no es concluyente. Los resultados dependerán de los parámetros y en especial de los correspondientes a las proporciones poblacionales de los distintos grupos. Por ejemplo, no organizarse para los dos grupos (trabajadores y capitalistas) podría ser equilibrio de Nash si la proporción de ambientalistas es muy grande y cercana a uno. De (14) y (15) se observa que si la población de estos

grupos es muy pequeña su bienestar es cercano a cero, así que no habrá grandes pérdidas de bienestar para estos grupos si no se organizan y el equilibrio de Nash verdadero esta dado por las estrategias organizarse para ambientalistas y no organizarse para los restantes. En consecuencia el resultado sería el caso uno y entonces el nivel de contaminación estaría por debajo del socialmente óptimo. No puede dudarse que se trata de un resultado esperado. Una gran cantidad de ambientalistas que ya se saben se van a organizar no generan incentivos a organizarse para los pocos habitantes restantes.

De las ecuaciones (14) y (15) es obvio que si un grupo posee una proporción muy pequeña dentro de la población total no le interesará organizarse, solo lo hará el grupo más grande ya que puede experimentar pérdidas por niveles de contaminación muy bajos (que sería lo que ocurriría si sólo se deja a los ambientalistas organizados). En consecuencia, una reducida población de trabajadores podría dejar al caso cuatro como el equilibrio de Nash verdadero. Pero si estos son muchos mientras los capitalistas son pocos, el caso 2 sería el equilibrio de Nash verdadero.

Una observación de estos posibles resultados es que ambos implicarían niveles de contaminación inferiores a los socialmente óptimos. Ya que los ambientalistas estarían organizados serán capaces de influir por muy bajos niveles de emisión. Por su parte, los capitalistas (trabajadores), interesados en sus beneficios (salarios) quisieran mayores emisiones, pero como también se preocupan por la contaminación estarían dispuestos a aceptar mayores reducciones en la misma. Y lo harían más allá de lo que estarían dispuestos a aceptar si también estuvieran dentro de sus preocupaciones los ingresos del grupo no organizado.

De esta manera, parece ser que si todos los intereses durante la concertación tienen preocupaciones ambientales (además de preocupaciones por ingresos) y existen grupos ambientalistas bien organizados que puedan hacer notar el problema de la contaminación

las tasas retributivas pueden llevar a reducciones significativas en las emisiones (incluso por debajo de lo que es socialmente óptimo).<sup>16</sup>

Además de un equilibrio de Nash en estrategias puras (o estricto si se usa la definición de Fudenberg y Tirole, 1991), puede indagarse por el resultado en ámbito de las estrategias mixtas.

Si en la última matriz de pagos se supone que  $p$  es la probabilidad de que los trabajadores decidan organizarse y  $q$  es la probabilidad de que los capitalistas lo hagan, se tiene que los trabajadores estarían dispuestos a aleatorizar sus estrategias siempre que:

$$qe^* + (1-q)e_{WA} = qe_{CA} + (1-q)e_A \quad (26)$$

Los capitalistas también aleatorizarán si:

$$pe^* + (1-p)e_{CA} = pe_{WA} + (1-p)e_A \quad (27)$$

Reordenando y despejando  $p$  y  $q$  en cada ecuación se tiene:

$$q = \frac{e_A - e_{WA}}{e^* + e_A - e_{WA} - e_{CA}} \quad (28)$$

Y

$$p = \frac{e_A - e_{CA}}{e^* + e_A - e_{WA} - e_{CA}} \quad (29)$$

---

<sup>16</sup> Este resultado parece contradecir a Restrepo (2006) donde se indica que en algunos casos la contaminación permitida podría estar por encima de la socialmente óptima. El asunto es que en Restrepo (2006) se abordaba el problema como uno de comportamiento estratégico entre el principal y los agentes y no entre los agentes como es el caso aquí. Además, en Restrepo (2006) se presentaban los posibles resultados ante distintos escenarios y se incluían aquellos donde los ambientalistas no estaban organizados.

El conocimiento preciso de las proporciones de las poblaciones, de las elasticidades-emisión del salario y el beneficio, lo mismo que de los niveles de beneficios y salarios permitirá determinar la probabilidad de que ambos grupos decidan organizarse dado que los ambientalistas están organizados. Si no existen grandes diferencias entre los niveles de contaminación establecidos por los ambientalistas si ellos son los únicos organizados versus los existentes si trabajadores y capitalistas se organizan estos pueden tener poco interés en organizarse. Ocurriría lo contrario si las diferencias fueran importantes. Igual que en las estrategias puras los parámetros determinarán las decisiones de los distintos grupos.

#### IV. Conclusiones

El comportamiento estratégico entre autoridades ambientales y grupos de interés sugiere que es posible que existan niveles de contaminación por encima o por debajo de los socialmente eficientes si existen asimetrías entre las influencias de los distintos grupos. Sin embargo, el comportamiento estratégico entre los distintos grupos de interés sugiere que tal distorsión en el nivel de emisión pudiera tener un sesgo hacia niveles de contaminación ineficientemente bajos siempre que los ambientalistas sean capaces de llegar al proceso de concertación como un grupo de interés bien organizado. En ese caso la organización de al menos uno de los otros grupos conducirá a emisiones ineficientemente bajas desde el punto de vista social.

Resulta importante tratar de matizar un poco la influencia de grupos ambientalistas durante la concertación de la meta de contaminación para evitar reducciones que pueden resultar costosas para la actividad económica del tramo. Incluso pudiese ocurrir que se pacten metas que no es posible de alcanzar. Claro que esto se debe hacer teniendo en cuenta que no contar con la presencia de ambientalistas con la suficiente influencia pudiera conducir a reducción muy bajas produciéndose, entonces, niveles de contaminación ineficientemente altos.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Véase Restrepo (2006) para un análisis más detallado de tales distorsiones.

La autoridad ambiental además de datos ambientales también debe incorporar dentro de su información datos demográficos, sociales y económicos de los distintos intereses que intervienen durante la concertación. Ello le servirá para tener una idea de los sesgos que pudiera llegar a tener el proceso y por ende actuar en su corrección. La autoridad ambiental no puede olvidar que el correcto funcionamiento de la tasa retributiva yace en su capacidad para lograr un balance entre calidad ambiental y actividad económica. Es decir, la regulación debe propender por la eficiencia de las tasas tratando de reducir cualquier distorsión que pudiera darse. No hay que olvidar que las desviaciones de los resultados eficientes sólo favorecen a los grupos más influyentes en detrimento del bienestar colectivo.

## V. Bibliografía

- BAUMOL, William J. and OATES, Wallace E., (1988). *The theory of Environmental Policy*, 2<sup>nd</sup> Ed., Cambridge University Press, 312 pgs.
- BECKER, Gary, (1983). "A Theory of Competition among Pressure Groups for Political Influence", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 98, No. 3, pp. 371-400.
- \_\_\_\_\_, (1985). "Public Policies, Pressure Groups, and Dead Weight Costs", *Journal of Public Economics*, Vol. 28, No. 3, pp. 329-347.
- BERNHEIM, B. Douglas and WHINSTON, Michael D., (1986). "Menu Auctions, Resource Allocation, and Economic Influence", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 101, No. 1, pp. 1-31.
- FUDENBERG, Drew and TIROLE, Jean, (1991). *Game Theory*, the MIT Press, 603 pgs.
- GROSSMAN, Gene M. and HELPMAN, Elhanan, (1994). "Protection for Sale", *American Economic Review*, Vol. 84, No. 4, pp. 833-850.
- LAFFONT, Jean-Jacques, (1988), *Fundamentals of Public Economics*, the MIT Press, 287 pgs.
- OSBORNE, Martin and RUBINSTEIN, Ariel, (1994). *A Course in Game Theory*, the MIT Press, 368 pgs.
- RASMUSEN, Eric, (2007). *Games and Information: An Introduction to Game Theory*, 4<sup>th</sup> Ed., Blackwell Publishing, 560 pgs.
- RESTREPO, Medardo (2006). "Grupos de Interés y Regulación Ambiental en Colombia: El caso de los recursos hídricos". *Lecturas de Economía* No. 65, pp. 143-176.
- VEGA-REDONDO, Fernando, (2003). *Economics and the Theory of Games*, Cambridge University Press, 524 pgs.

## Borradores del CIE

| No. | Título   | Autor(es)  | Fecha              |
|-----|--|--|--------------------|
| 01  | Organismos reguladores del sistema de salud colombiano: conformación, funcionamiento y responsabilidades.                                  | Durfari Velandia Naranjo<br>Jairo Restrepo Zea<br>Sandra Rodríguez Acosta  | Agosto de 2002     |
| 02  | Economía y relaciones sexuales: un modelo económico, su verificación empírica y posibles recomendaciones para disminuir los casos de sida. | Marcela Montoya Múnera<br>Danny García Callejas  | Noviembre de 2002  |
| 03  | Un modelo RSDAIDS para las importaciones de madera de Estados Unidos y sus implicaciones para Colombia                                     | Mauricio Alviar Ramírez<br><br>Medardo Restrepo Patiño<br>Santiago Gallón Gómez  | Noviembre de 2002  |
| 04  | Determinantes de la deserción estudiantil en la Universidad de Antioquia   | Johanna Vásquez Velásquez<br>Elkin Castaño Vélez<br>Santiago Gallón Gómez<br><br>Karoll Gómez Portilla   | Julio de 2003      |
| 05  | Producción académica en Economía de la Salud en Colombia, 1980-2002  | Karem Espinosa Echavarría<br>Jairo Humberto Restrepo Zea<br>Sandra Rodríguez Acosta  | Agosto de 2003     |
| 06  | Las relaciones del desarrollo económico con la geografía y el territorio: una revisión.  | Jorge Lotero Contreras   | Septiembre de 2003 |
| 07  | La ética de los estudiantes frente a los exámenes académicos: un problema relacionado con beneficios económicos y probabilidades           | Danny García Callejas  | Noviembre de 2003  |
| 08  | Impactos monetarios e institucionales de la deuda pública en Colombia 1840-1890  | Angela Milena Rojas R.   | Febrero de 2004    |
| 09  | Institucionalidad e incentivos en la educación básica y media en Colombia  | David Fernando Tobón<br>Germán Darío Valencia<br>Danny García<br>Guillermo Pérez<br>Gustavo Adolfo Castillo                                    | Febrero de 2004    |
| 10  | Selección adversa en el régimen contributivo de salud: el caso de la EPS de Susalud  | Johanna Vásquez Velásquez<br>Karoll Gómez Portilla   | Marzo de 2004      |
| 11  | Diseño y experiencia de la regulación en salud en Colombia   | Jairo Humberto Restrepo Zea<br>Sandra Rodríguez Acosta   | Marzo de 2004      |
| 12  | Economic Growth, Consumption and Oil Scarcity in Colombia:<br>A Ramsey model, time series and panel data approach                          | Danny García Callejas  | Marzo de 2005      |
| 13  | La competitividad: aproximación conceptual desde la teoría del crecimiento y la geografía económica  | Jorge Lotero Contreras<br>Ana Isabel Moreno Monroy<br>Mauricio Giovanni Valencia Amaya   | Mayo de 2005       |
| 14  | La curva Ambiental de Kuznets para la calidad del agua: un análisis de su validez mediante raíces unitarias y cointegración                | Mauricio Alviar Ramírez<br>Catalina Granda Carvajal<br>Luis Guillermo Pérez Puerta<br>Juan Carlos Muñoz Mora<br>Diana Constanza Restrepo Ochoa | Mayo de 2006       |
| 15  | Integración vertical en el sistema de salud colombiano:<br>Aproximaciones empíricas y análisis de doble marginalización                    | Jairo Humberto Restrepo Zea<br>John Fernando Lopera Sierra<br>Sandra Rodríguez Acosta  | Mayo de 2006       |
| 16  | Cliometrics: a market account of a scientific community (1957-2005)  | Angela Milena Rojas  | Septiembre de 2006 |

|  |  |   |                    |
|--|--|---|--------------------|
| 17   | Regulación ambiental sobre la contaminación vehicular en Colombia: ¿hacia donde vamos?   | David Tobón Orozco<br>Andrés Felipe Sánchez Gandur<br>Maria Victoria Cárdenas Londoño   | Septiembre de 2006 |
| 18   | Biology and Economics: Metaphors that Economists usually take from Biology   | Danny García Callejas   | Septiembre de 2006 |
| 19   | Perspectiva Económica sobre la demanda de combustibles en Antioquia  | Elizeth Ramos Oyola<br>Maria Victoria Cárdenas Londoño<br>David Tobón Orozco  | Septiembre de 2006 |
| 20   | Caracterización económica del deporte en Antioquia y Colombia: 1998-2001   | Ramón Javier Mesa Callejas<br>Rodrigo Arboleda Sierra<br>Ana Milena Olarte Cadavid<br>Carlos Mario Londoño Toro<br>Juan David Gómez<br>Gonzalo Valderrama                             | Octubre de 2006    |
| 21   | Impacto Económico de los Juegos Deportivos Departamentales 2004: el caso de Santa Fe De Antioquia                                | Ramón Javier Mesa Callejas<br>Ana Milena Olarte Cadavid<br>Nini Johana Marín Rodríguez<br>Mauricio A. Hernández Monsalve<br>Rodrigo Arboleda Sierra                                   | Octubre de 2006    |
| 22   | Diagnóstico del sector deporte, la recreación y la educación física en Antioquia   | Ramón Javier Mesa Callejas<br>Rodrigo Arboleda Sierra<br>Juan Francisco Gutiérrez Betancur<br>Mauricio López González<br>Nini Johana Marín Rodríguez<br>Nelson Alveiro Gaviria García | Octubre de 2006    |
| 23   | Formulación de una política pública para el sector del deporte, la recreación y la educación física en Antioquia                 | Ramón Javier Mesa Callejas<br>Rodrigo Arboleda Sierra<br>Juan Francisco Gutiérrez Betancur<br>Mauricio López González<br>Nini Johana Marín Rodríguez<br>Nelson Alveiro Gaviria García | Octubre de 2006    |
| 24   | El efecto de las intervenciones cambiarias: la experiencia colombiana 2004-2006  | Mauricio A. Hernández Monsalve<br>Ramón Javier Mesa Callejas  | Octubre de 2006    |
| 25   | Economic policy and institutional change: a contex-specific model for explaining the economic reforms failure in 1970's Colombia | Angela Milena Rojas   | Noviembre de 2006  |
| 26   | Definición teórica y medición del Comercio Intraindustrial   | Ana Isabel Moreno M.<br>Héctor Mauricio Posada D  | Noviembre de 2006  |
| <b>Borradores Departamento de Economía</b> |  |   |                    |
| 27   | Aportes teóricos al debate de la agricultura desde la economía   | Marleny Cardona Acevedo<br>Yady Marcela Barrero Amortegui<br>Carlos Felipe Gaviria Garcés<br>Ever Humberto Álvarez Sánchez<br>Juan Carlos Muñoz Mora                                  | Septiembre de 2007 |
| 28   | Competitiveness of Colombian Departments observed from an Economic geography Perspective   | Jorge Lotero Contreras<br>Héctor Mauricio Posada Duque<br>Daniel Valderrama   | Abril de 2009      |
| 29   | La Curva de Engel de los Servicios de Salud En Colombia. Una Aproximación Semiparamétrica  | Jorge Barrientos Marín<br>Juan Miguel Gallego<br>Juan Pablo Saldarriaga   | Julio de 2009      |
| 30   | La función reguladora del Estado: ¿qué regular y por qué?: Conceptualización y el caso de Colombia                               | Jorge Hernán Flórez Acosta  | Julio de 2009      |
| 31   | Evolución y determinantes de las exportaciones industriales regionales: evidencia empírica para Colombia, 1977-2002              | Jorge Barrientos Marín<br>Jorge Lotero Contreras  | Septiembre de 2009 |
| 32   | La política ambiental en Colombia: Tasas retributivas y Equilibrios de Nash  | Medardo Restrepo Patiño   | Octubre de 2009    |