

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE JUEGOS A LA POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL

Manuel Jesús Huelva Trisancho

Luisa Monroy Berjillos

Dpto. Economía Aplicada III. Universidad de Sevilla.

1. INTRODUCCIÓN

Muchos de los problemas medioambientales que se presentan actualmente en todo el mundo, tienen una característica particular en común y es que implican interacciones estratégicas e interdependencias entre los agentes económicos. Por ejemplo, el recalentamiento del planeta va aumentando por las acciones de todos los países del mundo, pues cada uno de ellos contribuye a este efecto global. Para alcanzar reducciones significativas en el recalentamiento, muchos países tendrán que reducir sus emisiones de gases que producen el efecto invernadero, como dióxido de carbono y metano. Sin embargo, se ha puesto de manifiesto que, conseguir acuerdos mundiales para cortar la emisión de estos gases, es una tarea muy complicada. Estas interdependencias estratégicas, también pueden existir en política medioambiental y problemas medioambientales nacionales. Por ejemplo, en las interacciones entre las empresas y los encargados de comprobar el cumplimiento de las normas medioambientales, o entre las empresas en los mercados de licencias de emisión¹ (Aguilera 1992).

En los últimos años, la Teoría de Juegos viene siendo una herramienta de análisis muy poderosa en los problemas que surgen en la economía del medioambiente, especialmente en el estudio de los problemas de polución que traspasan las fronteras de los países, (Botteon y Carraro, 1998, Folmer y otros, 1993). En este trabajo aplicamos los modelos de la Teoría de Juegos a un problema de gestión del medioambiente en el que analizamos los comportamientos de Administración y empresa privada ante el control e inspecciones de vertidos contaminantes en una cuenca fluvial.

En los últimos meses, debido a un desastre ecológico de grandes dimensiones, como ha sido la rotura de la presa de residuos tóxicos de las minas de Aznalcollar, que han afectado al área de parque de Doñana, se ha despertado un cierto dilema en torno a las inspecciones que la Administración, y en concreto de la encargada de la vigilancia del cumplimiento de la legislación ambiental, ha venido realizando.

En las inspecciones de vertidos, pueden darse varias opciones. Es difícil, salvo en el caso de vertidos localizados puntualmente y claramente diferenciables en origen, delimitar la responsabilidad y así la persona (física o jurídica) que debe hacer frente a los costes de la descontaminación. Del mismo modo, dado que existen vertidos que sólo pueden localizarse en un periodo de tiempo, debe coincidir la inspección con el daño ambiental².

De otra parte, habría que considerar el coste de inspección (Pampillón y Ruiz, 1985), dado por variables como el personal especializado necesario, el tiempo en que se realiza, la asiduidad con que se lleve a cabo, los desplazamientos necesarios, materiales,...

Por último, aunque no va ser considerado en el caso práctico, un desequilibrio medioambiental como el que nos ocupa, al margen del daño que permanece como secuela, se traduce en puestos de trabajo generados en el sector medioambiental³ (Gómez, 1992).

En diversos encuentros de Ciencia Regional se ha planteado la discusión entre el principio "*Quien contamina paga*", y el de "*Quien contamina descontamina*", (Ferreiro, 1992). Este último ha dado lugar a

los permisos de contaminación limitados, y las organizaciones ecologistas por su parte reclaman un debate sobre éstos. A continuación veremos que se puede hacer desde Andalucía en este debate.

2.- Planteamiento de las Estrategias de Actuación

La Administración se encuentra en un dilema. *Si inspecciona*, puede encontrarse con una determinación / medición correcta o incorrecta sobre la existencia de un vertido. Normalmente, la Administración delega la función inspectora en empresas colaboradoras:

- Si realiza mediciones correctas sobre una empresa limpia, sólo verifica que esta cumple con la legalidad, y por lo tanto supone un coste para la empresa, que soportaría el coste de la inspección (I).
- Si realiza mediciones correctas sobre una empresa contaminadora, se encontrará con un vertido ilegal, con lo cual impondrá una multa (M), de valor mayor o igual al coste de la descontaminación o daño ambiental (Dc)⁴.
- Si realiza mediciones incorrectas en una empresa limpia, le impondrá una multa (M), que no sería justa, ya que la empresa no vierte ilegalmente, pero que es un error de la Administración que entra dentro de la posible.
- Si realiza mediciones incorrectas en una empresa contaminante, entonces queda sin castigar un delito ecológico, y al mismo tiempo debe acometer los costes de la descontaminación "de origen no determinado" (Dc).

Si no inspecciona, las empresas pueden decidir si superar su volumen de vertidos permitido o no. En todo caso, abonan su tasa de vertidos, y no tendrán que hacer frente al coste de la inspección, y en el caso de existir contaminación la Administración deberá afrontar los costes de la misma sin poder imponer una multa.

La Administración en todo caso enfrenta un coste medioambiental (gestión, vigilancia, inversiones en adecuación de espacios naturales, saneamientos,...). Este coste de la Administración (Ad) es independiente de las emisiones de las empresas, el cual está considerado aparte.

La Empresa por su parte, dado el comportamiento de la Administración, puede optar por (ambas deben abonar los costes de las inspecciones en el caso de realizarse):

- **No contaminar (Empresa limpia)**: Contamina, pero es un nivel admisible. Debido a ello, paga una tasa de vertidos (T). Obviamente, siempre declara que su nivel de contaminación está por debajo de la tasa de vertidos admitida o convenida. Al controlar sus emisiones incurre en un coste medioambiental (Ci), distinto del coste de la inspección por parte de la empresa colaboradora de la Administración, en el que podríamos incluir los costes de una auditoría ambiental, los equipos necesarios en su caso, los controles internos, el personal dedicado,..
- **Empresa contaminadora**: aunque declara encontrarse en el nivel de contaminación tolerable, en el cual abona una tasa fija por sus emisiones, se encuentra en un nivel superior, por lo que corre el riesgo de enfrentarse al pago de una multa en el caso de ser detectadas sus emisiones (M). No corre con ningún coste (Ci) en el control de los vertidos.

3.- Modelo y resolución a través de la Teoría de Juegos

Matriz de Pagos

Admon\Empresa	Empresa limpia		Empresa contaminadora	
Inspección + Lc	Ad-T	Ci + T + I	Ad+Dc-T-M	M + T + I
Inspección + Li	Ad-T-M	Ci + M + T + I	Ad+Dc-T	T + I
No-inspección	Ad-T	Ci + T	Ad+Dc-T	T

T: Tasa de vertidos **M:** Multa

Ci: Coste de control de vertidos **I:** Coste de la inspección

Dc: Daño ambiental, o coste de descontaminación

Ad: Coste Administrativo imputable a la actividad

Como restricciones ya hemos afirmado:

- En ambos casos estamos trabajando con costes, por lo que el objetivo de ambos jugadores es minimizar sus costes. Así, la Administración desea que la implementación de la Política Medioambiental (Ad) no le resulte especialmente gravosa, teniendo en cuenta que el mayor coste se produce cuando existen daños ambientales sin fuente determinable sin equívocos.**
- La empresa por su parte sigue el objetivo básico de máximo beneficio, por lo cual una condición necesaria será producir al mínimo coste posible. De este modo, la empresa desearía minimizar el coste que soporta por las restricciones medioambientales.**

Para analizar este modelo vamos a utilizar el concepto de equilibrio de Nash (1951), por lo que tendremos que determinar la estrategia de cada uno de los jugadores (Administración y empresa) de forma que sea la respuesta óptima a la elección estratégica del otro jugador.

En este caso, buscaremos los puntos que minimicen las columnas en A, y minimicen las filas en B. Tendremos un equilibrio de Nash en estrategias puras cuando en ambas matrices estos mínimos ocupen la misma posición. Lo primero que haremos es desagregar las matrices A y B:

$$\begin{array}{cc}
 \text{Matriz A (Administración)} & \text{Matriz B (Empresa)} \\
 \left[\begin{array}{cc} Ad - T & Ad + Dc - T - M \\ Ad - T - M & Ad + Dc - T \\ Ad - T & Ad + Dc - T \end{array} \right] & \left[\begin{array}{cc} Ci + T + I & T + M + I \\ Ci + T + M + I & T + I \\ Ci + T & T \end{array} \right]
 \end{array}$$

En la matriz A debemos localizar los valores mínimos de cada columna, y nos encontramos con que éstos se alcanzan en a_{12} y a_{21} .

En la matriz B debemos localizar los valores mínimos de cada fila. En la fila 1, no está determinado pues en general, $Ci \neq M$, en la fila 2 es el elemento $b_{22} = T+I$, y en la fila 3 es el elemento $b_{32} = T$.

Podemos observar que tendremos un equilibrio de Nash si $M < Ci$, pues en este caso el elemento a_{12} es el mínimo de su columna, y el elemento b_{12} es el mínimo de su fila. Este equilibrio está formado por la primera estrategia de la Administración y la segunda estrategia de la empresa. En este caso, la Administración detecta los vertidos y a la empresa se le impone una multa (M) menor al coste de descontaminación. Así, la empresa tiene como estrategia contaminar en todo caso (o solicitar permisos de

emisión por debajo de sus vertidos), y la Administración considera a la empresa contaminante, sin presunción de inocencia.

4.- El problema con datos adaptados en el caso español

Consultando en la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir obtenemos los siguientes datos⁵:

- Un vertido es considerado, dentro de un volumen y toxicidad no excesivo, como una infracción menos grave, y ello supone una multa de entre 2 y 3 veces el coste de la depuración de las Unidades de Contaminación (UC). La UC se determina para cada tipo de vertido en función del volumen y calidad del mismo⁶.
- La tasa de vertido se estipula en 500.000 pesetas anuales por UC⁷.
- El coste de las inspecciones soportadas por las empresas contaminantes se sitúa en 15.000 pesetas por inspección. Aquellas empresas que se acojan a la tasa de vertido deben someterse a inspecciones mensuales, trimestrales y a un informe anual. Podemos aproximar el coste anual de la inspección en 350.000 pesetas⁸.
- La descontaminación de cada tipo de vertido es distinta, por lo que no podemos determinar el coste exacto de la misma.
- En cuanto a Ci, el coste interno de la empresa de control ambiental, pondremos un valor orientativo de 500.000 pesetas.

Esta información se recoge en la siguiente tabla (en miles de pesetas):

T	I	Ci	M	Dc
500xUC	350	500	3xDC	DcxUC

Admon\Empresa	Empresa limpia		Empresa contaminadora	
Inspección + Lc	Ad- 500xUC	500+500xUC+150	Ad+DcxUC- 500xUC	3xDcxUC+500xUC+350
Inspección + Li	Ad- 500xUC- 3xDcxUC	500+500xUC+ 3xDcxUC+150	Ad+DcxUC- 500xUC	500xUC+350
No-inspección	Ad- 500xUC	500+500xUC	Ad+DcxUC- 500xUC	500xUC

Y simplificando:

Admon\Empresa	Empresa limpia		Empresa contaminadora	
Inspección + LC	Ad-500UC	500UC+650	Ad+(-3Dc- 500)UC	(500+3Dc)UC+350
Inspección + Li	Ad- (500+3Dc)UC	650+(500+ 3Dc)UC	Ad+(Dc- 500)UC	500UC+350
No-inspección	Ad-500UC	500+500UC	Ad+(Dc- 500)UC	500UC

De nuevo, tomamos el mínimo de cada columna para la **matriz A**. Así, tenemos que los valores mínimos se sitúan en a_{12} y a_{21} . El caso de a_{12} es paradójico: La empresa ha contaminado, la Administración lo detecta y así obtiene sus mejores "resultados", pues obtiene unos ingresos en concepto de multa de 3 veces el coste de descontaminación.

Dado los planteamientos de la Administración, en la empresa estudiamos los mínimos de las filas. En esta ocasión para alcanzar el punto de equilibrio de Nash en (a_{12}, b_{12}) , sería necesario que:

$$[b_{12}] (500+3Dc)UC+350 < [b_{11}] 500UC+650$$

$$500UC + 3DcUC + 350 < 500UC + 650$$

$$3DcUC + 350 < 650$$

$$3DcUC < 300$$

$$DcUC < 100$$

Es decir, el daño teórico del producto por las unidades de contaminación vertidas no debe superar el coste de 100.000 pesetas para que la empresa se plantee contaminar sabiendo que la Administración controla los vertidos de forma eficaz y eficiente. La empresa en este supuesto puede arriesgarse a contaminar, en la consideración de realizar pequeñas emisiones, e incluso la propia Ley desestima los pequeños vertidos accidentales y les confiere el carácter de infracciones administrativas menos graves, las cuales suponen entre 150.001 y 1.500.000 pesetas de multa⁹.

Es decir, y según el Art. 316 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, el coste de DcUC podría llegar hasta las 750.000 pesetas, y la multa correspondiente podría ser de hasta dos veces el mismo, o no. La empresa en este caso jugaría con el volumen de emisión, la reincidencia, las circunstancias atenuantes,..., y así podrían realizar pequeños vertidos sin mayores consecuencias.

Dando un paso adelante, nos preguntamos qué estrategias asumirán los dos jugadores en un ejemplo en el cual (tal y como se realiza en España actualmente), el daño ambiental por las unidades emitidas sean superiores a 100. Por ejemplo, Dc=75, UC=2 y Ad=2000. Nuestras matrices quedan de la siguiente forma:

Matriz A (Administración)

$$\begin{bmatrix} 1000 & 550 \\ 650 & 1150 \\ 1000 & 1150 \end{bmatrix}$$

Matriz B (Empresa)

$$\begin{bmatrix} 1650 & 1800 \\ 2100 & 1250 \\ 1500 & 1000 \end{bmatrix}$$

En este caso no existe ningún equilibrio de Nash en estrategias puras, por lo que tendremos que calcular un equilibrio de Nash en estrategias mixtas. Para ello, hemos de resolver el problema cuadrático asociado al juego bipersonal de suma no nula, (Parthasarathy y Raghavan, 1971). Obtenemos las siguientes estrategias: $[(5/6, 1/6, 0), (3/5, 2/5)]$, lo cual viene a significar que de cada 6 inspecciones, la Administración considera correctas 5 e incorrecta 1, y no se plantea la estrategia de no inspeccionar una instalación. En cuanto a la empresa, en 3 de cada 5 ocasiones actuará de forma correcta, no contaminando. No obstante, le resta algo de incentivo para en 2 de cada cinco ocasiones realizar emisiones contaminantes no autorizadas.

5.- Conclusiones

La **Administración** en ningún momento se planteará, desde el punto de vista de la eficiencia presupuestaria el no realizar inspecciones a los puntos con probabilidades de vertidos contaminantes. Simplemente, en el caso de realizar medidas correctas, o de confiar plenamente en las empresas colaboradoras, no le supone un mayor coste la política ambiental, sino quizás todo lo contrario. En el supuesto de no confiar en los análisis, siempre le resulta más conveniente correr el riesgo de multar por equivocación a una empresa limpia antes que dejar sin inspeccionar un área o sin castigar un vertido.

En cuanto a la **Empresa**, su eficiencia económica se encuentra en realizar vertidos siempre que la Administración no disponga de medios de inspección, o de que éstos simplemente no sean fiables. En el caso de empresas muy vigiladas, les interesará realizar pequeños vertidos siempre que éstos no lleguen a un coste de 250.000 pesetas, pues en ese caso (y dado que la infracción menos leve se sanciona normalmente con el doble del coste de descontaminación) le convendría declarar una UC más dentro de su canon de vertido, y así esquivar la posibilidad de una sanción.

Como se ha podido comprobar a lo largo del trabajo, la regulación medioambiental peca en ocasiones de farragosa y pobre, como en este último caso. Continuamos con el concepto de que las empresas controladas realizarán en numerosas ocasiones pequeños vertidos que puedan pasar desapercibidos, y que ante la falta de efectividad se arriesgarán con emisiones de más importancia.

Obviamente, en nuestro estudio nos hemos detenido en un primer nivel del proceso de infracción-sanción en la política medioambiental. Las posibles direcciones futuras de análisis de los problemas medioambientales a través de la teoría de juegos pueden incluir las siguientes consideraciones:

- Determinación exacta de los costes de control de vertidos (Ci) en la empresa o sector.
- Especificación de los costes de la Administración (Ad) por actividad industrial o área de control.
- Introducción de los costes de defensa jurídica en ambos individuos.
- Diseño de un estudio de probabilidades de vertido por parte de la empresa y detección por parte de la Administración.
- Especificación de los medios establecidos para el control ambiental.

Y así podríamos seguir con otras líneas de investigación, hasta lograr un diseño de Política Medioambiental óptimo, que conjugue la libertad de empresa y la búsqueda del máximo beneficio con la protección del medio ambiente y su conservación para las generaciones futuras.

5. NOTAS

1. En Estados Unidos el mercado de emisión de dióxido de azufre es floreciente. En este mercado bursátil se negocian permisos de emisión de toneladas de dióxido de azufre. Cada empresa recibe una cantidad de permisos, y puede establecer distintas estrategias. Por ejemplo, si invierte en tecnología limpia puede recuperar parte de su inversión (o la totalidad), vendiendo sus permisos. En caso contrario, una empresa contaminante debe adquirir dichos permisos, aumentando sus costes, y perdiendo competitividad.

2. Por poner un ejemplo cierto, existen numerosas balsas de alpechín de oliva cerca del Guadalquivir. Si un vertido no es detectado en los primeros momentos de su realización (o que existan datos fiables del contenido de cada balsa), si el cauce es suficiente en el río para disimular el origen, quizás no pueda delimitarse a que empresa atribuir el vertido, con lo cual la responsable queda impune. Igual ocurre con otros tipos de vertidos de sustancias no permitidas en grandes polígonos industriales, o vertidos de aceites al alcantarillado público.

3. En el caso de la rotura de Aznalcollar, siempre hablando de la generalidad, crea puestos de trabajo en la mina (que genera los residuos no controlados), y en el proceso de descontaminación (trabajo de campo, transporte,...).

4. Como se puede observar, de acuerdo a ambos principios anteriormente citados.

5. Y en ello queremos reseñar nuestro agradecimiento a D. José Enrique Rodicio Santiago, Jefe del Servicio de Guardería Fluvial de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, y a D. Manuel Huelva Jiménez, Subteniente del Servicio de Protección de la Naturaleza de la Guardia Civil en Sevilla.

6. Toda actividad susceptible de provocar la contaminación o degradación del dominio público hidráulico y, en particular, el vertido de aguas y de productos residuales susceptibles de contaminar las aguas continentales requiere autorización administrativa (Art. 92 Ley 29/85, de 2 de Agosto, de Aguas).

7. Art. 105.2 Ley de Aguas. El importe de esta exacción, será el resultado de multiplicar la carga contaminante del vertido, expresada en unidades de contaminación, por el valor que se asigne a la unidad. Se entiende por unidad de contaminación un patrón convencional de medida, que se fijará reglamentariamente, referido a la carga contaminante producida por el vertido tipo de aguas domésticas, correspondiente a 1.000 habitantes y al período de un año. Asimismo, por vía reglamentaria se establecerán los baremos de equivalencia para los vertidos de aguas residuales de otra naturaleza. El valor de la unidad de contaminación, que podrá ser distinto para los distintos ríos y tramos de río, se determinará y revisará en su caso, de acuerdo con las previsiones de los planes hidrológicos respecto a la calidad de las aguas continentales, de modo que se cubra la financiación de las obras necesarias para el cumplimiento de dichas previsiones

Art. 289.2 RD 849/1986 de Reglamento del Dominio Público Hidráulico. El importe de esta exacción será el resultado de multiplicar la carga contaminante del vertido, expresada en unidades de contaminación, por el valor que se asigne a la unidad. Se entiende por unidad de contaminación un patrón convencional de medida, que se fija en los artículos siguientes, referido a la carga contaminante producida por el vertido tipo de aguas domésticas, correspondiente a mil habitantes y al período de un año. Asimismo, se fijarán en el anexo a este Título IV los baremos de equivalencia para los vertidos de aguas residuales de otra naturaleza.

El valor de la unidad de contaminación, que podrá ser distinto para los distintos ríos y tramos de río, se determinará y revisará, en su caso, de acuerdo con las previsiones de los Planes hidrológicos respecto a la calidad de las aguas continentales, de modo que se cubra la financiación de las obras necesarias para el cumplimiento de dichas previsiones.

Artículo 293. Para la definición de la unidad de contaminación (UC) se considerará que la carga contaminante por habitante y día es de:

90 gramos de materias en suspensión (MES).

61 gramos de materiales oxidables (MO).

Artículo 294.

1. La carga contaminante se determinará por la fórmula siguiente: $C = K V$

en la que:

C = Carga contaminante medida en unidades de contaminación.

V = Volumen del vertido en metros cúbicos año.

K = Un coeficiente que depende de la naturaleza del vertido y del grado de tratamiento previo al vertido. Los valores de este coeficiente se incluyen en el anexo de este Título IV.

2. Excepcionalmente, en los casos en que de la aplicación de la fórmula establecida en el apartado anterior resultasen valores claramente desproporcionados con la carga contaminante real del vertido, el Ministerio de Medio Ambiente podrá autorizar, a propuesta del Organismo de cuenca, valores reducidos del coeficiente K.

Art. 295.3. RD En tanto se determinan por los organismos de cuenca los valores de la unidad de contaminación, se fija con carácter general y transitorio un valor para la misma de 500.000 pesetas, que tendrá una reducción del 80% durante 1986, del 60% durante 1987 y del 40% durante 1988.

8. Artículo 237 RDL 849/86, Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

1. Las concesiones o autorizaciones administrativas, en relación con obras o actividades en el dominio público hidráulico, que, a juicio del Organismo de cuenca, se consideren susceptibles de contaminar o degradar el medio ambiente, causando efectos sensibles en el mismo, requerirán la presentación por el peticionario de un estudio para evaluación de tales efectos.

2. Los estudios de evaluación de efectos medioambientales identificarán, preverán y valorarán las consecuencias o efectos que las obras o actividades que el peticionario pretenda realizar puedan causar a la salubridad y al bienestar humanos y al medio ambiente, e incluirán las cuatro fases siguientes:

- Descripción y establecimiento de las relaciones causa-efecto.
- Predicción y cálculo en su caso de los efectos y cuantificación de sus indicadores.
- Interpretación de los efectos.
- Previsiones a medio y largo plazo y medidas preventivas de efectos indeseables.

Si la entidad de las obras o acciones a realizar así lo aconseja, el Organismo de cuenca podrá admitir los estudios a que se refiere el presente artículo, redactados de forma simplificada.

En cualquier caso estos estudios deberán ser redactados por titulado superior competente.

3. Si la supuesta contaminación o degradación del medio implicase afección de aguas subterráneas, el estudio incluirá la evaluación de las condiciones hidrogeológicas de la zona afectada, del eventual poder depurador del suelo y del subsuelo, y de los riesgos de contaminación y de alteración de la calidad de las aguas subterráneas por el vertido, determinando si la solución que se propone es adecuada, especialmente si se tratase de vertidos directos o indirectos

9. Artículo 316. Tendrán la consideración de infracciones administrativas menos graves:

G Los vertidos que puedan deteriorar la calidad del agua o las condiciones de desagüe del cauce receptor, efectuados sin contar con la autorización correspondiente y siempre que los daños derivados para el dominio público no fueran superiores a 750.000 pesetas.

Artículo 318.

1. Las infracciones enumeradas en los artículos anteriores podrán ser sancionadas con las siguientes multas:

Infracciones menos graves, multa de 150.001 a 1.500.000 pesetas.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aguilera Klink, F. (1992), "Posibilidades y limitaciones del análisis económico convencional aplicado al Medio Ambiente", Actas del IV Congreso Nacional de Economía, Sevilla, Consejo General de Colegios de Economistas de España e Ilustre Colegio de Economistas de Sevilla (a través de Editorial Aranzadi).

Botteon, M., Carraro, C. (1998), "Strategies for environmental negotiations: issue linkage with heterogenous countries", en *Game Theory and the Environment*, N. Hanley y H. Folmer, eds. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.

Ferreiro Chao, A., (1992), "Las actividades de control del cumplimiento de la normativa ambiental: una perspectiva económica", Actas del IV Congreso Nacional de Economía, Sevilla, Consejo General de Colegios de Economistas de España e Ilustre Colegio de Economistas de Sevilla (a través de Editorial Aranzadi).

Folmer, H., van Mouche, P., Ragland, S. (1993), "Interconnected Games and International Environmental Problems", *Environmental and Resource Economics*, vol. 3, pp. 313-335.

Gómez Gómez, C.M., (1992), "Economía de la aplicación de la política medioambiental", Actas del IV Congreso Nacional de Economía, Sevilla, Consejo General de Colegios de Economistas de España e Ilustre Colegio de Economistas de Sevilla (a través de Editorial Aranzadi).

Nash, J. (1951), "Noncooperative Games", *Annals of Mathematics*, vol. 54, pp. 286-295.

Pampillón, R. y Ruiz, G. (1985), "Negociación y coste de la descontaminación ambiental. Confrontación del Teorema de Coase con un caso real", *Hacienda Pública Española* n° 92, pp.112-128.

Parthasarathy, T. y Raghavan, T.E.S. (1971), *Some Topics in Two-person Games*, American Elsevier, Nueva York.