



---

# **Universidad de Valladolid**

**Facultad de Ciencias Económicas y  
Empresariales**

**Grado en Administración y Dirección de  
Empresas**

**Decisiones óptimas de las  
empresas frente a las regulaciones  
medioambientales**

Presentado por:

***Elena de Evan Arranz***

Tutelado por:

***Francisco J. Cabo García***

*Valladolid, 4 de julio de 2016*

# ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT. ....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>METODOLOGÍA. ....</b>	<b>5</b>
<b>1. TIPOS DE INSTRUMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL.....</b>	<b>6</b>
1.1    REGULACIONES MANDATO Y CONTROL (CONTROLES DIRECTOS). ....	6
1.2    INSTRUMENTOS ECONÓMICOS DE POLÍTICA AMBIENTAL (INSTRUMENTOS DE MERCADO). ....	7
1.3    OTRAS ALTERNATIVAS DE POLÍTICA AMBIENTAL. ....	9
<b>2. PAUTAS DE VALORACIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>3. EL IMPUESTO PIGOUVIANO: PRIMER Y SEGUNDO ÓPTIMO.....</b>	<b>13</b>
3.1    SOLUCIÓN DE PRIMER ÓPTIMO Y EL IMPUESTO PIGOUVIANO. ....	13
3.2    SEGUNDO ÓPTIMO E IMPUESTO COSTE – EFICIENTE. ....	16
<b>4. APLICACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LAS POLÍTICAS AMBIENTALES.....</b>	<b>17</b>
4.1    APLICACIÓN Y CUMPLIMIENTO. ....	17
4.2    EXIGENCIA ÓPTIMA DE CUMPLIMIENTO POR EL GOBIERNO.....	20
4.3    EXTENSIONES. ....	21
<b>5. POR QUÉ LAS EMPRESAS PARECEN CUMPLIR MÁS DE LO PREVISTO POR LA TEORÍA.....</b>	<b>22</b>
<b>6. CÁLCULO DEL ÓPTIMO SOCIAL Y ÓPTIMO PRIVADO.....</b>	<b>24</b>
6.1    ÓPTIMO SOCIAL.....	24
6.2    ÓPTIMO PRIVADO. ....	25
<b>CONCLUSIONES. ....</b>	<b>29</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>

## **RESUMEN.**

En este trabajo se describen, por un lado, los diferentes instrumentos de política ambiental que el sector público ha de imponer a las empresas para alcanzar unos objetivos determinados, sin olvidar el necesario control del regulador para comprobar la aplicación y cumplimiento de dicho instrumento. El más importante es el impuesto pigouviano, con el que se consigue un nivel de emisiones que permiten que el beneficio marginal de contaminar se iguale al daño marginal de contaminar, obteniendo un óptimo social o primer óptimo. Si no se puede alcanzar, se busca un impuesto con el que se consiga un nivel de emisiones distinto al óptimo pero eficiente, en términos de un coste mínimo para la sociedad, segundo óptimo. Por otro lado, se analiza el comportamiento de una empresa a la que el regulador impone un límite de emisiones que, en caso de ser superado, implicará una multa para la empresa. Se distinguen dos tipos de multa, dependiendo de si ésta aumenta con el exceso de emisiones de forma lineal o cuadrática. Para cada tipo de multa se obtiene el óptimo privado de emisiones, minimizando los costes de las empresas. Es posible fijar el nivel de intensidad para cada tipo de multa que consigue que el óptimo privado sea igual al óptimo social, permitiendo así alcanzar el máximo beneficio para la sociedad.

*Palabras clave: instrumentos de política ambiental; impuesto pigouviano; óptimo; límite de emisiones.*

*Códigos de la Clasificación JEL: Q5 (economía del medio ambiente); Q55 (innovación tecnológica); Q58 (política pública).*

## **ABSTRACT.**

On one hand, this thesis describes the different instruments the government uses to impose environmental policy on companies and reach certain objectives, without forgetting the necessary control activities and the implementation and enforcement. Among these instruments, the pigouvian tax is the most important. This tax leads emissions to the level at which the marginal benefit equates the marginal damage. This gives us a social optimum or first best. When this

optimum cannot be reached, a new tax has to be found that will implement an emissions level, different from the optimum, with minimum costs for society; second best. On the other hand, company behaviour is analysed. The regulator imposes an emissions limit which, in case surpassed, involves a fine for the company. There are two types of fines, depending on whether the fine amount increases with the emissions excess linearly or quadratically. For both types of fine the first best is achieved, minimising the company costs. It is possible to set the exact intensity for each fine that maintains that the private optimum is equal to the social optimum, allowing emissions to be of maximum benefit to society as well.

*Keywords: environmental policy instruments; pigouvian tax; optimum; emissions limit.*

*Classification codes: Q5 (environment economy); Q55 (technological innovations); Q58 (public policies).*

## **INTRODUCCIÓN.**

Las empresas, en las actividades de producción y consumo, llevan a cabo procesos en los cuales se utilizan recursos naturales y se generan residuos que van a parar al medio ambiente y suponen un peligro para él y para el bienestar de los seres humanos (externalidades negativas). El incremento masivo de empresas y fábricas que se ha venido desarrollando a lo largo de los últimos años ha dado lugar a la necesidad de un control más estricto para no perjudicar excesivamente el medio ambiente, siendo un tema de especial interés en la actualidad. Como principales problemas medioambientales cabe destacar el agotamiento de los recursos renovables y no renovables, la cada vez más difícil asimilación por parte del ecosistema de los desechos producidos por la sociedad y dando como resultado, entre otros, el calentamiento global.

Para que las emisiones no dañen en exceso el medio y se le dé tiempo a asimilar estos residuos, se imponen determinadas restricciones y limitaciones de emisiones a las empresas, a través de regulaciones de política ambiental.

Por tanto, las regulaciones ambientales son un aspecto importante para el sector público a la hora de controlar las emisiones y la contaminación que perjudican la sociedad. Esta regulación se lleva a cabo a través de determinados instrumentos que generan distintos efectos sobre los agentes y el medio ambiente, los cuales son preferidos unos sobre otros dependiendo de su eficacia y efectividad. Son así mismo importantes para las empresas a la hora de reducir dichas emisiones, de manera obligatoria o voluntaria, minimizando a la vez los costes que esto les supone.

Dentro de los tipos de políticas ambientales existentes, buscan aquellas que sean eficaces pero que supongan a la empresa poco gasto y elevada efectividad. Ya que hay políticas que no generan los efectos deseados, se deberá asegurar su cumplimiento mediante control antes y después de poner éstas en marcha.

En este trabajo se describen, en primer lugar, los distintos tipos de instrumentos ambientales existentes y el comportamiento de regulador y empresas. Asimismo, se definen los conceptos de solución de primer óptimo y su consecución a través de un impuesto Pigouviano, así como la solución de segundo óptimo y su relación con el impuesto coste-eficiente.

El principal objetivo del trabajo es el estudio del comportamiento óptimo de una empresa obligada a emitir por debajo de un determinado límite, y que tendrá que hacer frente a una multa en el caso de no cumplimiento que sea detectado. En este marco, se busca el nivel de la multa que permita al regulador alcanzar el óptimo social, bajo distintos supuestos sobre la forma de la multa.

## **METODOLOGÍA.**

Para el desarrollo de este trabajo se ha obtenido la información de varios libros, citados en la bibliografía, así como de artículos de revistas. La resolución de los problemas de maximización de las empresas se basa en la optimización estática, sin restricciones y con restricciones de desigualdad (condiciones de Kuhn-Tucker).

# **1. TIPOS DE INSTRUMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL.**

Existen múltiples tipos de instrumentos utilizados por el sector público para regular el nivel de contaminación y las emisiones producidas por parte de las empresas. Algunos de los más importantes se explican a continuación.

## **1.1 REGULACIONES MANDATO Y CONTROL (CONTROLES DIRECTOS).**

El primer tipo de instrumento y el más importante, por ser el más utilizado, son las regulaciones de mandato y control. Son normas que se imponen a las empresas contaminantes y que éstas tienen que cumplir obligatoriamente, de ahí que se denominen de “mandato”. Otra característica de estas regulaciones es que se comprueba si son cumplidas. Es decir, como su objetivo es limitar la contaminación, en caso de que los contaminadores no reduzcan sus emisiones en los niveles establecidos, se impondrán sanciones legales, tanto de carácter económico como penal. Por esto último se las califica como de “control”. A diferencia de los instrumentos económicos, los controles directos no motivan a las empresas a dejar de realizar emisiones, sino que las exigen, mediante determinadas normas, que realicen un comportamiento concreto. Dentro de este tipo de normas, las más usuales son:

- Sobre emisión de contaminantes: impiden a las empresas superar unos determinados límites de contaminación.
- Sobre inmisión de contaminantes: estas hacen referencia a la concentración de contaminantes que como máximo se tolera que exista en cada zona.
- Tecnológicas: que consisten en la introducción de nuevos elementos o actividades que emitan menores tasas de contaminación.
- Sobre bienes finales o intermedios.
- De planificación.

Las regulaciones de operación, dentro de las cuales estarían englobadas las normas sobre emisión e inmisión de contaminantes, son más difíciles de controlar pero ofrecen una alta seguridad de cumplimiento.

Las ventajas de las regulaciones de mandato y control son su efecto directo sobre el medio ambiente y su adecuación a la legalidad actual. La desventaja es la dificultad de alcanzar resultados eficientes.

## **1.2 INSTRUMENTOS ECONÓMICOS DE POLÍTICA AMBIENTAL (INSTRUMENTOS DE MERCADO).**

Los instrumentos económicos de política ambiental son aquellos que modifican la toma de decisiones de las empresas en cuanto a medio ambiente (emisiones y contaminación) a través de incentivos económicos. Entre los más comunes cabe destacar los mecanismos de precio y los de cantidad, que permiten mayor flexibilidad a los contaminadores a la hora de llevar a cabo políticas de reducción de emisiones dentro de la empresa según sus posibilidades e intentando minimizar el coste. Dentro de estos mecanismos se incluyen los siguientes instrumentos:

- 1) Impuestos:** es un mecanismo de precios que consiste en hacer pagar a las empresas una determinada cuantía monetaria por su actividad contaminante al medio ambiente. Esta cuantía hace que la externalidad (en este caso definida como un efecto negativo de la producción de las empresas que perjudica a la sociedad) no quede exenta de ser un coste para los contaminadores, que al tener que pagar por estos efectos y al aumentar con ello el coste de sus productos terminarían reduciendo sus emisiones para disminuir el impuesto que se les atribuye. Así, la cantidad que tienen que pagar es un porcentaje que se multiplica por una determinada base imponible, la cual se calcula normalmente por las emisiones directas que realiza la empresa. Este tipo de impuestos que grava el nivel de emisiones de las empresas son los denominados impuestos pigouvianos, con los que las empresas eligen el nivel óptimo de contaminación teniendo en cuenta el coste marginal social.

Existen otro tipo de impuestos que aumentan, se mantienen constantes o disminuyen en función de la contaminación de las empresas, como son los progresivos, proporcionales o regresivos respectivamente.

**2) Mercados de derechos de emisión:** se trata de un instrumento de cantidad. Se definen derechos de emisión que se intercambian en un mercado, que fija un precio por unidad de emisión a partir del número de derechos intercambiables permitidos. Es un proceso inverso al que se observa con los impuestos donde fijado un precio (el impuesto) se obtenía la cantidad a emitir.

Existen cuatro grandes distinciones de mercados de derechos de emisión (no siendo excluyentes):

La primera distingue atendiendo a la naturaleza del mercado, dos tipos de mercados. Los mercados que definen un nivel total de emisiones, permitiéndose en ellos su comercio, más utilizado por ser más sencillo de implementar. Otro tipo son aquellos mercados que funcionan con permisos generados por los propios agentes al reducir sus emisiones por debajo de un límite preestablecido y que permiten que otros agentes puedan cumplir con sus límites. Es decir, si una empresa emite menor número de emisiones, las que le sobran hasta llegar al límite pueden ser vendidas para que otras empresas emitan por encima de su propio límite. De esta manera los que contaminan por debajo del margen establecido se ven recompensados con los beneficios obtenidos por la venta a otras organizaciones de estos derechos.

La segunda distinción se realiza dependiendo de la definición de lo que se permite intercambiar en el mercado, por ejemplo medidas absolutas de emisión, concentraciones de contaminación o medidas relativas de daños ambientales.

En tercer lugar, se analizan los mercados dependiendo de las reglas estáticas y dinámicas del intercambio, donde se distinguen mercados con intercambios tipo “uno por uno” y mercados cuyos ratios son distintos a la unidad para el intercambio de permisos entre localizaciones, basados en efectos ambientales variables geográficamente. Desde un punto de vista dinámico, los mercados pueden o no permitir prestar o pedir prestado a futuro.

La última gran distinción atiende a la definición de los derechos de propiedad del medio ambiente, dando lugar a dos mercados:

- Permisos subastados: el poseedor de los derechos de propiedad es la sociedad, y se obtienen ingresos públicos similares a los recaudados por la vía impositiva.
- Permisos distribuidos gratuitamente: los poseedores de los derechos de propiedad son las empresas, y se realiza con el fin de controlar el nivel de contaminación agregado y al mínimo coste social posible.

**3) Subvenciones:** las subvenciones son instrumentos que, lejos de penalizar la contaminación del medio ambiente como hemos visto hasta ahora, tratan de premiar la reducción de los efectos contaminantes a través de dos formas: por un lado, otorgando una cantidad monetaria destinada a cubrir parte de los costes de las instalaciones de descontaminación. Y, por otro, una compensación económica entregada por unidad de emisión reducida. Son más frecuentes las subvenciones a instalaciones, pero las subvenciones por unidad de emisión reducida constituyen un fuerte incentivo a la reducción de emisiones contaminantes.

### **1.3 OTRAS ALTERNATIVAS DE POLÍTICA AMBIENTAL.**

En los últimos tiempos y de acuerdo al cambio del comportamiento de los contaminadores, han surgido nuevas alternativas de política ambiental que recalcan la responsabilidad de los contaminadores y las actuaciones voluntarias por parte de ellos.

El concepto de Responsabilidad pretende que el responsable del deterioro ambiental pague por el daño ambiental originado tanto en el presente como en el futuro, con independencia de que exista o no negligencias o incumplimientos de regulación en su comportamiento. De la misma manera que en el resto de instrumentos, pueden observarse variaciones del mismo, por ejemplo los bonos de responsabilidad o garantías de buen fin, mediante las cuales el contaminador da una fianza por los posibles daños ambientales que pudiera causar y en caso de no producirse estos deterioros se le devolvería el importe.

La denominación de Instrumentos Voluntarios incluye un conjunto de acciones cuyo fin es el de impulsar la autorregulación de los sectores involucrados a

través de procesos de colaboración. Suponen un menor coste para la sociedad, ya que al realizarse por la propia voluntad del contaminador no hay que retribuirle económicamente. Existen cuatro grados o tipos de instrumentos. El primero se trata de un programa de acción en materia de medio ambiente establecido por parte del sector público, al que los contaminadores pueden incorporarse de manera voluntaria a cambio de reconocimiento público o derecho a participar en un programa de subvenciones. El segundo tipo se da cuando el acuerdo surge de una negociación bilateral entre el sector público y el agente causante del problema medioambiental. Aquí, el sector público tiene el derecho a imponer medidas adicionales si no se cumple el acuerdo al que llegaron ambos agentes. En tercer lugar, se consideran las iniciativas unilaterales (sin tener en cuenta la intervención del sector público) por parte del agente contaminante, donde están comprendidos los sistemas de mejora de la gestión ambiental, códigos y prácticas de buena conducta o procesos medioambientales utilizados en procesos de certificación de calidad. Por último, se consideran los suministros de información que otorga el sector público sobre los impactos medioambientales que originan los principales contaminantes.

## **2. PAUTAS DE VALORACIÓN.**

La gran diversidad de diseños y aproximaciones existentes para los instrumentos de política ambiental obliga a considerar criterios de evaluación ex-ante con la finalidad de poder elegir y priorizar entre la variedad de posibilidades que existen; sin olvidar que la evaluación ex-post no carece de importancia, y que requiere tanto la aplicación real de dichas políticas como la obtención de datos para llevar a cabo el análisis empírico. A continuación, se exponen los factores genéricos más relevantes para la adopción de uno u otro instrumento:

- 1) Eficacia ambiental:** uno de los criterios de evaluación más importantes. Engloba dos cuestiones muy relacionadas entre sí. Por un lado la efectividad ambiental, cuya función es evaluar la capacidad que posee el instrumento para solucionar el problema ambiental a través de incentivos al contaminador (dependerán del tipo y el diseño del instrumento). Atendiendo a este criterio existe preferencia por los instrumentos de

cantidad, así como por las normas de inmisión y la propia responsabilidad del agente contaminador. Por otro lado, se tiene la incentivación a la introducción y desarrollo de tecnologías limpias que constituye la versión dinámica de la efectividad ambiental. Se observa cierta preferencia por aquellos instrumentos que ofrecen incentivos continuos, vía precio o vía cantidad, que incitan a los contaminadores a minimizar sus emisiones al medio ambiente, para ello es necesario que se tomen medidas de mejoras tecnológicas para reducir las emisiones.

- 2) Eficiencia económica:** mide la capacidad de un instrumento de política ambiental para llegar bien a una solución óptima o bien a un segundo óptimo, a través de dos sub-criterios. El primero de ellos es la corrección óptima del fallo de mercado, criterio que requiere instrumentos de política ambiental que consigan que los beneficios marginales privados de emisión se equiparen a los costes marginales externos de emisión, tal como se explicará más adelante en el impuesto pigouviano. El segundo de estos sub-criterios es la minimización de los costes totales de la política ambiental, que consiste en valorar aquellos instrumentos que alcanzan un nivel determinado de calidad ambiental (segundo óptimo) con el mínimo coste posible. Más fácilmente aplicable en la práctica.
- 3) Incidencia distributiva:** evalúa los instrumentos de acuerdo con la distribución de los costes (costes de control o reducción de emisiones y costes extra causados por el instrumento ambiental) entre las diferentes personas que integran la sociedad, por ello se puede transferir parte de la carga de los costes entre los agentes. De nuevo, se distinguen dos sub-criterios. El primero es la equidad en la distribución de la carga fiscal. Se trata de un criterio puramente distributivo que tiene en cuenta las consecuencias del impuesto sobre la renta de los individuos que forman la economía analizada. Así, el instrumento será equitativo cuando considere de igual forma a los individuos cuya capacidad económica es similar y sea más gravoso para aquellos cuya capacidad económica es mayor. Cuando el precio de bienes necesarios como agua o energía son

afectados por determinado instrumento, es de esperar un efecto regresivo, aplicándose cargas mayores para las menores rentas, considerándose por tanto un instrumento no equitativo. El segundo sub-criterio es la compatibilidad con el principio de “quien contamina paga”. Está muy relacionado con las cuestiones de eficacia ambiental y eficiencia económica, y defiende que los costes de los instrumentos de política ambiental sean soportados únicamente por los agentes que ocasionan el problema. Se prefieren con este método instrumentos que aporten pagos por todas las unidades de contaminación realizadas por los agentes (por ejemplo la responsabilidad estricta, los impuestos ambientales o los derechos de emisión que se subastan).

- 4) Viabilidad práctica:** para evaluar la aplicabilidad en el mundo real se utilizan tres sub-criterios. El primero, la integrabilidad administrativa, que consiste en analizar la probabilidad de integrar dentro del aparato administrativo convencional los diversos instrumentos ambientales. Se elegirán las regulaciones de mandato y control o instrumentos cuya incorporación al sistema fiscal del momento sea sencilla. En segundo lugar, la viabilidad del diseño trata de valorar tanto las demandas de información como los costes de administración y cumplimiento asociados al diseño de los instrumentos. Si son necesarios elevados esfuerzos de información y gestión se hace complicada la viabilidad del instrumento y pueden hacerlo irrelevante en la práctica. Serán más viables las normas de emisión de acuerdo con esta valoración. El tercer sub-criterio, la aceptación social consiste en obtener las valoraciones, relacionadas con las preferencias de los agentes sociales sobre un instrumento en concreto. Así, métodos que en principio son considerados como muy eficaces, la sociedad puede considerarlos injustos, excesivamente gravosos o poco eficientes (por ejemplo pueden aumentar el precio de los productos finales y afectar negativamente a los ciudadanos), aunque estas opiniones pueden no ser objetivas. Este criterio prefiere normas firmes de política ambiental como la

responsabilidad estricta, que debe ser cumplida correctamente de forma voluntaria por el agente contaminante.

Una vez descritas las pautas de valoración de los instrumentos que utiliza la política ambiental se puede obtener una serie de conclusiones sobre la elaboración de dichas políticas:

- Son preferidos unos instrumentos más que otros, aunque no hay coincidencia en los instrumentos preferidos por los diversos criterios.
- Surgen, en ocasiones, conflictos entre los planteamientos que se proponen bajo los criterios de eficiencia-efectividad y de viabilidad práctica y aceptación social.
- Se recomienda la realización de evaluaciones empíricas ex-ante, así como ex-post en los casos en los que surja esta posibilidad de enfrentamientos entre criterios para la toma de decisiones.

### **3. EL IMPUESTO PIGOUVIANO: PRIMER Y SEGUNDO ÓPTIMO.**

Fue Pigou (1920) quien expuso que las externalidades eran un fallo de mercado que tenían que ser corregidas mediante la intervención a través de impuestos. Su aportación más importante fue el análisis sobre las posibles soluciones que podían darse a estas externalidades, que no son incorporadas en una economía de libre mercado. Existiendo así un margen para que el gobierno intervenga con el fin de incrementar el bienestar de la sociedad.

#### **3.1 SOLUCIÓN DE PRIMER ÓPTIMO Y EL IMPUESTO PIGOUVIANO.**

Partimos de que la economía cuenta con  $N$  consumidores y una única empresa contaminadora. La función de utilidad del consumidor es  $U(X, Z)$ , siendo  $X$  un bien producido por dicha empresa a través del factor trabajo,  $L$ , y donde la emisión de sustancias contaminantes,  $E$ , afecta al nivel de calidad ambiental,  $Z$ .

El planificador maximiza la función de utilidad del consumidor  $U(X, Z)$ , teniendo en cuenta que el bien producido depende del trabajo y del nivel de emisiones, mientras que el nivel de calidad ambiental es función de las emisiones contaminantes:

$$X = X(L, E), \quad Z = Z(E).$$

Por tanto, la función de utilidad del consumidor depende indirectamente del trabajo y, de forma dual, de las emisiones de sustancias contaminantes. La condición de primer orden de óptimo social es:

$$\frac{dU}{dE} = \frac{\partial U}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial E} + \frac{\partial U}{\partial Z} \frac{dZ}{dE} = 0.$$

Teniendo en cuenta consumidores idénticos, despejando de la ecuación anterior llegamos a:

$$\frac{\partial X}{\partial E} = -N \frac{\frac{\partial U}{\partial Z} \frac{dZ}{dE}}{\frac{\partial U}{\partial X}}.$$

El resultado al que se llega es que en el óptimo social es necesario que se igualen los beneficios marginales privados de las emisiones,  $BMP(E)$ , y los costes externos marginales de las emisiones,  $CME(E)$ . Al ser las emisiones consideradas como un factor de producción, los beneficios totales son expresados en términos del bien  $X$ , valorando la externalidad económicamente a través de la suma de los costes marginales externos.

Este óptimo implica un análisis coste-beneficio de las emisiones, comparando sus efectos positivos sobre el bienestar de la sociedad, a través de la producción, con los efectos negativos causados por el deterioro ambiental. Se expresa el bienestar,  $W(E)$ , como la diferencia entre los beneficios totales privados de contaminar,  $BTP(E)$ , y los costes totales externos asociados a las emisiones,  $CTE(E)$ , y estas funciones aumentan con el nivel de emisiones contaminantes,  $E$ .

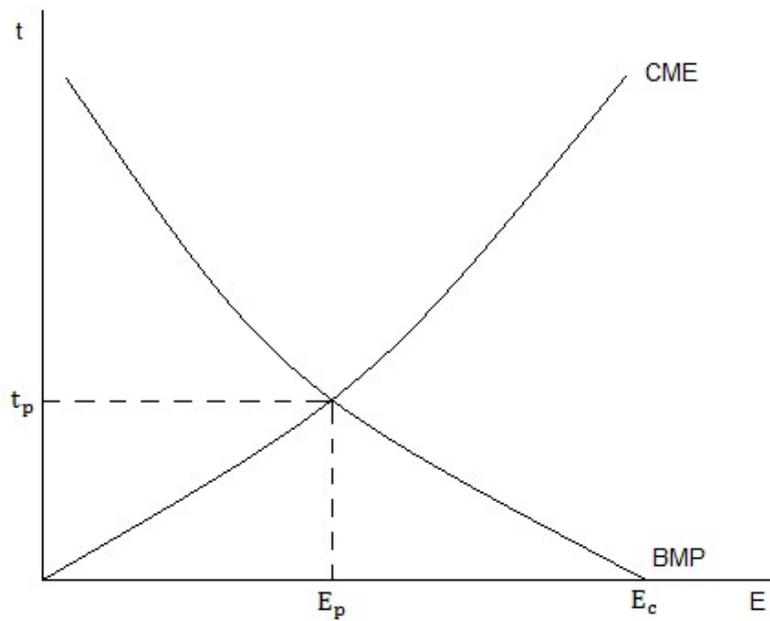
$$W(E) = BTP(E) - CTE(E).$$

El funcionamiento del libre mercado no conduce al óptimo, ya que la maximización de beneficios de la empresa la lleva a emitir hasta que el beneficio marginal de las emisiones es nulo. Es fácil probar esta afirmación. Si se normaliza el precio del bien producido a uno y  $p$  denota el precio del input,

el problema para una empresa es  $\max X(L, E) - pL$ , cuya condición de primer orden es:

$$\frac{\partial X}{\partial E} = 0$$

Las emisiones crecen hasta que su producto marginal se anula,  $E_c$  en la gráfica.



*Fuente: elaboración propia a partir de Labandeira, X., León, C. J. y Vázquez, Economía Ambiental.*

Con el impuesto pigouviano se puede conseguir que las emisiones de mercado se igualen a las del óptimo social. Para ello se impone un impuesto al agente que contamina. El tipo impositivo,  $t_p$ , se iguala a los costes marginales externos en la situación de óptimo social:

$$t_p = -N \frac{\frac{\partial U}{\partial Z} \frac{dZ(E)}{dE}}{\frac{\partial U}{\partial X}}$$

### 3.2 SEGUNDO ÓPTIMO E IMPUESTO COSTE – EFICIENTE.

Cuando el planificador central no dispone de la información suficiente para calcular el impuesto de primer óptimo, la aproximación de segundo óptimo, menos ambiciosa, puede, sin embargo, si ser factible. En este caso se busca un impuesto ambiental coste – eficiente, que permita alcanzar un nivel predeterminado de emisiones (distinto al óptimo) con el mínimo coste para la sociedad.

El planificador social ha de fijar un nivel de reducción de emisiones,  $r_k$ , para el contaminador  $k$ , buscando minimizar los costes totales que se producen al reducir las emisiones:

$$\sum_{k=1}^K CTR_k(r_k).$$

Para calcular las reducciones hay que partir del nivel de emisiones de cada contaminador en ausencia de restricciones,  $E_{k_c}$ . Las emisiones reales, es decir, después de las reducciones, son:

$$E_k = E_{k_c} - r_k$$

Este problema está sujeto a reducciones no negativas,  $r_k \geq 0$ , y a que la cantidad total emitida no supere un determinado umbral, esto es:

$$\sum_{k=1}^K (E_{k_c} - r_k) \leq \bar{Z}$$

De las condiciones de Kuhn – Tucker asociadas a este problema se pueden extraer dos situaciones:

1ª. La reducción óptima de emisiones es mayor que cero para todos los contaminadores, en este caso los costes marginales de reducción serán iguales al negativo del precio sombra,  $\varphi$ , idénticos para todas las empresas.

Si  $r_k > 0$ , entonces  $\frac{dCTR_k(r_k)}{dr_k} = -\varphi$ .

2ª. La reducción óptima de emisiones es cero para algún contaminador, de manera que sus costes marginales de reducción de emisiones son mayores que el precio sombra negativo.

Si  $r_k = 0$ , entonces  $\frac{dCTR_k(r_k)}{dr_k} > -\varphi$ .

En las dos situaciones el reparto de la responsabilidad de reducción de emisiones entre los agentes se realiza eficientemente. Los contaminadores con costes muy altos de disminución de emisiones pueden no reducirlas y aquellos que sí lo hacen igualarán sus costes marginales de reducción.

De manera que este impuesto coste eficiente es igual al negativo del precio sombra,  $t_e = -\varphi$ . Esta cantidad representa el aumento en el coste total para la sociedad de reducir en una unidad el umbral de emisiones totales permitidas,  $\bar{Z}$ .

## **4. APLICACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LAS POLÍTICAS AMBIENTALES.**

### **4.1 APLICACIÓN Y CUMPLIMIENTO.**

Las regulaciones ambientales anteriormente descritas solo serán útiles si son cumplidas por las empresas, las cuales pueden decidir si cumplirlas o no. Cumplir la regulación les supone costes adicionales, por lo que muchas de ellas no aplican procedimientos para corregir la contaminación. Estos aspectos deben ser tenidos en cuenta por los reguladores que deben evaluar el cumplimiento y establecer medidas de vigilancia para que las empresas asuman los costes necesarios de reducir emisiones y/o, en su caso, las sanciones por no ejecutar aquellas obligaciones que les han impuesto.

Es importante diferenciar entre el cumplimiento de una regulación medioambiental y la reducción del daño ambiental. El primero no implica necesariamente la disminución de emisiones (en el caso de un impuesto pagado debidamente pueden seguir aumentando las emisiones).

Dentro de las tácticas para la aplicación de políticas ambientales se incluyen métodos para obtener información (sistemas de control ex-ante y ex-post) comprobando así quien está cumpliendo con las políticas impuestas. Asimismo, se incluyen sanciones para los agentes que no cumplan sus obligaciones, principalmente monetarias, aunque también penales. Las cantidades pagadas por estas sanciones y para llevar a cabo las medidas asociadas a la realización de las políticas se denominan costes de cumplimiento. Adicionalmente pueden existir costes de administración para el regulador o para el regulado.

Para saber qué beneficia más a la empresa y a la sociedad en cuanto a cumplimiento o no de las políticas ambientales hay que efectuar un análisis coste-beneficio. Por un lado existen beneficios de no cumplir (menores inversiones en tecnología o menos presupuesto a la reducción de las emisiones), que son iguales a los costes en que incurriría si cumpliera las políticas ambientales. Por otro lado, los costes de no cumplimiento (sanciones), que son iguales en este caso a los beneficios de cumplir con lo establecido.

Una empresa neutral al riesgo busca maximizar el beneficio, por lo que su decisión de cumplir o no va a estar en función del coste asumible por la empresa  $i$ ,  $c_i$ , de la probabilidad de detección del incumplimiento,  $\pi$ , y de la sanción,  $P$ , de tal manera que cumplirá si  $c_i \leq \pi P$ . Para las empresas cuyos costes de cumplimiento sean más bajos les será eficiente actuar de acuerdo con la regulación. Por el contrario, aquellas empresas cuyos costes sean mayores preferirán incumplir y que se les imponga una sanción siempre que ésta sea menor que los costes en los que incurriría.

Esto no ocurriría con instrumentos como la responsabilidad estricta en los que la empresa se compromete a reducir las emisiones sin mirar los costes derivados de las medidas a imponer y buscando el bien de la sociedad.

Un aspecto importante es la tasa de cumplimiento del conjunto de empresas,  $g$ , definida como  $g = F(\pi \cdot P)$ , siendo  $F$  una función de distribución acumulada de costes, que refleja la probabilidad de que una empresa tenga unos costes inferiores a una cantidad determinada. Así que representa la proporción de empresas que cumplen las regulaciones, toda vez que sus costes están por debajo de los costes de no cumplimiento,  $\pi P$ .

Por otra parte, la disuasión es costosa y el regulador tiene recursos limitados para hacer que los instrumentos de política ambiental sean efectivos. En consecuencia, el coste marginal de la aplicación de sus políticas se debería igualar con el beneficio social marginal que se deriva de ellas. En estos costes marginales de aplicación el regulador puede incidir a través de los recursos empleados para la detección del incumplimiento, de forma que si reduce las actividades de monitorización y control disminuye también la probabilidad de detección y con ello los costes de no cumplimiento o sanciones esperadas,  $\pi P$ , y la disuasión. Pero ésta también puede aumentar al elevarse el importe de la sanción,  $P$ . Por tanto una estrategia basada en sanciones máximas y esfuerzos de monitorización y control mínimos sería coste-efectiva para el sector público, ya que el coste que tendría que asumir éste sería bajo, obteniendo no obstante altos ingresos como resultado de las sanciones impuestas. Este tipo de estrategias, sin embargo, puede ocasionar problemas a las empresas afectadas si éstas tienen dificultades económicas. Una forma alternativa sería la de imponer sanciones no monetarias, como la encarcelación del empresario o el responsable del incumplimiento de la política ambiental, pero esto únicamente para infracciones muy graves en las que la probabilidad de detectarse el problema fuera reducida y las ganancias por evitar la infracción o el deterioro ambiental derivados de la infracción hayan sido muy elevados.

- **Empresa representativa (todas iguales, por simplicidad)**

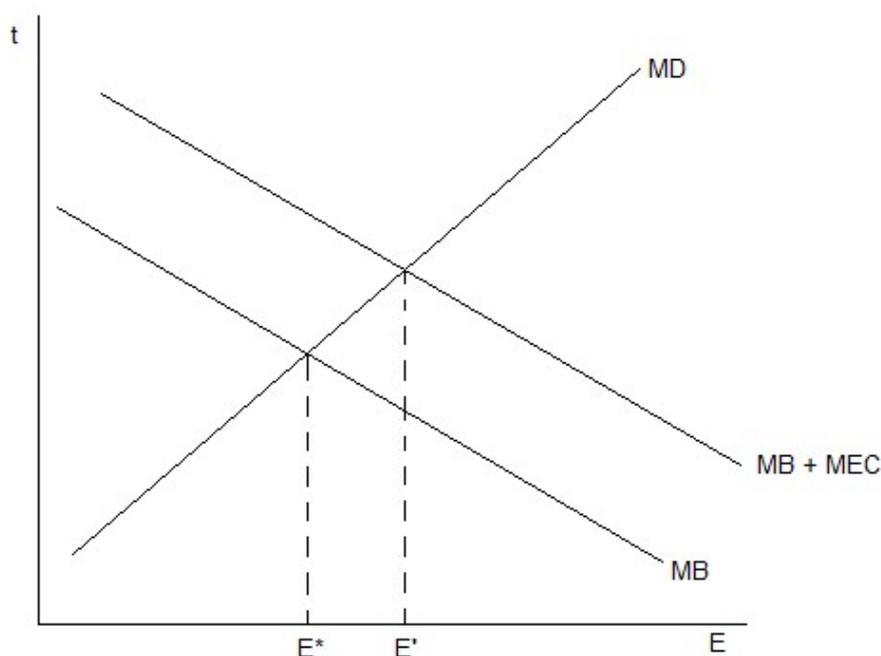
En esta modelización las empresas únicamente deciden si cumplir o no. En la realidad, las empresas deben decidir su nivel de emisiones de forma continua. Por tanto, si deciden no cumplir, habrán de decidir en qué medida. Para dar entrada a este hecho en adelante suponemos que la empresa representativa está sujeta a una norma que le impide emitir,  $E$ , por encima de un determinado nivel,  $S$ . La pena por superar dicho límite sería una función,  $P(E - S)$ , dependiente del grado de incumplimiento. Los costes por reducir la contaminación son una función decreciente con el nivel de emisiones,  $c(E)$ , es decir, una función creciente con el nivel de cumplimiento, o la "limpieza" del proceso productivo. La empresa deberá elegir un nivel de emisiones de manera

que se minimice la suma de los costes por cumplir y la sanción por superar el número de emisiones permitidas,  $c(E) + P(E - S)$ .

La solución a este problema,  $E^*$ , se define por la condición de primer orden  $-c'(E^*) = P'(E^* - S)$ . La empresa contamina hasta que el coste marginal de reducir emisiones sea igual al ahorro de no tener sanciones por incumplimiento.

Para resolver la ecuación anterior no es necesario conocer el nivel de las sanciones ni de los costes, es decir, de  $P(E - S)$  o  $c(E)$ . Una vez que la decisión de violar ha sido tomada no es la cuantía de la pena o el coste total lo que importa, sino la velocidad con que se incrementa la pena y la velocidad a la que se reducen los costes al aumentar el grado de violación. Esto es lo que se conoce como la teoría de la disuasión marginal.

#### 4.2 EXIGENCIA ÓPTIMA DE CUMPLIMIENTO POR EL GOBIERNO.



Fuente: elaboración propia a partir de Heyes A. G. "Making Things Stick: Enforcement and Compliance."

En la figura anterior,  $E$ , en el eje de abscisas, es el total de emisiones de algún contaminante. En este gráfico se representan las curvas de daño marginal para la sociedad,  $MD$ , y de beneficio marginal de la industria,  $MB$ , dando lugar a un nivel de óptimo social de contaminación,  $E^*$ , en el punto donde se cruzan

ambas,  $MD(E^*) = MB(E^*) = -C'(E)$ . La curva de beneficio marginal de la gráfica anterior puede verse de dos formas distintas. Por el lado del beneficio, conforme aumentan las emisiones, la posibilidad de aumentar las emisiones supone cada vez un menor aumento de los beneficios, curva decreciente. Por el lado del coste, ya que a medida que se van reduciendo las emisiones es mayor el coste que tienen que asumir las empresas para llevar a cabo procesos de reducción de unidades adicionales de emisiones.

Conseguir las reducciones de emisiones (en  $E$ ) supone no solo costes para la industria, sino sumar al creciente coste marginal de reducción de emisiones también los costes de aplicación o costes administrativos en que incurre el gobierno para monitorizar y hacer cumplir la regulación ambiental. Por tanto, dichos costes marginales de aplicación,  $MEC$ , se incorporan en la figura junto con los beneficios marginales, dando lugar a una nueva curva,  $MB(E) + MEC(E)$ , por encima de los beneficios marginales de emisión para las empresas. En este caso el nivel óptimo se ha modificado, pasando de  $E^*$  a  $E'$  (con  $E' < E^*$ ) en el punto donde se cortan la nueva curva y la curva de daños marginales:

$$MD(E') = MB(E') + MEC(E')$$

Al tener en cuenta los costes de aplicación es lógico el incremento de  $E$ , pudiendo ver que los incrementos producidos son socialmente ineficientes, pero el coste administrativo de aplicar una política para eliminarlos es excesivo.

### 4.3 EXTENSIONES.

Un aspecto a tener en cuenta, cada vez más utilizado, son los informes sobre emisiones presentados por los propios agentes contaminantes. De esta manera las empresas tienen que decidir cuánto emitir, así como la cantidad de emisiones de las que informar a los reguladores. Éstos no realizarán inspecciones de forma aleatoria, sino condicionadas a los informes que han recibido de cada empresa. Estos mecanismos son más complejos a la hora de su puesta en marcha.

Los contaminantes pueden diferenciarse unos de otros en el grado en que su impacto es persistente. Las empresas eligen el esfuerzo que van a llevar a

cabo para prevenir un vertido accidental, pero en el supuesto de que este derrame tenga lugar, deben decidir si reconocerlo o no, y en su caso proceder a su limpieza. En el caso de efectos persistentes se deben imponer sanciones suficientemente altas, con el objetivo de incentivar la prevención, pero tampoco deben ser excesivas, ya que en ese caso la empresa puede desentenderse del problema y no reconocer el vertido<sup>1</sup>.

En la realidad es difícil tener una estimación correcta de las emisiones de las empresas. Este hecho se acrecienta cuando hay múltiples empresas contaminando en un mismo lugar, desconociendo quién es la que más contamina, o la que realiza un determinado vertido.

## **5. POR QUÉ LAS EMPRESAS PARECEN CUMPLIR MÁS DE LO PREVISTO POR LA TEORÍA.**

Desde un punto de vista empírico se ha observado de forma bastante recurrente que las empresas cumplen en mayor medida, o con mayor frecuencia, de lo que se deduciría desde consideraciones de costes y beneficios privados (Paradoja de Harrington).

Entre los posibles motivos podemos comentar:

- Cumplimiento voluntario.

Las empresas, en ocasiones, cumplen voluntariamente, más de lo que se ha considerado como óptimo, i.e. igualdad entre el daño marginal y el beneficio marginal. Una posible explicación es que las empresas no persiguen únicamente la maximización de beneficios sino que también tienen una conciencia social por la que se comprometen a respetar el medio ambiente, destinando fondos a este objetivo, beneficioso para toda la sociedad.

---

<sup>1</sup> En algunas ocasiones el incumplimiento es tan grande que se llega a tratar a algunos directivos de las empresas como criminales pudiendo ser encarcelados por delitos contra el medio ambiente.

- Costes de no cumplimiento no considerado.

Este cumplimiento voluntario les puede servir para mejorar su imagen de marca con los clientes (mediante publicidad o etiquetado verde de lo vendido) a los que este cuidado del medio ambiente les preocupe, e incluso estén dispuestos a pagar un precio mayor por los productos de empresas que lleven a cabo este tipo de conductas.

Del modo contrario, si no llevan a cabo procesos para mejorar el medio ambiente puede darse el caso de que el mercado responda negativamente. Los clientes pueden reducir la demanda a la empresa contaminante, perjudicando sus beneficios, su reputación y actuando como una sanción por su manera de actuar al margen de las regulaciones que impone la administración.

- Error de estimación.

Otra opción es que los contaminadores, en un contexto de información imperfecta, crean que la probabilidad de detección y de penalización es superior a la real y cumplan por encima de lo que cabría esperar para evitar imposiciones de multas por emisiones por encima del límite permitido.

- Consideraciones dinámicas.

Ante las expectativas de un aumento de las exigencias por parte del regulador a la hora de reducir la contaminación, las empresas también pueden cumplir en exceso para estar más preparadas en el momento del cambio de la regulación. Así los esfuerzos, tanto económicos como tecnológicos, para adaptarse a las nuevas circunstancias serán menores, habiendo llevado a cabo las medidas progresivamente.

Se puede explicar el sobrecumplimiento también en el hecho de que cuando se ha detectado que una empresa no cumple se la tiene más controlada, y las penas pueden ser mayores. Así, las empresas responden mediante el cumplimiento excesivo, para que su vigilancia disminuya y con ello la probabilidad de procedimientos sancionadores.

- Trato regulatorio.

Las empresas tienden a cumplir las regulaciones medioambientales para que los agentes reguladores no controlen estrictamente otros aspectos en materia empresarial, en los que la empresa no cumplirá de la misma manera.

## 6. CÁLCULO DEL ÓPTIMO SOCIAL Y ÓPTIMO PRIVADO.

A continuación, a través de un modelo sencillo, se analizan las emisiones óptimas tanto desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto, como desde el punto de vista de una empresa maximizadora de beneficios. En este último caso se analiza la multa adecuada para conseguir alcanzar el óptimo social.

### 6.1 ÓPTIMO SOCIAL.

En primer lugar, se estudia el óptimo social. Para estudiar dicho óptimo hay que tener en cuenta que la contaminación siempre va a ser positiva, ya que de lo contrario no existiría producción o actividad empresarial. En el caso de no existir restricciones a las emisiones, una empresa, que no internaliza el daño ambiental, tendría un nivel óptimo de emisiones  $\bar{E}$ . Si se llevan a cabo actuaciones para reducir emisiones, la cantidad emitida será  $E$ , por tanto, siempre se cumplirá  $E < \bar{E}$ .

Para alcanzar el óptimo social no es necesario eliminar completamente las emisiones, sino que se trata de buscar su nivel óptimo,  $E^*$ , aquel que maximice la diferencia entre el beneficio de las emisiones para la sociedad,  $B(E)$ , y el daño ambiental asociado,  $D(E)$ . O, lo que es lo mismo, el nivel de emisiones que permita que el daño marginal, y el beneficio marginal se igualen.

$$\max B(E) - D(E)$$

$$B'(E) = D'(E)$$

El beneficio de las emisiones se equipara a su coste de reducción, ya que para reducir emisiones la empresa ha de producir menos, por lo que su beneficio se vería disminuido. Equivalentemente, sin reducir la producción, la empresa puede dedicar una parte de su beneficio a tomar medidas tecnológicas para

reducir emisiones, por lo que la empresa también vería minorado su beneficio, siendo destinado a inversiones. El planificador social tiene que valorar cuánto le compensa reducir la producción, o invertir en tecnología, para alcanzar el máximo beneficio. La condición de óptimo social podemos expresarla también como  $-C'(E) = D'(E)$ .

Los costes de reducción<sup>2</sup> de emisiones se definen como,  $C(E) = c(\bar{E} - E)^2/2$ , donde  $c$  es la variable que nos indica la intensidad por cada unidad de emisiones reducidas. Cuanto mayor sea la diferencia entre  $\bar{E}$  y  $E$ , las emisiones máximas y las emisiones reales, mayores serán los costes de reducción de emisiones. Éstos se suponen crecientes y convexos, ya que a medida que se reducen los niveles de contaminación, mayor es el coste de reducir una unidad adicional, más dificultades en costes encuentran para minimizar las emisiones. Asimismo, el daño ambiental se supone creciente y convexo en el nivel de emisiones. Según aumentan las emisiones se incrementa el daño marginal cada vez en mayor medida,  $D(E) = dE^2/2$ .

De la condición de optimalidad del problema de un planificador central,  $MD = MB$ ,  $D'(E) = -C'(E)$ , se obtienen las emisiones de óptimo social:

$$E_{Os}^* = \frac{c\bar{E}}{d+c} \in (0, \bar{E}).$$

El nivel óptimo de emisiones en este caso dependerá del coste de reducir emisiones, del nivel de emisiones que se producirían si no existiesen restricciones y del daño ambiental. El óptimo social de emisiones es aquel en el que el beneficio marginal por aumentar el nivel de emisiones (i.e. el coste marginal de reducirlas) se iguale al daño marginal que este aumento de emisiones supone para la sociedad, punto en el que, por tanto, se maximiza la diferencia entre el beneficio de emitir y el daño ambiental.

## 6.2 ÓPTIMO PRIVADO.

La segunda parte de esta sección consiste en calcular el nivel privado óptimo de emisiones. Se considera una empresa a la que se impone un límite de

---

<sup>2</sup> Dado que reducir emisiones aumenta los costes, aumentar las emisiones los reduce,  $-C'(E) > 0$ .

contaminación,  $S$ , y una multa si dicho límite es superado. Así, la empresa tendrá que pagar por emitir más de lo permitido. Esta multa,  $F$ , dependerá de un parámetro que mide la intensidad de la multa,  $P$ , de la probabilidad de detección del incumplimiento por parte de las autoridades,  $\pi$ , y del grado en que las emisiones superan el límite,  $E - S$ .

Suponemos que el límite es inferior al nivel de emisiones sin regulación,  $S < \bar{E}$ , en caso contrario este límite no supondría ninguna restricción a la empresa.

El óptimo privado se encontrará entre el límite  $S$  y el nivel máximo de emisiones, aquel que se produciría sin regulación,  $\bar{E}$ ;  $S < E_p^* < \bar{E}$ . La multa no existiría en caso de ser  $E \leq S$ , en esta situación, un incremento de las emisiones supone un aumento de los beneficios de la empresa sin coste alguno, por tanto, no puede ser un óptimo para la empresa. Por contra, en la situación  $E > S$  se da  $F > 0$ , lo que significa que la empresa tiene que valorar qué parte del beneficio dedicar a reducir emisiones y qué parte a pagar la multa para maximizarlo, es decir, minimizar los costes conjuntos de inversión y multa. El problema para la empresa es fijar las emisiones que minimizan:

$$\min C(E) + F(E - S)$$

**a)** En un primer caso, se supone una multa lineal  $F(E - S) = P\pi(E - S)$ , donde  $P > 0$  mide la intensidad de la multa, de manera que cuanto mayor sea  $P$ , mayor será la multa por cada unidad emitida por encima del límite permitido. Así, si las autoridades dedican mayores recursos a inspecciones y control, la probabilidad de detección será mayor.<sup>3</sup>

$F(E - S)$  es una función lineal y creciente con el grado en que se sobrepasa el límite de emisiones,  $E - S$ , a medida que aumentan las emisiones, alejándose del límite  $S$ , mayor es la multa, pero al ser lineal siempre aumenta en la misma proporción. Las condiciones de optimalidad en este caso son:

$$-C'(E) = F'(E - S) \Leftrightarrow c(\bar{E} - E) = P\pi.$$

---

<sup>3</sup> En el caso de que  $P = 0$ , sin imposiciones de multa por incumplir el límite establecido, ó  $\pi = 0$ , las administraciones no controlen a las empresas,  $F(E - S) = 0$ , no existirá multa. En este análisis  $P$  y  $\pi$  se consideran constantes exógenas positivas.

Y, por tanto, las emisiones óptimas para una empresa, suponiendo una multa lineal serán:

$$E_F^* = \frac{c\bar{E} - P\pi}{c} = \bar{E} - \frac{P\pi}{c}.$$

Este óptimo privado para la empresa se obtiene de igualar el coste marginal de reducir las emisiones y la multa marginal por aumentar las emisiones por encima del límite, y dependerá del nivel de emisiones en caso de no llevar a cabo medidas para reducir la contaminación, del coste de reducir las emisiones, de la probabilidad de ser culpado por incumplimiento y de la intensidad de la multa.

Si se compara éste óptimo privado con el óptimo social anterior, se observa que ha desaparecido el daño ambiental que conllevaba el óptimo social,  $\max B(E) - D(E)$ , ya que la empresa únicamente piensa en maximizar el beneficio o, lo que es lo mismo, minimizar costes,  $\min (E) + F(E - S)$ , sin tener en cuenta el bienestar de la sociedad. Es decir, la empresa no internaliza el daño medioambiental provocado por las emisiones. Por esta razón interviene el Estado a través de sanciones, de manera que las empresas no emitan sin límite alguno. Así, ha aparecido el concepto de multa que en el óptimo social no existía.

Una vez calculado este óptimo privado, podemos obtener un nivel de intensidad de la multa para el cual el óptimo privado coincide con el óptimo social

$$E_{OS}^* = E_F^* , \quad \frac{c\bar{E}}{d+c} = \bar{E} - \frac{P\pi}{c} \Leftrightarrow P_F = \frac{\bar{E}cd}{\pi(d+c)}.$$

Únicamente se necesitaría imponer este nivel de multa para que las empresas, minimizando sus costes, llegaran a un óptimo privado que, a su vez, permitiera el máximo bienestar para la sociedad, es decir, obteniendo al mismo tiempo el óptimo social.

**b)** El segundo caso implicará una multa  $G(E - S) = P\pi(E - S)^2/2$ , la cual es creciente en  $E > S$ , ya que a medida que aumentan las emisiones, la multa también crece; y convexa, porque el regulador aumenta la multa cada vez en

mayor cuantía según las emisiones aumentan por encima del límite,  $S$ . Por tanto, en las últimas unidades de  $E$ , alcanzando  $\bar{E}$ , la multa sería muy elevada.

Llevando a cabo el mismo proceso que en el óptimo privado con multa lineal, éste nuevo óptimo se obtiene a partir de minimizar los costes de reducir emisiones y la cuantía de la multa,

$$\min C(E) + G(E - S) \Leftrightarrow c(\bar{E} - E) = P\pi(E - S).$$

Las emisiones óptimas para la empresa, suponiendo esta multa marginal creciente serán:

$$E_G^* = \frac{P\pi S + c\bar{E}}{c + P\pi}.$$

Este nuevo óptimo privado, obtenido del mismo modo que el anterior, igualando los costes marginales de reducir emisiones con la multa marginal (en este caso ya no constante, sino lineal), va a depender del nivel máximo de emisiones producido en caso de no tomarse medidas, del coste de reducir las emisiones, así como de los parámetros incluidos en la multa, la intensidad de la multa en caso de superar el límite de emisiones permitido, la probabilidad de ser descubierto por parte de las autoridades y el límite impuesto por ellas.

Comparando éste óptimo privado con el anterior, se observa que ha aparecido la variable del límite de emisiones  $S$ , manteniéndose las demás variables de las que dependía. También se observa cómo, dependiendo del incremento marginal de las multas  $F$  y  $G$ , con las emisiones, el óptimo  $E_F^*$  puede ser menor, igual o mayor que el óptimo resultante de la multa cuadrática  $G$ ,  $E_G^*$ .

Al igual que en el caso anterior, existe un valor de  $P_G$  para el que es posible tener a la vez un óptimo social y un óptimo privado,

$$E_{OS}^* = E_G^*, \quad \frac{c\bar{E}}{d+c} = \frac{P\pi S + c\bar{E}}{c + P\pi} \Leftrightarrow P_G = \frac{c\bar{E}d}{\pi[\bar{E}c - S(d+c)]}.$$

De esta expresión se deduce que es necesario un límite  $S$  menor que el óptimo social  $E_{OS}^*$  para que exista una intensidad de la multa  $P_G$  para la cual el óptimo privado coincide con el óptimo social. Si el límite es mayor las empresas

tenderían a sobrepasar el óptimo social, lo cual ya no sería beneficioso para la sociedad.

Una vez obtenidas las multas para las que los óptimos se igualan, se haya un límite a imponer por las autoridades,  $S$ , en el cual la intensidad de las multas sería iguales,  $P_F = P_G$ :

$$S = \frac{\bar{E}c}{d + c} - 1.$$

O, lo que es lo mismo:

$$S = E_{OS}^* - 1.$$

En consecuencia, la intensidad de la multa que permite alcanzar el óptimo social bajo el supuesto de una multa lineal será menor que en el caso de una multa cuadrática,  $P_F < P_G$ , si y solo si el límite de emisiones se encuentra por encima de  $E_{OS}^* - 1$ , y viceversa.

Esto se debe a que el óptimo privado con una multa lineal,  $F$ , no depende del límite adjudicado, y éste no tendrá repercusión sobre dicho óptimo. Sí la tendrá, en cambio, sobre el óptimo cuando se considera una multa cuadrática.

En el caso de una multa cuadrática, debido a la relación del óptimo privado con el óptimo social, cuanto mayor sea el límite de emisiones, más estrictas habrán de ser las medidas para evitar que las empresas sobrepasen el nivel de emisiones del óptimo social. Por tanto, la intensidad de la multa será mayor.

## **CONCLUSIONES.**

Una vez estudiados los puntos de este trabajo se obtienen una serie de conclusiones, entre las que se destacan la existencia de diferentes tipos de políticas ambientales, siendo las más efectivas las regulaciones mandato y control y, por tanto, las más utilizadas, teniendo un efecto directo sobre el medio ambiente. El cumplimiento de los mecanismos de mandato y control es controlado a través de sanciones económicas y penales.

Dentro de los instrumentos económicos de los que se sirve la regulación para el control de la contaminación, el más común e importante es el impuesto pigouviano, con el que se consigue que el óptimo privado de las empresas se equipare al nivel óptimo de contaminación teniendo en cuenta el bienestar de la sociedad. Es decir, el óptimo se encontraría cuando el beneficio marginal de contaminar se iguale al daño marginal de contaminar. En el caso de no tener la información necesaria para obtener este impuesto de primer óptimo, es posible realizar una aproximación coste-eficiente de segundo óptimo para conseguir un impuesto distinto al óptimo pero con el mínimo coste para la sociedad.

Estos instrumentos económicos habrán sido elegidos en función de sus análisis ex-ante y ex-post, midiendo con ellos la viabilidad práctica de poner en marcha el instrumento y la incidencia distributiva entre los agentes, así como la eficiencia y eficacia de haber seleccionado un determinado instrumento, ya que no en todas las empresas y mercados son válidos los mismos mecanismos de penalización a la hora de contaminar.

Los reguladores tienen que evaluar el cumplimiento de las empresas a través de controles, de tal manera que éstas hagan frente a los costes adicionales de reducir emisiones o, de lo contrario, paguen determinadas sanciones por emitir más de lo permitido, si el regulador lo descubre. Una empresa cumplirá las normas siempre que su coste de cumplimiento, o coste de reducción de emisiones, sea menor que la multa que le pondrían en caso de conocer su incumplimiento. Cuando la multa sea menor, a la empresa le será más beneficioso superar los límites permitidos.

Sin embargo, aunque la decisión de la empresa dependerá de su maximización de beneficios, evaluando sus costes de cumplir o no cumplir para conocer qué dirección le compensa tomar, existe un óptimo social de emisiones que radica en el punto en el que el daño marginal para la sociedad se iguala al beneficio marginal para la industria.

Si las autoridades reducen los controles, es decir, disminuye la actividad de monitorización, lo harían también la probabilidad de descubrir que la empresa infringe las normas y los costes de no cumplir. En este caso, los reguladores podrían establecer multas más elevadas y así evitar la excesiva contaminación.

Existen óptimos, en principio distintos debido a sus intereses, para la sociedad y las empresas. La primera busca maximizar la diferencia entre el beneficio de emitir (o coste de reducir) para la sociedad y el daño ambiental asociado a ellas, mientras que las segundas quieren minimizar los costes conjuntos de inversión y multas.

A las empresas es necesario imponerles un determinado límite  $S$ , asociado, si es superado, a una multa que suponemos bien lineal o bien cuadrática. Para ambos tipos de multa se obtiene un óptimo privado de emisiones, diferentes entre sí. Existe un nivel de multa para el que ambos óptimos, social y privado, se igualan, siendo  $S$  menor que el óptimo social de emisiones y las empresas emitiendo por encima de dicho límite, tendrían que pagar la multa correspondiente. Así, imponiendo dicha multa, lineal o cuadrática, el óptimo privado en el que las empresas minimizan sus costes alcanza el óptimo social en el que la sociedad maximiza su bienestar.

Una vez obtenidas dichas multas, se haya un límite a partir de ellas para el que ambas multas se igualan, por lo que daría igual si se usa multa lineal o cuadrática, llegando con ello a la conclusión de que, si el límite de emisiones se encuentra por encima de un determinado valor, la intensidad de la multa que permite alcanzar el óptimo social con multa lineal será menor que en el caso de multa cuadrática y viceversa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Heyes, A. G. (1998), «*Making Thing Stick: Enforcement and Compliance*». Oxford Review of Economic Policy. Vol. 14. Nº 4, pp. 50 - 63.

Labandeira, X., León, C. J. y Vázquez, M. X. (2007): *Economía Ambiental*. Editorial Pearson, Prentice Hall, Madrid.

Labandeira, X. y Sáenz de Miera, G., (2009): *Fiscalidad verde y sectores difusos*. Disponible en: <http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Labandeira.htm>

Madagán, M. y Rivas, J. (1998): *Economía Ambiental, Teorías y Políticas*. Editorial Dykinson, Madrid.